

# Entrenamiento y control fisiológico

## Efectos en el desempeño físico y la salud

**Paula Janyn Melo Buitrago**  
(Editora)



# Entrenamiento y control fisiológico

## Efectos en el desempeño físico y la salud

**Paula Janyn Melo Buitrago**

**Editora**



ESCUELA MILITAR DE CADETES  
"General José María Córdova"

2024

**Catalogación en la publicación – Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdoba”**

Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud | Editora: Paula Janyn Melo Buitrago | Bogotá D.C., Colombia: Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdoba”.

Sello Editorial ESMIC, 2024

1 volumen: 197 páginas, ilustraciones y figuras | 17 X 24 cm.

Incluye bibliografía al final de cada capítulo

ISBN 978-628-96203-9-9 | eISBN 978-628-96402-0-5

1. Efectos del bikefit en biomecánica y fisiología del pedaleo: una revisión sistemática cualitativa | 2. Impacto del entrenamiento físico sobre parámetros fisiológicos, mecánicos y morfológicos en población militar | 3. Evaluación de la huella plantar con la aplicación Print and Exercise | 4. Pandemia por coronavirus: impacto en los niveles de ansiedad en escolares de Bogotá, Colombia | 5. Perfil de actividad física juvenil en escolares en confinamiento, Zipaquirá, Colombia | 6. Relación del fitness cardiorrespiratorio con la obesidad total y central en preescolares colombianos | 7. Evaluación de la actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia | 8. Riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia | 9. Factores de riesgo cardiovascular y ejercicio físico en trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia.

DEWEY: 350 - Administración pública y ciencia militar

THEMA: SCGF - Ciencia del deporte, educación física

**Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

Primera edición, 2024

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

**Editora**

Paula Janyn Melo Buitrago

**Cubierta**

Rubén Alberto Urriago Gutiérrez con base en imágenes del Ejército Nacional de Colombia

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Tiraje de 100 ejemplares

Impreso en Colombia

Libro electrónico publicado a través de la plataforma Open Monograph Press

2024 Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdoba”

Departamento de I+D+i

Sello Editorial ESMIC

Calle 80 No. 38-00. Bogotá, D. C., Colombia

[www.librosesmic.com](http://www.librosesmic.com)

**Responsabilidad de contenidos:** La responsabilidad por el contenido de los libros publicados por el Sello Editorial ESMIC corresponde exclusivamente a los autores. Las posturas y aseveraciones presentadas son resultado de un ejercicio académico e investigativo que no representa la posición oficial ni institucional de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdoba”, el Ejército Nacional, las Fuerzas Militares de Colombia o el Ministerio de Defensa Nacional.



Los libros publicados por el Sello Editorial ESMIC son de acceso abierto bajo una licencia Creative Commons: Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



ESCUELA MILITAR DE CADETES  
"General José María Córdova"

Brigadier General **Luis Fernando Salgado Romero**  
Director

Coronel **Geovanni Andrés Cortes Molina**  
Subdirector

Coronel **Oswaldo Manuel Mendez Lara**  
Vicerrector Académico



Mayor **Jony Alejandro Zamora Gómez**  
Jefe del Departamento de I + D + i

Coronel (R) **Andrés Eduardo Fernández Osorio**  
Editor en Jefe del Sello Editorial ESMIC

**Jorge Aristizabal Gáfaró**  
Corrector de Estilo

**Angeluz Reyes Becerra**  
Traductora

**Rubén Alberto Urriago Gutiérrez**  
Diseño y Diagramación





# Contenido

<b>PARTE 1. Entrenamiento y evaluación en el deporte</b>	7
<b>Introducción</b>	9-13
<i>Diana Carolina Preciado Martínez y Jonathan Giraldo Guzmán</i>	
<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Efectos del bikefit en biomecánica y fisiología del pedaleo: una revisión sistemática cualitativa</b>	13-50
<i>Esteban Aedo Muñoz, Hugo Cerda Kohler, Bianca Miarka, Pablo Merino Muñoz, Ciro Brito, Jorge Pérez Contreras, Ricardo Andrés Lizana Jeldres y Barbara Arancibia Iturbe</i>	
<b>Capítulo 2.</b>	
<b>Impacto del entrenamiento físico sobre parámetros fisiológicos, mecánicos y morfológicos en población militar</b>	51-78
<i>Diana Carolina Preciado Martínez, Jonathan Giraldo Guzmán y Freddy Rodríguez Saza</i>	
<b>Capítulo 3.</b>	
<b>Evaluación de la huella plantar con la aplicación Print and Exercise</b>	79-93
<i>July Paola Moreno Alvarado y Leonardo Rodríguez Perdomo</i>	
<b>PARTE 2. Ejercicio físico y salud</b>	95
<b>Introducción</b>	97-101
<i>Francisco Javier Rodríguez Valero y Milena Santamaría Romero</i>	
<b>Capítulo 4.</b>	
<b>Pandemia por coronavirus: impacto en los niveles de ansiedad en escolares de Bogotá, Colombia</b>	103-120
<i>Francisco Javier Rodríguez Valero</i>	
<b>Capítulo 5.</b>	
<b>Perfil de actividad física juvenil en escolares en confinamiento, Zipaquirá, Colombia</b>	121-136
<i>Edgar Herrera Cubillos, Diana Marcela Zapata Torres y Danny Wilson Sanjuanelo Corredor</i>	

## Capítulo 6.

**Relación del fitness cardiorrespiratorio con la obesidad total y central en preescolares colombianos** 137-150

*Brian Johan Bustos-Viviescas, Danny Daniel Carrillo-Benitez, Andrés Alonso Acevedo Mindiola, Juan Camilo Quintero Gómez, Rafael Enrique Lozano Zapata y Carlos Enrique García Yerena*

## Capítulo 7.

**Evaluación de la actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia** 151-167

*Diego Alonso Sánchez Rodríguez, Catalina Gutiérrez Gómez, Esteban Muñoz Salamanca, Néstor Ordoñez Saavedra, Jeansy Alonso Rodríguez Buitrago, Ana María Arias Castañoz y Julie Hortencia Gómez Solano*

## Capítulo 8.

**Riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia** 169-182

*Leonardo Rodríguez Perdomo, Jaime Sneyder Barón Cuervo, Jaime Rodríguez Peña, Miller Vargas Santiago y Camilo A. Rincón Yepes*

## Capítulo 9.

**Factores de riesgo cardiovascular y ejercicio físico en trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia** 183-196

*Juan Sebastian Montoya Monroy, Giovanni Arley Mora Romero, Giovanni Alexander González Garzón, Laura Elizabeth Castro Jiménez, Nelsy Lorena Fonseca Torres, Yenny Paola Argüello Gutiérrez e Isabel Adriana Sánchez Rojas*

## **PARTE 1**

# **Entrenamiento y evaluación en el deporte**





# Introducción

**Diana Carolina Preciado Martínez**

*Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”*

**Jonathan Giraldo Guzmán**

*Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”*

Esta recopilación permitirá al lector un acercamiento a los procesos metodológicos del entrenamiento deportivo y a los métodos de evaluación, seguimiento y control de los efectos del ejercicio sobre la fisiología metabólica, la mecánica corporal y la antropometría, que buscan maximizar los desempeños y lograr la perfección de la técnica y de la táctica exigidas en cada práctica física y deportiva.

En ese sentido, los docentes, estudiantes y profesionales afines a esta área han realizado un trabajo minucioso enmarcado en los procesos científicos, que gracias a su experiencia y a las demandas exigidas en la formación universitaria y de escuela, buscan dar respuestas a las necesidades actuales de investigación desde un enfoque interdisciplinario y multidisciplinario, para que se logre aceptar que los sistemas fisiológicos, biomecánicos y metabólicos no solo se adaptan o se modifican a causa del ejercicio físico, sino que se trata de una transformación continua que incluso aquello que se creía un límite se convierta en un dato, un promedio o un baremo de normalidad y de esta manera se logre construir, sintetizar y validar nuevo conocimiento.

Por tal razón, la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” promueve los encuentros interuniversitarios de facultades de Educación Física, Cultura física, Deporte y otras afines como Medicina, Fisioterapia y

Psicología Deportiva, con el propósito de integrar nuevas y actuales concepciones que, mediante el uso de instrumentos, métodos, técnicas y protocolos de intervención, permiten el hallazgo de resultados de investigación con alto grado de validez y confiabilidad científica.

Toda esta información se articula en esta publicación, estructurada en dos líneas de investigación: “Entrenamiento y evaluación en el deporte” y “Promoción de la salud y prevención de la enfermedad”. La primera línea se divide en cuatro capítulos que van desde los procesos de valoración biomecánica, hasta la comparación de métodos de intervención fisiológica y antropométrica en diversas poblaciones.

Por esto, el capítulo 1, “Efectos del bikefit en biomecánica y fisiología del pedaleo: una revisión sistemática cualitativa”, revisa artículos que en los últimos diez años han analizado los efectos del bikefit en la cinética, cinemática y comodidad durante el pedaleo, en el entendido de que el bikefit es necesario para los atletas que practican ciclismo, ya que en él pueden apreciarse vulnerabilidad en el riesgo de lesión e incrementos del rendimiento deportivo (Sánchez, 2021).

El estudio concluye que el bikefit debería centrarse en la cinemática de las articulaciones más que en la bicicleta de manera única, para ver sus efectos sobre la fatigabilidad (percepción y rendimiento) y aumentos de rendimiento deportivo, ya que solo en algunos casos, los ajustes de la bicicleta, junto con medidas antropométricas, predicen los ángulos de las articulaciones, pero estas pueden variar durante el pedaleo o evaluación dinámica. Desde la biomecánica deportiva se evidencia una evolución, ya que es de suma importancia para la investigación en el ámbito de las ciencias del deporte y áreas afines, dependiendo siempre de la determinación de las variables cualitativas y cuantitativas que permitan medir y evaluar el desempeño de los deportistas, como se puede evidenciar en este capítulo.

El capítulo 2, confronta dos programas de entrenamiento físico y de transporte de carga externa para la población militar en formación, para identificar cuál de los métodos de planificación de carga es la ideal para la población militar y cómo influye el transporte de carga externa, con el fin de mejorar la capacidad aeróbica, la potencia muscular y la composición

corporal. Al respecto, es preciso recordar que la capacidad aeróbica, “manifiesta la cantidad de oxígeno que se puede obtener, procesar y conducir en el organismo” (Looney, 2018), cuyos niveles se aumentan durante la realización de ejercicio físico prolongado y su límite se expresa en términos de VO<sub>2</sub> máximo. Drain et al. (2015) definen la capacidad aeróbica, como el atributo esencial para el performance militar y, por lo tanto, su valoración por sistemas de medición gold estándar, como la ergoespirometría y la medición de variables relacionadas con la producción de energía en presencia o ausencia de oxígeno, es de vital importancia para determinar la condición física del militar. Por consiguiente, utilizar la batería de Bosco y la plataforma de fuerza, cuyos procesos son válidos y confiables científicamente, conducen a determinar el estado de dicha capacidad.

El capítulo 3, “Evaluación de la huella plantar con la aplicación Print and Exercise”, examina la morfología de la huella plantar del pie en estado de reposo y después de dos intervenciones en diferentes momentos, una de trabajo aeróbico, cuyo concepto se define en el capítulo 2 y trabajo pliométrico, explicado en el capítulo 3. Los autores demostraron que se pueden encontrar diferencias en la estructura y en la huella de ambos pies después de una intervención física, modificando toda la mecánica del movimiento del individuo, así como lo mencionaron en sus estudios Gomez y Jimenez (2019), y Ramírez (2017). Por lo tanto, se concluye que los diferentes métodos de evaluación utilizados pueden ser válidos y confiables para conocer la funcionalidad del pie y prevenir lesiones que pueden repercutir en el futuro de los deportistas, por lo que se invita a los lectores a generar futuras investigaciones que repliquen éstos métodos en otras poblaciones, adicionando en sus análisis factores biológicos y funcionales que pueden influir en el comportamiento de la morfología de la huella del pie.

Finalmente, estos tres capítulos conducen al lector a profundizar sobre los procesos de investigación, metodología, análisis, hallazgos y discusión de los efectos del ejercicio, de la carga externa, de diversas claves de planificación de cargas y de nuevas metodologías con el uso de herramientas tecnológicas y software, sobre los parámetros fisiológicos, mecánicos antropométricos, estructurales y corporales en poblaciones diferentes, como es el militar en formación y los jóvenes universitarios.

## Referencias

- Dieguez, S. L., Sanchez, A. J. L., & Lopez, E. J. M. (2011). Analisis de los diferentes metodos de evaluacion de la huella plantar. *RETOS: Nuevas tendencias en educacion fisica, deporte y recreacion*, (19), 49-53.
- Drain, J.R., Sampson, J.A., Billing, D.C., Burley, S.D., Linnane, D.M., & Groeller, H. (2015). The Effectiveness of Basic Military Training to Improve Functional Lifting Strength in New Recruits. *J Strength Cond Res*. 29(11), 173-177.
- Gómez, C. A. C., & Jiménez, L. E. C. (2019). Diferencia de la huella plantar (antes y después de realizar ejercicio físico) de estudiantes de primer semestre, aparentemente sanos, de la Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación de la Universidad Santo Tomás de Colombia, sede Campus San Albert. *Revista Investigaciones Andina*, 21(39), 21-32
- Looney, D.P., Santee, W.R., Karis, A.J., et al. (2018). Metabolic Costs of Military Load Carriage over Complex Terrain. *Mil Med*, 183(9-10), 357-362.
- Ramírez, C. S. (2017). Análisis de dos métodos de evaluación de la huella plantar: índice de Hernández Corvo vs. Arch Index de Cavanagh y Rodgers. *Fisioterapia*, 39(5), 209-215.
- Sánchez Melo, K. P. (2021). Desarrollo de un sistema bikefit de bajo costo mediante un análisis biomecánico. [Tesis de grado]. Universidad de los Andes, Bogotá. <https://n9.cl/ztthx2>

# Efectos del bikefit en biomecánica y fisiología del pedaleo: una revisión sistemática cualitativa

# 1

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.01>

**Esteban Aedo Muñoz**

**Hugo Cerda Kohler**

**Bianca Miarka**

**Pablo Merino Muñoz**

*Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil*

**Ciro Brito**

*Universidad Federal de Juiz de Fora, Brasil*

**Jorge Pérez Contreras**

**Ricardo Andrés Lizana Jeldres**

*Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile*

**Barbara Arancibia Iturbe**

*Universidad Santo Tomás, Chile*

**Resumen.** Este capítulo da cuenta de artículos que en los últimos diez años han analizado los efectos del bikefit en la cinética, cinemática, aspectos fisiológicos y comodidad durante el pedaleo. Para tal fin, examinó 18 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y criterios de calidad, según la escala Downs & Black. A partir de los trabajos incluidos, llega a la conclusión de que el bikefit es una herramienta útil y necesaria para los atletas que practican ciclismo, ya que en ella pueden apreciarse vulnerabilidad ante el riesgo de lesión e incrementos del rendimiento deportivo. Destaca, finalmente, que el bikefit debería centrarse en la cinemática de las articulaciones, más que en la bicicleta de manera única.

**Palabras clave:** antropometría; bikefit; biomecánica; fenómenos biomecánicos; fenómenos fisiológicos musculoesqueléticos; prueba de esfuerzo

**Esteban Aedo Muñoz.** Posdoctor en Biomecánica, Universidad Federal de Juiz de Fora, Brasil. Ph. D. en Motricidad Humana, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile. Postulado en Biomecánica Deportiva, Universidad del Deporte Cubano, Cuba. Licenciado en Educación Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1544-2824> - Contacto: [esteban.aedo@ind.cl](mailto:esteban.aedo@ind.cl)

**Hugo Cerda Kohler.** Doctor en Nutrición y Alimentos, Universidad de Chile, Chile. Magíster en Medicina y Ciencias del Deporte, Universidad Mayor, Chile. Postulado en Métodos Estadísticos para la Investigación en Ciencias Biológicas y de la Salud, INTA, Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4058-3242> - Contacto: [hugo.cerda@ind.cl](mailto:hugo.cerda@ind.cl)

**Bianca Miarka.** Posdoctora en Educación Física, Universidad de Pelotas, Brasil. Doctora en Biodinámica, Universidad de Sao Paulo, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4058-3242> - Contacto: [biancamiarka@eefd.ufrrj.br](mailto:biancamiarka@eefd.ufrrj.br)

**Pablo Merino Muñoz.** Magíster en Educación Física, Universidad Federal de Juiz de Fora. Licenciado en Ciencias de la Actividad Física, Universidad de Santiago de Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8323-726X> - Contacto: [pablo.merino@ufjr.br](mailto:pablo.merino@ufjr.br)

**Ciro Brito.** Posdoctor, Universidad Politécnica de Madrid, España. Doctor en Educación Física, Universidad Católica de Brasilia, Brasil. Magíster en Ciencias de la Nutrición, Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9678-1977> - Contacto: [ciro.brito@ufff.br](mailto:ciro.brito@ufff.br)

**Jorge Pérez Contreras.** Magíster en Educación en Salud y Bienestar Humano, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile. Licenciado en Educación Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2314-0204> - Contacto: [jorge.perez\\_c@umce.cl](mailto:jorge.perez_c@umce.cl)

**Ricardo Andrés Lizana Jeldres.** Magíster en Medicina y Ciencias del Deporte, Universidad Mayor, Chile. Licenciado en Educación Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6740-7700> - Contacto: [ricardo.lizana@umce.cl](mailto:ricardo.lizana@umce.cl)

**Barbara Arancibia Iturbe.** Magíster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte Aplicadas al Entrenamiento, Rehabilitación y Reintegro Deportivo, Universidad Santo Tomás, Chile. Licenciado en Nutrición Humana, Universidad Autónoma de Chile.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9178-7413> - Contacto: [barancibia5@santotomas.cl](mailto:barancibia5@santotomas.cl)

**Citación APA:** Aedo Muñoz, E., Cerda Kohler, H., Miarka, B., Merino Muñoz, P., Brito, C., Pérez Contreras, J., Lizana Jeldres, R. A., & Arancibia Iturbe, B. (2024). Efectos del bikefit en biomecánica y fisiología del pedaleo: una revisión sistemática cualitativa. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 13-50). Sello Editorial ESMIC. <https://doi.org/10.21830/9786289640205.01>

## Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024





## Introducción

El ajuste de la bicicleta o *bikefit* establece un proceso de evaluación de los requisitos físicos y de rendimiento del ciclista, donde este ajuste sistemático de la bicicleta satisface los objetivos y necesidades del ciclista (Silberman et al., 2005), configuración que puede influir en el rendimiento y percepción de comodidad de ciclista (Iriberry et al., 2008). Sin embargo, los ciclistas han buscado esta posición óptima sobre la bicicleta relacionando un aumento de la potencia de salida, mientras se obtenga una menor vulnerabilidad a lesionarse, mucho antes de que las ciencias hayan mirado esta evaluación como una forma de mejora para el rendimiento (Ayachi et al., 2015). La obtención de esta posición de pedaleo óptimo se relaciona con dos descubrimientos: ángulo articular óptimo y la ubicación donde se produce la fuerza articular máxima (Matsumoto et al., 2009). Sobre estos elementos se elabora el ajuste o configuración de la bicicleta, según dos tipos. Primero está el ajuste estático, que determina la forma apropiada del tamaño del cuadro, mediante el ajuste de la altura del sillín o el ángulo del tubo del asiento según el tamaño del cuerpo del ciclista. En segundo lugar, está el ajuste dinámico, que se orienta hacia la alineación vertical de las extremidades inferiores, con el fin de transmitir la fuerza generada desde las extremidades inferiores a la manivela de la bicicleta de manera eficiente (Choi et al., 2018).

Los primeros artículos científicos sobre el *bikefit* fueron publicados a mediados de los años 1960 por Hamley y Thomas (1967), autores que propusieron un método antropométrico para fijar la altura del asiento, el cual indica que la altura óptima del asiento debe ser al 109 % de la distancia entrepierna. Posteriormente, Price y Donne (1997) proponen utilizar la altura trocánterea en relación de un 96-100 % para fijar la altura del sillín, mientras que Ferrer-Roca et al. (2012), evaluando lo mencionado, reasignaron el valor de altura óptima del sillín a 108,6-110,4 % de distancia entrepierna. La variable de altura del sillín ha sido la preocupación de la mayoría de los estudios hasta la fecha. Sin embargo, hay definiciones conceptuales contradictorias según el punto de vista ciclista o científico que se establezca (Fonda & Sarabon, 2010). Para las ciencias aplicadas al deporte, corresponde a la distancia entre el centro del soporte inferior y la parte superior del asiento (Bini et al., 2011a).

En la actualidad, existen tres métodos utilizados para establecer la altura del sillín: 1) método antropométrico, mediante longitud de la entrepierna y altura trocantérea; 2) método estático mediante el ángulo de flexión del complejo articular de la rodilla, y 3) métodos dinámicos de variaciones durante el ciclo de pedaleo. Estos tres métodos siguen presentando pocos antecedentes sobre la confiabilidad de las medidas estáticas y dinámicas y no hay consenso sobre cuál podría ser el método óptimo (Holliday et al., 2017).

Por otro lado, gran parte de las investigaciones se han centrado en los ajustes desde un plano sagital, como: ubicación longitudinal y vertical del sillín y su ángulo de inclinación (Fonda et al., 2011; Heil et al., 1995; Peveler, 2008; Price & Donne, 1997; Stagni & Bologna, 2012; Umberger et al., 1998); la ubicación del manillar y la posición de las manos (Duc et al., 2008; Usabiaga et al., 1997), y la longitud de las bielas (Barratt et al., 2011; Martin & Spirduso, 2001). Sin embargo, los movimientos sobre la bicicleta no son solo en plano sagital: Disley & Li (2014) han examinado cómo los cambios en la posición de los pies sobre los pedales, a lo largo del plano horizontal o factor Q, afectan parámetros fisiológicos como la eficiencia mecánica en la bicicleta.

La posición óptima del ciclista puede considerarse como una posición en la que se maximiza la aplicación de la fuerza y la comodidad, mientras se minimizan las fuerzas de resistencia y el riesgo de sufrir alguna lesión, con el fin de mejorar el rendimiento de velocidad en la bicicleta (Iriberry et al., 2008). En la actualidad, la biomecánica deportiva es fundamental para lograr una mejora en el rendimiento y su gran relevancia se ha visto reflejada en su contribución en la mejora de récords mundiales (Li, 2012).

El propósito de este trabajo es conocer los productos científicos que presenten valoraciones biomecánicas en *bikefit*, desde 2011 hasta 2020 y así identificar los procesos de medición de variables biomecánicas, con el objetivo de aumentar el rendimiento, la comodidad y disminuir la vulnerabilidad de lesiones.

## Metodología

El estudio se realizó en concordancia con la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA®) (Liberati et al., 2009), con base en revisión sistemática cualitativa, establecida como un método que proporciona una mejor comprensión de las evaluaciones en ciencias aplicadas al deporte (Grant & Booth, 2009).

## Fuentes de datos

Los artículos se identificaron, principalmente, en las bases de datos Pubmed®, Elsevier, BVS, Scielo y ResearchGate, publicados desde el 01 de enero de 2011 hasta el 31 diciembre 2020. Algunos de los artículos se recuperaron de la lista de referencia de artículos incluidos y relevantes para la investigación. Las palabras clave utilizadas en diferente modo y combinaciones fueron: *anthropometry, bicycling, bike fit, bike fitting, biomechanical phenomena, biomechanics, cycling posture, equipment design, musculoskeletal physiological phenomena, physiology, postural balance, posture height y posture length*, efectuando la búsqueda en español, inglés y portugués. Además, se utilizaron palabras booleanas de reducción específica [AND] y ampliación [OR]. Se distribuyeron de distinto modo, formando diferentes combinaciones: “bike fit” OR “cycling posture”, “bike fit” OR “postural balance” AND bicycling, “bike fit” AND physiology, “bike fit” AND “exercise test”, “bike fit” AND “athletic performance”, “biomechanical phenomena” AND “cycling posture”, “postural balance” AND “biomechanical phenomena” AND bicycling, “postural balance” AND biomechanics AND bicycling, bicycling AND anthropometry AND “cycling posture”, “posture length” OR “posture height” AND “bike fit”, bike fit AND desempenho atletico OR “postura de ciclismo”, “bike fit” OR “teste de esforço” OR “comprimento de postura” OR “altura de postura”, “bike fit” AND “biomechanical phenomena” OR “musculoskeletal physiological phenomena” AND anthropometry, “bike fit” AND (“teste de esforço” OR “comprimento de postura” OR “altura de postura”).

## Selección

La selección fue compuesta por un total de 240 artículos; se realizó un filtrado para eliminar duplicados, y se obtuvo un total de 46 artículos. Finalmente, 18 de ellos fueron elegidos y 28 excluidos.

## Criterios de elegibilidad

Los artículos que se incluyeron fueron aquellos que cumplían con los siguientes criterios: 1) sujetos con rango de edad entre 18 y 49 años, sin restricción de sexo, que sean usuarios en todos los niveles en bicicleta de pista o *mountain bike*; 2) estudios que conlleven una evaluación biomecánica en *bike fit*; 3) publicaciones en inglés y texto completo disponible, y 4) artículos de investigación primaria y secundaria. Los artículos se excluyeron si: 1) los sujetos presentaban algún tipo de lesión asociada al rendimiento al instante de aplicar el estudio; 2) participaban sujetos con consumo paralelo de fármacos o sustancias que alteren el procedimiento y el rendimiento deportivo, y 3) la muestra es inferior a 10 individuos. Los artículos se eliminaron si estaban duplicados en la base de datos. Se incluyó un total de 18 artículos.

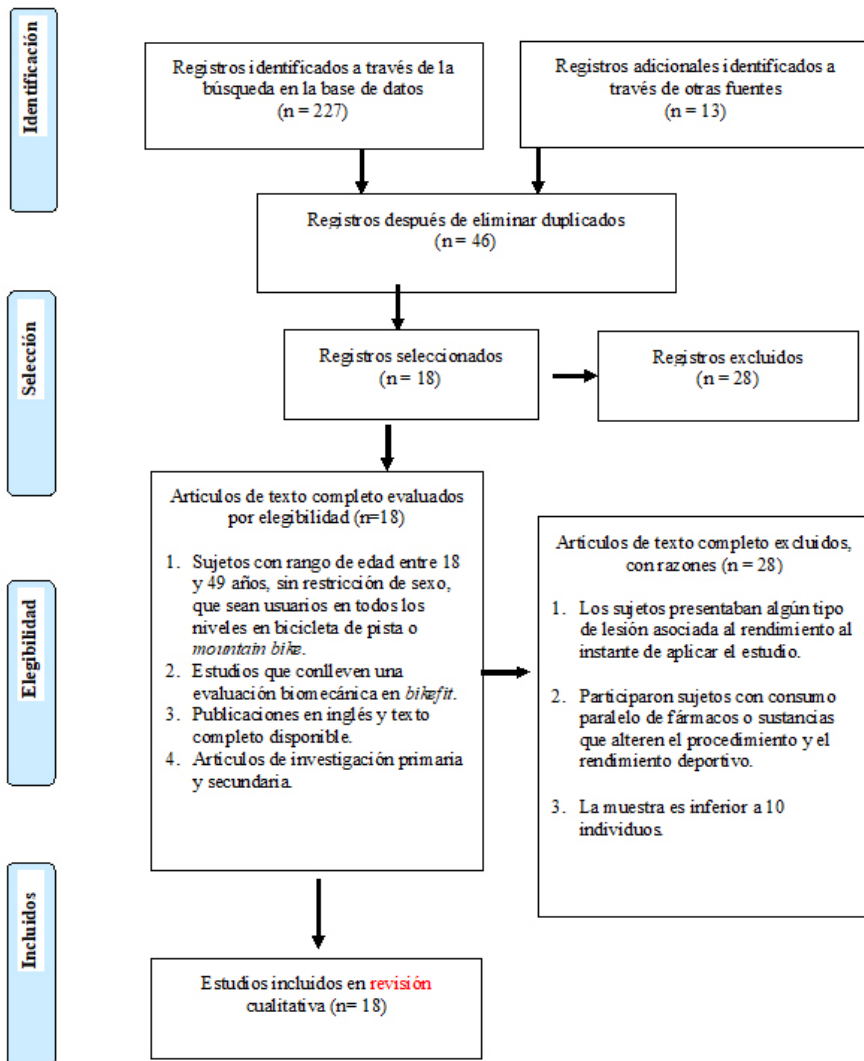
## Riesgo de sesgo

La calidad de los estudios incluidos se evaluó con base en la lista de verificación Downs and Black (D&B) (Downs & Black, 1998), compuesta de 5 subescalas: calidad del estudio (10 ítems que valoran si la información permite al lector evaluar de manera objetiva los hallazgos del estudio); validez externa (3 ítems que valoran si los resultados se pueden generalizar); sesgo de validez interna (7 ítems que abordan el sesgo en la medición de la intervención y el hallazgo); confusión y selección (6 ítems que abordan el sesgo en la selección de la muestra), y potencia del estudio (1 ítem que evalúa si los hallazgos negativos del estudio podrían ser azarosos). La lista de verificación utilizada para medir la calidad contiene 26 preguntas de Sí, NO o 'Indeterminable', en 4 de 5 secciones, siendo la última de 5 puntos, y dando un total de 32 puntos.

## Análisis de datos

Los artículos fueron seleccionados según título y resumen donde posteriormente se revisó el texto en extenso y se confirmó su inclusión en la investigación. Los artículos que quedaron seleccionadas, luego de identificar duplicados, fueron finalmente 46 artículos, donde solo un revisor indepen-

diente (D) discrimina, en primer lugar, por título y resumen, luego los identifica según criterios de inclusión. Luego de eso, se les otorgo el puntaje de calidad de los estudios a los 18 artículos incluidos, según la lista de verificación Downs & Black.



**Figura 1.** Fases de una revisión sistemática

Fuente: Urrutia & Bonfill (2010). Resultados

## Resultados

En la búsqueda inicial se encontraron 240 artículos publicados, 227 mediante bases de datos y 13 mediante otras fuentes adicionales. Tras eliminar 194 artículos duplicados, quedaron 46. Finalmente, se aplicaron los criterios de elegibilidad, con los que se excluyeron 28 artículos y, por lo tanto, se incluyeron los 18 restantes, los cuales son presentados en esta revisión.

## Discusión

Los principales resultados de la presente revisión fueron los 18 estudios que analizaron los efectos del *bikefit* sobre distintas variables de rendimiento y fatiga. A continuación, se dividirán los efectos sobre distintas variables biomecánicas, fisiológicas y comodidad de los estudios incluidos.

### Biomecánica cinética

García-López et al. (2016) compararon la técnica de pedaleo en cinética y cinemática de atletas de diferentes niveles deportivos (profesional, élite y de club, en orden jerárquico según distancia recorrida anual) junto con algunas características antropométricas y de bicicleta (talla, masa corporal, altura del sillín, etc.). No encontraron diferencias antropométricas ni de bicicleta según el nivel deportivo. Se encontró que los ciclistas de nivel profesional presentaron una mejor técnica de pedaleo que los ciclistas de nivel élite y de nivel club, ya que necesitaban una menor proporción de impulso positivo, entre el 1,5 % y el 3,3 %, para pedalear a la misma potencia. Esto se debió a un mayor ROM en la articulación del tobillo y a un torque mínimo menor durante la fase ascendente o recuperación de pedaleo. Las diferencias en la técnica de pedaleo dependían de la experiencia en ciclismo (es decir, más años de práctica) y del nivel de manejo en la bicicleta, y no dependían de otras variables, como las medidas de la bicicleta o la antropometría. En conclusión, los ciclistas de nivel profesional tenían una mejor técnica de pedaleo que los ciclistas de nivel élite y de nivel club, porque optaban por aumentar la fuerza de tracción en la fase de ascendente o de recuperación para mantener la misma potencia (mayor eficiencia).

**Tabla 1.** Resultados de artículos incluidos

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Peveler, Shew, Johnson & Palmer (2012)	34 ciclistas recreativos a altamente entrenados (28 ♂ y 6 ♀)	Producción de POmáx potencia aeróbica máxima (POmáx)	Ciclogómetro Monark 894E (Monark Exercise AB, Vansboro, Suecia). Sillín de carrera FSA SLK (Full Speed Ahead, Mukilteo, WA, EE. UU.) y la tija de sillín variable Monark (Monark Exercise AB). Goniómetro manual (LeMond Fitness Inc., Woodinville, WA, EE. UU.). Sistema de análisis de video 2D, MaxTRAQ Pro (Innovision Systems, Columbia, MI, EE. UU.). Marcadores reflectantes y una cámara Sentech STC-TB33USB-ASH (60 Hz) equipada con luces infrarrojas.	Análisis 2D de posición estacionaria y 3 niveles activos (nivel 1, RER 1,00 y máximo).	No hubo diferencia significativa entre un ángulo de rodilla en el RER de 1,00 y el ángulo de la rodilla en el nivel máximo registrado ( $p = 0,711$ ). No hubo diferencias significativas entre el ángulo del tobillo a un RER de 1,00 En relación con el ángulo del tobillo al nivel máximo registrado ( $p = 0,307$ ). No hubo diferencias significativas entre un ángulo del tobillo en el RER de 1,00 en relación con el ángulo del tobillo en el nivel máximo registrado ( $p = 0,213$ ). No hubo diferencias significativas entre un ángulo del tobillo en el RER de 1,00 en relación con el ángulo del tobillo en el nivel máximo registrado ( $p = 0,169$ ). No hubo otras diferencias significativas en el ángulo del tobillo.	Las alteraciones en el ángulo de la rodilla y el tobillo ocurren durante el pedaleo activo y que los ángulos se alteran a medida que aumenta la resistencia al pedaleo.

Continúa tabla...



Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Disley & Li (2014)	10 ciclistas entrenados (7 ♂ y 3 ♀; edad: 27±10 años; peso: 71,4±8,1 kg; estatura: 179,6±5,0 cm).	La PPO, VO2máx y GME.	Cicloergómetro ajustable, equipado con un dispositivo de medición de torque Powertap (Powertap Elite +, Saris, EE. UU.), Computrainer Pro (Racemate, EE. UU.), Software Nexus (Oxford Metrics Group, Reino Unido) para determinar la ubicación del marcador, utilizando 13 cámaras de infrarrojos que grababan a 250 Hz. Medidor de gas seco (Harvard, Reino Unido) y Analizador de gas (Servomex, Reino Unido).	La primera visita consistió en una prueba incremental maximal para determinar el VO2máx y la PPO. En la segunda y tercera visita, los participantes fueron instrumentados con marcadores reflectantes con el propósito de realizar un análisis de movimiento en 3D, en nueve localizaciones de la parte inferior del cuerpo.	No se encontraron diferencias significativas entre los participantes para ninguna de las variables dependientes medidas entre las visitas dos y tres.	El SSQ se puede predecir usando una simple tarea colgante y proporciona la mejor combinación de GME y estabilidad de la rodilla, lo que permite una mayor comodidad, velocidad y un menor riesgo de lesiones.
Priego Quesada, Pérez-Soriano, Lucas-Cuevas, Palmer & Cibrián Ortiz de Anda (2017)	20 ciclistas de club masculinos (edad: 30,9±11,1 años; peso 75,5±9,9 kg; estatura: 178,5±6,8 cm). Sesión de entrenamiento ciclista 207±133 km/semana, producción de potencia aeróbica máxima 265±53 watts.	POmáx	Cicloergómetro estacionario (CardiGirus Medical, Bikemarc, Sabadell, España), sistema Kinescan /IBV (IBV, Valencia, España) y una cámara de video de alta definición (Sony Handycam HDR-FX1, Sony Corp., Tokio, Japón) con una frecuencia de muestreo de 50 Hz.	Los participantes realizaron las pruebas de ciclismo adoptando tres posiciones establecidas por dos parámetros; ángulo de flexión de la rodilla [20°, 30° y 40°] y ángulo de flexión del tronco [35°, 45° y 55°] en orden aleatorio.	Los valores absolutos del ángulo de rodilla para 40°, 30° y 20° fueron 50,4±3,5°, 39,8±4° y 30±4,9°, respectivamente. La combinación de flexión de rodilla de 40° y flexión de tronco de 35° se percibió como la posición más incómoda. Además, una mayor flexión de la	Una postura de ciclismo definida por una flexión de rodilla de 30° (39,8±4°) y una flexión del tronco de 55° se consideró la postura más cómoda. Por otro lado, una postura con 40° de flexión de la rodilla (50,4±3,5°) y 35° de flexión del tronco se informó como la postura

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Priego Quesada, Carpes, Salvador Palmer, Pérez-Soriano & Cibrián Ortiz de Anda (2016)	16 ciclistas masculinos clasificados a nivel de club (edad: 29±10 años; peso: 77±9 kg; estatura: 178,7±6,5 cm); volumen medio de entrenamiento de ciclismo: 230±133 km/semana; potencia máxima salida 273±48 Watts.	PPO y temperatura de la piel.	Ciclogrómetro estacionario (Cardiurus Medical, Bikemarc, Sabadell, España). Sistema de análisis cinemático 2D (IBV, Valencia, España). Cámara de video de alta definición con muestreo a 50 Hz (Sony Handycam HDR-FX1, Sony Corp., Tokio, Japón). Cámara IRT con resolución infrarroja de 320×240 píxeles, sensibilidad térmica <math><0,05^{\circ}\text{C}</math> y precisión de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ (FLIR E-60, Flir Systems Inc., Wilsonville, Oregon, EE. UU.), Termohigrómetro (termohigrómetro digital, TFA Dostmann, Wertheim-Reicholzheim, Alemania).	En la primera visita, los participantes hicieron una prueba de ciclismo incremental para determinar la PPO. Las tres pruebas principales comenzaron con un calentamiento de 3 min a 50W y 90rpm. Luego, los participantes pedalearon durante 45 min al 50 % de POmáx a 90±2 rpm mientras mantenían una postura específica de ciclismo. Cada prueba principal se realizó con un ángulo de flexión de rodilla específico (40°, 30° o 20°) cuando la manivela del pedal estaba a 180°, y el orden de las pruebas fue aleatorio.	rodilla tuvo un efecto negativo en la comodidad del tronco, acompañado de mayores niveles de fatiga y percepción del dolor en la parte previa del alto y la rodilla.	más incómoda en la bicicleta. Se concluyó que el tronco erguido es la posición más cómoda para los ciclistas recreativos, donde la aerodinámica no es importante.
					Las diferentes posturas asumidas por el ciclista debido a la diferente altura del sillín no influyeron en las mediciones de temperatura. La temperatura de la piel se puede medir en diferentes días con buena repetibilidad, pero las variaciones de temperatura pueden ser más sensibles a los efectos de una intervención. En el análisis de las temperaturas absolutas en el ROI, se obtuvieron diferencias solo en el poplíteo. En el análisis de variación de temperatura, solo se observaron diferencias en el tibial anterior.	Diferentes flexiones de rodilla, luego de 45 min de pedaleo, no presentaron diferencias en la temperatura cutánea en el ROI.

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Wang, Liang, Wang, Tang, Wu, Li & Liu (2020)	20 ciclistas recreativos jóvenes (10♂ y 10♀; edad: 25,4±1,3 años; estatura: 168,7±7,6 cm; peso: 64,2±9,7 kg) sin antecedentes de trastornos neurológicos o lesiones <6 meses. Practica de bicicleta durante al menos los días con el propósito de transporte, acondicionamiento físico o recreación.	Ángulo de flexión, fuerza y cinemática de la articulación de la rodilla.	Ergómetro comercial (Modelo 828E, Monark, Varberg, Suecia). Sensores de fuerza 3D (Tipo 9016C, Kistler, Suiza). Sistema de captura de movimiento de diez cámaras (Vicon Motion Analysis Inc., Reino Unido) para captura de datos cinemáticos y cinéticos en 3D simultáneamente.	Se efectuó 3 min de ciclismo a cuatro alturas de sillín diferentes: medio ángulo de flexión de rodilla de 25°, preferido (una altura elegida por los ciclistas), bajo (preferido +15°), alto (preferido -15°) medido en el punto muerto inferior. La carga de trabajo y la cadencia del ciclismo se establecieron en 60 w y 60 rpm, respectivamente.	Los ángulos de la articulación de la rodilla observados para diferentes condiciones en el BDC fueron: 48,8±6,3°, 35,7±5,6°, 29,8±5,6° y 21,6±5,4° para las condiciones de sillín bajo, preferido, medio y alto. El ángulo máximo de aducción de la articulación de la rodilla aumenta con la altura del sillín.	En este estudio, mostramos que, en comparación con las alturas del sillín preferidas, medias y altas, la altura del sillín baja resultó en un aumento de los momentos de aducción de la rodilla en el plano frontal, aunque no hubo evidencia sobre la duración del tiempo. Por el contrario, la altura del sillín alta redujo los momentos de rodilla y la duración del tiempo.
García-López, Díez-Leal, Ogueta-Alday, Larrazabal & Rodríguez-Marroyo (2016)	38 ciclistas de ruta. Categoría 1, ciclistas profesionales de un equipo ProTour de la UCI (n=11), que recorrió >30.000 km por temporada; Categoría 2, ciclistas de élite de un equipo Continental UCI (n=13), que recorrieron entre 15.000 y 30.000 km	Producción de potencia de pedaleo (200, 250 y 300 W).	Se utilizaron: cinta antropométrica metálica (Hollain Ltd, Crymch, Reino Unido), antropómetro Harpenden (CMS Instruments, Londres, Reino Unido), cicloergómetro validado con freno electromagnético (Lode Excalibur Sport, Lode BV, Groningen, Países Bajos), cámara de video digital de alta velocidad (Sony	La prueba consistió en tres series de pedaleo de 5 min a 200, 250 y 300 watts con un descanso de 6 min entre cada intensidad. Estas salidas de potencia se seleccionaron porque son representativas del esfuerzo de los ciclistas de carretera profesionales y podrían ser sostenidas por los ciclistas del club	No se encontraron diferencias en las principales variables antropométricas y medidas de la bicicleta. Los ciclistas profesionales obtuvieron una mayor proporción de impulsos positivos (1,5-3,3 % y p<0,05), principalmente debido a un menor par resistivo durante la carrera (15,4-28,7 % y p<0,05). También	Los ciclistas profesionales tenían una mejor técnica de pedaleo que los ciclistas de élite y de club, porque necesitaban una menor proporción de impulso positivo para pedalear con la misma potencia. Esto se debió a un menor torque mínimo durante la carrera ascendente y un mayor ROM en la articulación del

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
	<p>por temporada; y Categoría 3, ciclistas de clubes pertenecientes a diferentes equipos de competición (n=14), que recorrieron entre 5.000 y 15.000 km por temporada.</p>		<p>Handycam HDR-HC7, Sony Inc., Europa, 200 Hz y 720x576 píxeles) y un reflector. Software específico (Kinescan-IBV, Versión 2001, Instituto de Biomecánica de Valencia, Valencia, España).</p>	<p>durante un corto periodo de tiempo.</p>	<p>mostraron una mayor amplitud de movimiento del tobillo (ROM, 1,1-4,0° y p&lt;0.05). Se encontraron correlaciones significativas (p&lt;0.05) entre la masa corporal de los ciclistas y las variables cinéticas del pedaleo; proporción de impulso positivo (r=-0.59 a -0.61), mínimo (r=0.59 a -0.63) y pares máximos (r=0,35-0,47).</p>	<p>tobillo. Las diferencias en la técnica de pedaleo dependían de la experiencia en bicicleta y del nivel de experiencia, y no dependía de otras variables como las medidas de la bicicleta, la antropometría o el volumen de entrenamiento.</p>
<p>Peveler &amp; Green (2011)</p>	<p>11 ciclistas masculinos bien entrenados (VO2máx = 61.55±4.72 ml/kg·min<sup>-1</sup>).</p>	<p>Las medidas dependientes de economía (VO2, frecuencia cardíaca y calificación de esfuerzo percibido) y potencia anaeróbica (potencia máxima y potencia media).</p>	<p>Cicloergómetro Monark 828E (Monark Exercise AB, Vansbro, Suecia). Coniómetro manual (LeMond Fitness, Inc., Woodinville, WA, EE. UU.)</p>	<p>Los sujetos completaron un total de 8 pruebas de rendimiento que consistieron en un protocolo máximo graduado, tres pruebas de economía de 15 min y 4 pruebas de potencia anaeróbica.</p>	<p>El VO2 fue significativamente menor en un ángulo de rodilla de 25° en comparación con un ángulo de rodilla de 35° y el 109% de la entrepierna. La potencia máxima en un ángulo de rodilla de 25° fue significativamente mayor en relación con el 109% de la entrepierna. La potencia media en un ángulo de rodilla de 25° fue significativamente mayor en relación con un</p>	<p>El uso de un ángulo de rodilla de 25° parece proporcionar un rendimiento óptimo mientras mantiene el ángulo de la rodilla dentro del rango recomendado para la prevención de lesiones.</p>

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Ferrer-Roca, Roig, Gallilea & García-López (2012)	23 ciclistas masculinos de alto nivel (edad: 21,8±3,5 años, peso: 67,8±6,8 kg, estatura: 1,77±0,4 m). Todos competidores masculinos saludables (Continental y categorías menores de 23 UCI).	Variable independiente; altura del sillín.  Variables dependientes; longitud entrepierna, ángulo de flexión de rodilla, ángulo de flexión de cadera, ángulo de flexión de tobillo, flexibilidad de los isquiotibiales y respaldo del sillín.	Cinta antropométrica (Holtain Ltd.; Crymch, Reino Unido). Rodillo de entrenamiento libre (Tacx Antares Roller T1000; Tacx; Wassenaar, Holanda). Sensores de seguimiento de movimiento inalámbricos (Xsens, Países Bajos). Software de análisis de movimiento (MVN Studio 4.4; Xsens, Países Bajos). Análisis 2D para medir el ángulo de la rodilla en la posición final (software TCD 2008; SportSupport Online S.L; Barcelona, España). El análisis	Después de un calentamiento de 10 min, los ciclistas realizaron una prueba de 6 min a 90-100 rpm en un rodillo de entrenamiento libre.	Los resultados apoyan el argumento de que la altura del sillín, la longitud de la entrepierna y el ángulo de la rodilla están muy relacionados ( $r=0,963$ , $p<0,001$ ). Los resultados de este estudio apoyan el concepto de que ajustar la altura del sillín al 106-109 % de la longitud de la entrepierna puede no garantizar una flexión óptima de la rodilla (30-40°). La altura del sillín fuera del rango recomendado (106-109 % de la longitud de la entrepierna) se observó	Un método estático basado en medidas antropométricas (106-109 %) no asegura un ángulo de rodilla óptimo durante el pedaleo (30-40°) en ciclistas de alto nivel. Este estudio propone un nuevo rango de longitud de entrepierna para estimar la altura del asiento cuando se utilizan pedales automáticos en intervalos de 108,6-110,4 %.

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones	
Fonda, Sarabon & Li (2014)	11 participantes (edad: 23,3±2,8 años, peso: 71,6±6,9 kg, estatura: 1,79±0,61 cm) fueron reclutados del club de ciclismo de la Universidad.	Potencia aeróbica máxima.	Cicloergómetro frenado electromagnéticamente (Lode Excalibur Sport, Lode, Groningen, Países Bajos). Analizador de gases respiratorios (Jaeger Oxycon Pro, Erich Jaeger GmbH, Hoechberg, Alemania). Coniómetro manual estándar en condiciones estáticas. Sistema de análisis de movimiento Vicon® MX (Oxford Metrics Ltd., Oxford, Reino Unido). Cámara de alta velocidad (Casio Exilim Pro EX-F1, Dover, NJ, EE. UU.). Electrogoniómetro (Biometrics Ltd., Newport, Reino Unido). La sincronización entre el sistema Vicon y el	Se realizaron cinco pruebas de ciclismo de 3 min; tres a diferentes alturas de asiento (ángulo de rodilla de 25°, 30° y 35° en BDC según medida estática) y dos a la altura de asiento preferida.	En el 56,5 % de los sujetos. Se observaron ángulos de flexión de rodilla inapropiados utilizando el método dinámico en el 26 % de los sujetos.	En comparación con la cinemática 3D, todos los demás métodos subestimaron de forma estadísticamente significativa el ángulo de la rodilla (P=0,00; 2=0,73). Se ha encontrado que los tres métodos dinámicos son sustancialmente diferentes en comparación con la medida estática, con tamaños del efecto entre 0,4 y 0,6.	Los tres métodos probados en este estudio han demostrado una alta confiabilidad. Los expertos deben utilizar sistemas de cinemática 3D para la evaluación del ángulo de la rodilla, ya que esta es la forma más válida de evaluación angular. A pesar de que los electrogoniómetros proporcionan una retroalimentación inmediata, debido a su gran variabilidad entre sujetos, no son adecuados para el montaje de bicicletas. La medición estática del ángulo de la rodilla con goniómetros manuales debe desaconsejarse en el ajuste de la bicicleta.

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Holliday, Fisher, Theo & Swart (2017)	19 ciclistas de ruta varones (edad: 32±9 años, masa corporal 75,7±7,7 kg, estatura 178,7±4,7 cm) de nivel superior.	PPO y VO <sub>2</sub> máx.	electrogoniómetro se estableció mediante una tarjeta A/D (National Instruments, Austin, TX, EE. UU.) Cicloergómetro CycleOps 400 Indoor Pro (Power Tap, Saris Cycling Group®, Madison, WI, EE. UU.). Aplicación VirtualTraining (VirtualTraining, versión 1.7.3, República Checa). Analizador de gases respiración por respiración en línea y un neumotacómetro (Oxycon; Viasis, Höchberg, Alemania). Goniómetro con una longitud de brazo de 25 cm (Whitehall, modelo G300). Inclinómetro (IM) digital (modelo Digi-Pas® DWL-80E). Sistema de captura de movimiento de ocho cámaras (Oxford Metric Vicon).	Tres ensayos separados durante 10 min con una carga de trabajo fija de 70 % de la PPO.	Se evaluó el error técnico de la medición (TEM) fue bajo para los tres métodos en todas las articulaciones. La inclinación TEM osciló entre 2,6° y 4,5° para cadera y hombro, respectivamente. La goniometría TEM osciló entre 2,7° y 4,1° para tobillo y hombro, respectivamente. La TEM de captura de movimiento 3D osciló entre 3,1° y 4,8° para hombro y cadera, respectivamente. Hubo una correlación de moderada a excelente entre las mediciones de goniometría e inclinómetro, para todas las articulaciones medidas. Los métodos estáticos y dinámicos no se corre-	En general, las mediciones estáticas demostraron una confiabilidad de moderada a excelente con límites de acuerdo más pequeños que las mediciones dinámicas que solo demostraron una confiabilidad de mala a buena. Las mediciones de ángulos articulares con goniometría e inclinómetros son confiables y válidas, fáciles de usar y económicas. Se ha demostrado que las medidas de las articulaciones goniometría e inclinómetros son relativamente intercambiables. 3D de captura de movimiento es costoso, oportuno y aaversivo y, aunque confiable, se requiere mucho cuidado para

Continúa tabla...



Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Bini, Daly & Kingsley (2019)	13 ciclistas competitivos (edad: 28±14 años, estatura: 173±7 cm, masa corporal: 72,8 ± 15,7 kg) con un mínimo de dos años de entrenamiento en <i>sprints</i> .	Producción de fuerza máxima y de potencia.	Sistema de seguimiento de movimiento (Xsens, Países Bajos). Balanza (Modelo 762; Seca, Alemania). Estadiómetro portátil (Modelo 213; Seca, Alemania). Segnómetro (MVN 5M16; Xsens, Holanda). Sensores de movimiento inalámbricos (MVN Awinda; Xsens, Países Bajos). Cicloergómetro (Modelo A; Wattbike, Reino Unido). Cámara digital Nikon D50.	La primera sesión se utilizó para determinar las posiciones del manillar para lograr ángulos de flexión de cadera predefinidos (70-110° en incrementos de 10°) utilizando un ajuste dinámico de la bicicleta en posición óptima, óptima+10° y óptima-10°. En la segunda sesión, se registraron la cinemática de cuerpo completo y las fuerzas del pedal a lo largo de <i>sprints</i> sentados de 2x6 s en las posiciones predeterminadas del manillar, y se utilizaron imágenes del plano frontal para determinar el área frontal proyectada.	<p>colocaron los marcadores en la ubicación exacta de una prueba a la siguiente. Este estudio muestra que 3D de captura de movimiento no es intercambiable con mediciones de GM e IM.</p> <p>Los cambios en la posición de la parte superior del cuerpo durante el ciclismo de velocidad influyeron en la aerodinámica, la distribución de la rodilla y la cadera en el trabajo total de las piernas, pero no afectaron las fuerzas musculares máximas. Más específicamente, el aumento de la inclinación hacia adelante de la parte superior del cuerpo redujo el área frontal proyectada, aumentó la contribución de la cadera y redujo la contribución de la rodilla al trabajo de las piernas.</p>	
				Tres ensayos separados durante 10 min con una carga de trabajo fija de 70 % de la PPO.	<p>lacionaron tan bien, con un rango de correlación sobre (tobillo inclinación/3D ICC=0,25) a una correlación moderada (hombro IM/3D ICC=0,72; rodilla GM/3D ICC=0,73).</p> <p>El área frontal fue reducida en la posición óptima+10° (19±1 %; 0.35±0.05 m<sup>2</sup>). Ninguna posición presentó diferencias en la cinemática de rodilla, cadera y tobillo (p&gt;0,05). La carga inferior fue menor en óptima-10° (p=0,02) y óptima+10 (p&lt;0,01) en comparación con la óptima. Para la carga de trabajo en cadera fue menor en óptima-10° vs óptima (p=0,01) y óptima-10° vs óptima+10° (p=0,02). Para la carga de trabajo en rodilla fue menor en óptima-10° vs óptima (p=0,03) y óptima+10° (p=0,02).</p>	

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Ménard, Lacouture & Domalain (2020)	10 ciclistas bien entrenados sin antecedentes de dolor o lesión de rodilla (edad: 30,9±8,6 años, estatura: 1,75±0,05 m, masa corporal: 65,2±8,3 kg).	Potencia y cadencia	Cicloergómetro estacionario SRM "Indoor Trainer" (SRM, Schoberer, Alemania). Sistema de análisis de movimiento de 20 cámaras (Vicon Motion Analysis Inc., Oxford, Reino Unido).	El propósito fue observar determinantes biomecánicas del ITBS; deformación, rango de deformación y fuerzas de compresión, para ello se compararon tres posiciones del sillín. Para cada una de las tres condiciones de retroceso (orden aleatorio), los participantes fueron instruidos para realizar una prueba de tres minutos manteniendo la cadencia (90 rpm) y potencia (200 watts) constante mediante retroalimentación visual. Solo se analizaron los últimos 30 segundos de pedaleo, se normalizaron al ciclo de pedaleo y se promediaron. Se proporcionó a los participantes un mínimo de tres minutos de descanso de recuperación activa con la potencia y la cadencia libremente elegidas entre las pruebas para evitar cualquier efecto de confusión de la fatiga.	La fuerza de compresión de ITB en el epicóndilo lateral del fémur fue el único parámetro significativamente afectado por el retroceso del sillín y apoya la hipótesis de que es probable que la fuerza de compresión sea un factor determinante en la etiología de ITBS. Además, los resultados mostraron que la fuerza de compresión de ITB-del epicóndilo lateral del fémur aumenta en individuos cuya técnica de pedaleo exacerba la extensión-aducción de la cadera y/o la extensión de la rodilla-rotación interna.	El enfoque combinado de simulación experimental desarrollado en este estudio proporciona nuevos conocimientos sobre la patomecánica (patología mecánica) de ITBS en ciclistas y respalda la hipótesis de que la fuerza de compresión entre ITB y el epicóndilo lateral del fémur puede ser una causa principal. El retroceso del sillín y, lo que es más importante, la técnica de pedaleo individual parece jugar un papel fundamental.

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Wilkinson, Lichtwark & Cresswell (2020)	15 hombres activos y sanos (edad: 30±8 años, estatura: 1,79±0,05 m, masa corporal: 74,4±8,5 kg). 8 de los participantes eran ciclistas que competían semanalmente a nivel de club, mientras que el resto (n=7) participaba regularmente en una variedad de deportes competitivos o recreativos.	Potencia máxima instantánea	Cicloergómetro (Excalibur Sport, Lode BV, Groningen, Países Bajos). Zapaticillas de ciclismo con tacos (SH-R070; Shimano, Osaka, Japón). Pedales (SH-R540, Shimano). Sistema de captura de movimiento optoelectrónico de ocho cámaras (Oqus, Qualisys, AB, Suecia). Marcadores reflectantes pasivos a 200 Hz. Bielas instrumentadas inalámbricas precabladas (Axis; SWIFT Performance, Brisbane, Australia). Electrodo bipolar (Ag / AgCl; Covidien, Mansfield, MA) y (Myon AG, Baar, Suiza).	Los participantes realizaron cinco sprints sentados de 3 s para determinar su Pmáx.i seguido de cuatro pruebas submáximas al 50 % de su Pmáx.i individual bajo diferentes combinaciones de postura (sentado o no sentado) y cadencia (70 o 120 rpm).	La Pmáx.i media fue 1605±368 watts (21,5±4 watts/kg), dando una producción de potencia media de 10,74±2 watts/kg para las pruebas submáximas. Los ángulos de ajuste se corrigieron significativamente ( $p<0,05$ ) con el ajuste de la bicicleta, excepto por el ángulo de rango de la cadera.	Estos resultados evidenciaron que la contribución de la potencia en la articulación de la rodilla a la potencia de las piernas se redujo al cambiar de una postura sentada a una no sentada durante el ciclismo de muy alta potencia; sin embargo, el tamaño de la reducción depende de la cadencia respectivamente
Choi, Seo, Lee, Kim & Tack (2018)	12 no ciclistas (estatura: 172,9±4,3 cm, masa corporal: 65,2±3,1 kg y edad: 25,3±2,0 años) y un ciclista de élite (estatura 177 cm, masa corporal 70,9 kg y edad 27 años).	Potencia submáxima	Sistema de ajuste estático comercial (Juteau-Cantin, Juteau-Cantin Inc., Canadá). Sistema de rodillos comerciales (RDA80, Minoura Co., Ltd., Japón). Bike Fit System (Bike Fit Systems LLC, EE.UU.). Sistema de	Todos los experimentos se realizaron dos veces durante 2 min cada uno como en una prueba submáxima de 40 rpm con una carga de pedaleo constante utilizando la intensidad de nivel medio del	Como resultado, aunque no hubo cambios en la potencia y la velocidad promedio bajo el pedaleo submáximo después del ajuste, la trayectoria del rango de movimiento de ambas rodillas y la variabilidad	Se redujo el rango de movimiento medialateral de ambas rodillas durante el pedaleo submáximo, que es un movimiento innecesario al pedalear. Además, el coeficiente de variación de la potencia de pedaleo se hizo más

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Choi, Seo, Lee, Kim & Tack (2018)	12 no ciclistas (estatura: 172,9±4,3 cm, masa corporal: 65,2±3,1 kg y edad: 25,3±2,0 años) y un ciclista de élite (estatura 177 cm, masa corporal 70,9 kg y edad 27 años).	Potencia submáxima	análisis de movimiento 3D con 6 cámaras infrarrojas (Motion Analysis Corp., EE. UU.) Con una frecuencia de muestreo de 120 Hz. Medidor de potencia SRM (Schoberer Rad Messtechnik, Alemania).	sistema de rodillos comerciales. Los sujetos recibieron más de 10 min de descanso y tiempo de recuperación entre experimentos. En el caso del ciclista de élite, se aplicó la misma condición experimental excepto solo la cadencia con 100 rpm.	de la potencia de pedaleo disminuyeron significativamente. En otras palabras, el rendimiento del pedaleo después de la adaptación se volvió más consistente que antes.	pequeño después del ajuste que antes. Esto puede considerarse como un efecto positivo del ajuste dinámico, aunque fue un cambio instantáneo. Incluso en el caso del ciclista de élite, el efecto del ajuste dinámico fue similar al de los no ciclistas.
Chiu, Wu & Tsai (2013)	20 ciclistas adultos con (edad 24,6± 7,3 años).	Relación entre la altura del manillar y el sillín en la comodidad del ciclismo mediante la evaluación de la cinemática, la cinética, la carga fisiológica y la calificación subjetiva del esfuerzo percibido.	Se utilizó un sistema de análisis de movimiento tridimensional basado en ultrasonido (Zebiris CMS-HS / Zebiris Medical GmbH, Alemania). Software de Win Date (v.2.19.44) (Zebiris Medical GmbH, Alemania). Se aplicó el sistema de medición de la presión corporal (Body Pressure Measurement System / BPMS, Tekscan, EE. UU.), Monitor de frecuencia cardíaca (Polar RS-800, Kempele,	Se pidió a todos los sujetos que pedalearan aleatoriamente con 9 posturas diferentes (3 manillares x 3 alturas de sillín) con la resistencia constante, 80 rpm. durante una hora sostenida respectivamente. Las variables independientes fueron 3 manillares (PHH, 90 % PHH y 110 % PHH) y 3 alturas de sillín (PHS, 90 % PHS y 110 % PHS).	Los resultados de este estudio indicaron que el manillar inferior con el sillín más alto provoca mayor ROM en la desviación muñeca-cubital, extensión de la muñeca, flexión del tronco y abducción de la cadera. También revela más fuerza en la región de la mano, más incomodidad alrededor de la mano, el tobillo y la espalda, y una mayor carga fisiológica. Mientras monta en bicicleta con un manillar	Para ciclismo con manillar más bajo y sillín más alto, revela más rango de movimiento en la desviación cubital de la muñeca, la extensión de la muñeca, la flexión del tronco y la abducción de la cadera. Además, el ciclismo con manillar inferior requiere una mayor carga fisiológica y podría inducir un mayor esfuerzo percibido en la región de la muñeca. Para ciclismo con manillar más alto y sillín más bajo,

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Finlandia). Escala de calificación del esfuerzo percibido subjetivo (escala Borg CR10). Bicicleta comercial (YS488 Gaint / Gaint, Taiwán)					<p>más alto y un sillín más bajo, itene más ROM en la flexión de la muñeca, más desplazamiento del cuerpo en la región de los glúteos, poco tronco hacia adelante y más índice de incomodidad en la región de los glúteos.</p>	<p>presenta menor rango de movimiento natural en la muñeca, tronco y cadera y menos fuerza en el manillar, carga fisiológica reducida, pero más esfuerzo percibido en la región de los glúteos.</p>
Hayot, Decatoire, Bernard, Monmet & Lacouture (2012)	10 ciclistas y cuatro triatletas con experiencia competitiva. 9 hombres (69,1±4,6 kg) y 5 mujeres (61,1±5,2 kg, 28,2±7,5 años, con miembro inferior derecho dominante).	Producción de potencia producida por los músculos que abarcan las articulaciones del tobillo, la rodilla y la cadera.	Ciclogómetro estacionario (SRM TrainingSystem, Schrober, Alemania). Sistema de análisis de movimiento Vicon de diez cámaras (Vicon, Oxford, Reino Unido). Pedales de sensor de fuerza de seis componentes de carga (Sensis, Poitiers, Francia) a 200 Hz. Convertidor analógico a digital (NI-PCIe-6353, National Instruments, EE. UU.). Script de adquisición de datos Labview (National Instruments Corporation,	Los participantes realizaron un calentamiento de 5 min de ciclismo submáximo a una cadencia fija de 90 rpm y una producción de potencia elegida libremente en el cicloergómetro estacionario utilizando su "longitud de postura" preferida. Luego, el ciclista completó cuatro pruebas de 3 min en un cicloergómetro estacionario en cuatro "longitudes de postura" diferentes (preferida, hacia atrás, intermedia, hacia adelante)	<p>Los resultados mostraron que el ángulo de rodilla preferido utilizado por los ciclistas en la posición BDC del pedal era similar a las directrices de Peveler. Sin embargo, notamos pocos cambios en la flexión de la rodilla entre las cuatro condiciones de "longitud de la postura". Por el contrario, los ángulos de la cadera variaron en gran medida de una postura hacia atrás a una postura hacia adelante, una posición hacia adelante permitió desarrollar una mayor</p>	<p>Estos hallazgos corroboran que se debe encontrar un equilibrio tanto para prevenir lesiones como para mejorar el rendimiento en la búsqueda de una "postura de longitud" óptima del ciclista. Una posición hacia adelante permitió desarrollar una mayor potencia de la rodilla en comparación con la postura hacia atrás. Podríamos suponer que la posición hacia adelante mejora el rendimiento del ciclista. Sin embargo, esto también</p>

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Gatti, Keir, Noseworthy, Beauchamp & Maly (2021)	40 adultos (edad: 28,6±7,2 años; IMC: 24,2±2,6 kg/m <sup>2</sup> , estatura: 1,74±0,09 m), 17 mujeres completaron el estudio. Se reclutó a adultos sanos (18 a 45 años) con una variedad de experiencia en ciclismo. Los participantes fueron excluidos si no era seguro hacer ejercicio según el Cuestionario Get	Prueba de VO <sub>2</sub> submáxima. Producción de potencia	Cámaras infrarrojas de alta velocidad (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA). Pedales que miden fuerzas y momentos tridimensionales (Science To Practice, Ljubljana, Eslovenia). Sillin de bicicleta (Selle Royal, Seta, 143 mm de ancho). Bicicleta (Fit-bike Pro-1; Purely Custom, EE. UU.). Pulsómetro (Polar T31, Kempele, Finlandia).	El protocolo incluía tres pasos: (i) ajuste de bicicleta comercial, (ii) protocolo de ciclismo incremental para determinar la intensidad del ejercicio experimental, y (iii) protocolo de ciclismo experimental que incluye 18 sesiones de ciclismo de tres min. Cada participante completó 18 rondas de ciclismo de tres min, cada una con la cadencia y potencia derivadas del protocolo	Las fuerzas resultantes femorrotulianas fueron más sensibles a todas las cinemáticas articulares (es decir, la sensibilidad se definió como la pendiente de los modelos predictores únicos); todos los JRF fueron menos sensibles a la mínima flexión de rodilla. La compresión tibiofemoral se predijo mediante la flexión mínima de la cadera y la dorsiflexión máxima del tobillo	sugiere que la postura hacia adelante podría generar fuertes fuerzas de compresión femorrotuliana y causar molestias en la rodilla, por ejemplo, condromalacia. Además, varios autores demostraron que la postura hacia atrás es más cómoda para los ciclistas, evitando lesiones en la zona lumbar y el cuello.

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
	<p>Active (GAQ), o si ellos mismos informaron sobre lesiones en las extremidades inferiores durante los últimos 3 meses, o artrosis reumatoide o artrosis, gota, angina inestable o afecciones neurológicas.</p>		<p>incremental, en orden aleatorio. Las posiciones de la bicicleta incluyeron todas las combinaciones de tres posiciones de sillín verticales (Y), tres posiciones de sillín horizontales (X) y dos longitudes de brazo de manivela (3×3×2=18).</p>	<p>(R<sup>2</sup>=0,90). La cizalladura tibiofemoral (R<sup>2</sup>=0,86) y el JRF femorrotuliano resultante (R<sub>v</sub>=0,90) se redujeron mediante la flexión mínima de la cadera, la dorsiflexión máxima del tobillo, la flexión mínima de la rodilla y la interacción entre la flexión mínima de la cadera y la flexión mínima de la rodilla. Agregar el sexo como factor mejoró el ajuste de todos los modelos. Este efecto sexual fue impulsado por las diferencias en la intensidad del ciclismo, reflejado por la fuerza tangencial del brazo de la manivela. La posición horizontal del sillín y la longitud del brazo de la manivela no se relacionaron con los JRF.</p>	<p>sillín y la longitud del brazo de la manivela no se relacionaron con la carga de las articulaciones de la parte inferior del cuerpo durante el ajuste de la bicicleta. Después de tener en cuenta la cinemática de las articulaciones, la alineación horizontal del sillín y la longitud del brazo de la manivela no se relacionaron con la carga de las articulaciones, lo que demuestra que el ajuste de la bicicleta debe seguir centrándose en la cinemática de las articulaciones. Los cambios en los JRF fueron más sensibles a la cinemática en los hombres que en las mujeres. Este efecto sexual refleja diferencias en la intensidad de la bicicleta, lo que indica que los cambios</p>	

Continúa tabla...

Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
Valencia, Cordovéz & Bigio (2020)	38 ciclistas (n=32) y triatletas (n=6) no profesionales (edad: 35±9 años, estatura: 1,73±9 m, masa corporal: 72,8±9 kg).	Potencia sobre la biela en w/kg y potencia de salida (relacionada con la cadencia).	Se utilizó un entrenador de ciclo inteligente (control electrónico de la resistencia del entrenador) Bkool® Smart Pro-2. Sistema 3D de ocho cámaras optoelectrónicas desarrollado por Optitrack (Corvallis-Oregon, EE. UU. de América). Un software de captura de movimiento 3DMC de STTSystems (San Sebastián, España). 2 cámaras de vídeo de alta definición.	El objetivo: el ciclista tenía que circular a una velocidad de 80, 85, 90 o 95 RPM. Una vez que se realizó la primera prueba a la altura y el desplazamiento horizontal preferidos, se realizaron modificaciones de ± 2 mm en la distancia horizontal del sillín y ± 1 % de la altura del sillín original.	Los resultados de potencia sobre la biela y eficiencia del ciclo del pedal muestran un incremento en una posición más adelantada y un sillín alto comparado a una posición retrasada y baja. La cadencia es un factor incrementa la potencia y eficiencia. Además, el sistema tiende a compensarse a través de la flexión del tobillo y rodilla.	en el ajuste de la bicicleta son más importantes para quienes producen una mayor potencia de salida. Las investigaciones futuras optarían por utilizar un modelo biomecánico con los datos de los conectados a las caderas e incluyendo los brazos, y utilizar la electromiografía superficial para observar la contracción muscular cambiando la posición del sillín y cómo el torque de la manivela puede cambiar con la flexión del tronco, ya que el recto femoral se impacta en la flexión del tronco y la extensión del muslo. Los hallazgos de este estudio con respecto a la potencia de la manivela y la eficiencia del ciclo del pedal muestran un aumento con una

Continúa tabla...



Autor	Muestra	Variables evaluadas	Equipos de evaluación	Instrumento de evaluación	Resultados	Conclusiones
						posición de sillín hacia adelante y alta que una posición de sillín hacia atrás y hacia abajo. La cadencia es un factor que aumenta la potencia y la eficiencia. Además, el sistema hombre-bicicleta puede compensar mediante la flexión de rodilla y tobillo.

POmáx: potencia aeróbica máxima. RER: cociente respiratorio. PPO: producción de potencia máxima. VO2máx: volumen de oxígeno máximo. GME: eficiencia mecánica bruta. ROI: asimetrías térmicas entre regiones bilaterales de interés. ROM: rango articular. UCI: Unión de Ciclismo Internacional. BDC: punto muerto inferior. ITBS: tratamiento del síndrome de la banda iliotibial. Pmáx.i: potencia máxima instantánea. IMC: índice de masa corporal. JRF: fuerza de reacción en articulación tibiofemoral. RPM: revoluciones por minuto.

Fuente: elaboración propia.

Ménard et al. (2020) evaluaron la cinética de la rodilla en tres posiciones del sillín (horizontal o delantera-trasera), una fue según recomendaciones de Vey Mestdagh (1998), otra más adelante (10 % +) y otra más atrás (10 % -) mediante un método 3D, derivando la cinemática a cinética (dinámica inversa), debido a que se ha mencionado que esta puede tener influencias sobre el síndrome de la banda iliotibial (SBI) (Clarsen et al., 2010; James C. Holmes et al., 1993). Se halló que la posición del sillín más hacia adelante en el eje horizontal podría aumentar las fuerzas de compresión entre la banda iliotibial y el epicóndilo lateral del fémur, lo cual aumentaría el riesgo de padecer el SBI. Pero no se menciona la altura del sillín usada para efectuar las pruebas, lo cual también podría afectar el modelo utilizado.

Hayot et al. (2012) analizaron la longitud de la postura, definida como la distancia entre la parte delantera del sillín y la parte transversal del manillar, evaluando la diferencia de la potencia articular de cadera, rodilla y tobillo en cuatro posiciones del sillín en dirección horizontal (preferida, atrás, intermedia y delantera). Dentro de sus hallazgos, se encuentra que una posición más adelante del sillín genera una mayor potencia angular de la rodilla, y concluyen que esto podría aumentar el rendimiento de los atletas; pero si a una misma cadencia, la potencia articular aumenta, esto es índice de una menor eficiencia mecánica. Y al igual que Ménard et al. (2020), también concluyen que este aumento de las fuerzas sobre la rodilla podría llevar a un aumento del riesgo de lesiones, resaltando la idea que debe existir un equilibrio entre el aumento del rendimiento con la disminución de parámetros de vulnerabilidad de lesiones.

Wilkinson et al. (2020) analizaron las diferencias cinéticas sobre las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo, entre ir o no sentado en el sillín en carrera a dos cadencias distintas, hallando que una posición de no-sentado producía menores potencias articulares de rodilla a la misma cadencia comparado con la posición de sentado, resaltando la eficiencia de esta posición y recalando que sería una buena estrategia para cuando los atletas necesiten altos niveles de torque y potencia sobre el cigüeñal; pero también se encontró que la disminución de la potencia articular de rodilla disminuía al aumentar la cadencia y era independiente de la posición. Mencionan que

esto se debió a que las potencias articulares se repartieron hacia la cadera y tobillo. Pero también pudo deberse a que a la suma de las potencias articulares del tren inferior se suma la fuerza de gravedad del peso del sujeto (Murray et al., 1967) sobre el cigüeñal en la fase de potencia (Aedo-Muñoz et al., 2020), pero para comprobar esto se debió haber monitoreado el centro de masa en distintas fases del pedaleo en la posición de no-sentado.

Gatti et al. (2021) midieron los efectos de la cinemática de la cadera, rodilla y tobillo sobre las fuerzas de reacción articular (FRA) patelofemoral y tibiofemoral, mediante un diseño cruzado (3 vertical sillín x 3 horizontal sillín x 2 largo de brazos al manillar) de 18 posiciones distintas y medir si las FRA estaban relacionadas con el sexo, altura del sillín y largo de brazos al manillar. Se encontró que una mayor flexión de las articulaciones de la extremidad inferior aumentó las FRA tibiofemorales y en mayor medida, los patelofemorales. Después de tener en cuenta la cinemática de las articulaciones, la alineación horizontal del sillín y la longitud del brazo de la manivela no estaban relacionadas con las FRA. Los cambios en las FRA fueron más sensibles a la cinemática en los hombres que en las mujeres. Este efecto del sexo refleja las diferencias en la intensidad del ciclismo, indicando que los cambios en el *bikefit* son más importantes para aquellos que producen una mayor potencia. Concluyen que el *bikefit* debe seguir centrándose en la cinemática de las articulaciones. Al contrario de Hayot et al. (2012) y Ménard et al. (2020), mencionan que la posición del sillín horizontal no tiene relación con las FRA sobre la rodilla, pero esto después de tener en cuenta el efecto de la cinemática, debido a la estadística utilizada (Nakagawa & Schielzeth, 2013), lo cual también es mencionado por él en su discusión.

Bini et al. (2019) analizaron la influencia de la posición del superior sobre la cinética de *sprint*, en una prueba previamente validada (Herbert et al., 2015) mediante análisis 3D, utilizando tres posiciones de flexión de cadera, ajustando el manillar. Encontraron que las diferentes posiciones no tenían influencia en la cinética (pico de fuerza) durante el *sprint*, pero sí durante la aerodinámica de carrera, debido a que la posición más baja del tronco (mayor flexión de cadera) producía un área frontal menor. Esto concuerda con los hallazgos mencionados de Gatti et al. (2021), debido a

que Bini et al., (2019) analizaron la cinética junto a la cinemática (sincronización de métodos), o sea que tenían en cuenta la cinemática, y esta anuló el efecto de la posición del manillar.

Valencia et al. (2020) evaluaron la cinética mediante un método 3D (dinámica inversa), tras desplazar la distancia vertical y horizontal del sillín. Se controló la cadencia de pedaleo (80, 85, 90 y 95 revoluciones por minuto) y la relación de marchas (plato grande, piñón dieciocho). Debieron realizar una prueba con un *bikefit* preferido por ellos, para luego ajustar la altura del sillín ( $\pm 1\%$ ) y posición horizontal de este ( $\pm 2\text{ mm}$ ) según varias recomendaciones hechas por otros autores (Bini et al., 2011b; Bini & Carpes, 2014; Sanderson & Amoroso, 2009; Timmer, 1991; Vrints et al., 2011) y realizar nuevamente la prueba. Los resultados de este estudio en relación con la potencia de las bielas y la eficiencia del ciclo de pedaleo muestran un incremento con una posición de sillín adelantada y alta, que con una posición de sillín atrasada y baja. Una limitación de este estudio es que no realiza análisis inferencial (pruebas de hipótesis nula o inferencias basadas en magnitud), por lo que sus conclusiones solo se basaron en los tamaños del efecto, sin tener en cuenta el ruido de las señales, lo que podría provocar altas tasas de errores tipo I y II. Tampoco se menciona el tiempo de pausa entre pruebas, lo cual podría tener un efecto potenciador.

## Biomecánica Cinemática

Disley & Li (2014) examinaron los efectos de distintos factores Q (distancia entre bielas) sobre la eficiencia mecánica gruesa (GME) y variación del ángulo de rodilla durante el pedaleo en dirección medio-lateral, y llegaron a la conclusión de que un factor Q de  $142 \pm 12\text{ mm}$  producía una mejor GME junto con una menor variación en el ángulo de rodilla, pero sin encontrar diferencias entre los distintos factores Q. Además, presentaron un modelo de predicción del factor Q mediante una simple tarea de gimnasia como colgarse en una barra paralela ( $r^2=0.794$ ,  $p<0.002$ ). Que no se hayan encontrado diferencias puede deberse a una muestra pequeña ( $n=10$ ), utilizando pruebas de contraste no paramétricas (Nahm, 2016). Sin embargo, una muestra de mayor tamaño debería haber presentado normalidad y abriría

la opción de haber utilizado pruebas paramétricas, donde los valores de contraste tienden a ser mayores (Buchheit, 2016; Kühberger et al., 2014).

Peveler et al. (2012) analizaron la variación del ángulo de rodilla y tobillo desde una posición estacionaria mediante método en 2D en tres intensidades distintas, encontrando que el ángulo de la rodilla sufre aumentos durante el pedaleo debido a la variación del ángulo del tobillo en flexión plantar y que esta última cambia dependiendo de la intensidad de trabajo. Sin embargo, este desplazamiento angular en flexión plantar sigue siendo mayor que en las medidas estacionarias, adicionando una menor flexión plantar en las intensidades más altas en comparación con intensidades menores. Concluyen que si bien, el punto de partida para el *bikefit* es en posición estática (estacionaria), también se requiere un análisis dinámico durante el pedaleo, donde los ciclistas novatos presentan más variación en los ángulos mencionados que los ciclistas más experimentados. Fonda et al. (2014) también compararon la altura del sillín regulada mediante el método estático utilizando el ángulo de rodilla como variable clave en 25°, 30° y 35°, comparando tres métodos de análisis (2D, 3D y electrogoniómetro) del ángulo de la rodilla durante el momento más bajo del pedaleo, encontrando que solo el método 3D, no presentaba diferencias con el método estático y que el 2D y electrogoniómetro lo subestimaba, pero con una pequeña corrección de 2,2° grados se podía hacer válido el 2D, dependiendo de la intensidad a la que los sujetos realizaron la tarea de ciclismo. Por otra parte, compararon la fiabilidad entre días de los tres métodos encontrando que el 3D y 2D poseían buena fiabilidad, pero esta fiabilidad fue realizada con una prueba de diferencia para muestras relacionadas cuando debió realizarse con una prueba de coeficiente de correlación intraclase (Koo & Li, 2016; Manterola et al., 2018; Sainani et al., 2021).

Wang et al. (2020) analizaron los efectos de cuatro ángulos de rodilla, según la altura del sillín, sobre la cinética y cinemática del plano frontal de rodilla, para determinar cuál ángulo produce una mayor aducción de rodilla, encontrando que a menor altura del sillín (ángulo de rodilla preferido por el atleta + 15°) se producen mayores ángulos de aducción de rodilla, flexión de rodilla, momento y duración de este momento, todo lo contrario, al usar

el sillín en su posición más alta evaluada en este estudio (ángulo de rodilla preferido por el atleta menos 15°), resaltando el efecto protector de riesgo de lesiones sobre ciclistas aficionados. Al igual que Gatti et al. (2021), este estudio destaca indirectamente la importancia de centrarse en la cinemática de las articulaciones.

Holliday et al. (2017) compararon dos métodos estáticos: goniómetro (GN) e inclinómetro (IN) y uno dinámico (3D) en los ángulos de variadas articulaciones de tren superior e inferior de forma estacionaria y dinámica. Hubo una correlación positiva entre las medidas de los dos métodos estáticos para todas las articulaciones. Solo la rodilla, el hombro y el codo presentaron una correlación positiva entre el GN y el 3D, y el IN y el 3D. Aunque los tres instrumentos eran fiables, el análisis de movimiento 3D utilizaba diferentes puntos de referencia para la mayoría de las articulaciones y produjeron medias diferentes. Los cambios en el ángulo de flexión de rodilla de estático a dinámico son atribuibles a los cambios en la posición del pie (Peveler et al., 2012). Controlando este factor, las diferencias se deberían anular. Se demostró que el método 3D no es intercambiable con GM e IN, y se recomendó que el 3D desarrolle valores de referencia independientes a los estáticos.

Choi et al. (2018) analizaron los efectos del *bikefit* en el pie de los sujetos (n=12 no ciclistas y 1 de elite), añadiendo una o varias cuñas en el ajuste del pedal, dependiendo del nivel de varo o valgo de rodilla sobre la bicicleta de forma estacionaria, sobre la cinemática de rodilla. Se determinó que mediante una corrección del varo o valgo de rodilla, se redujeron las variaciones del rango de movimiento en dirección medio-lateral, junto con una menor variación de la potencia de salida registrada en todos los sujetos.

## Aspectos Fisiológicos

Priego Quesada et al. (2016) analizaron los efectos de distintos ángulos de rodilla (altura de sillín) sobre la temperatura de piel mediante termografía infrarroja, buscando la asociación de la producción de calor con activación muscular (Priego Quesada et al., 2015), sobre distintas zonas de tronco y miembro inferior. Sin embargo, no se hallaron diferencias de temperatura

con las distintas variantes del ángulo de rodilla. Finalmente, mencionan que la temperatura tiene buena fiabilidad entre días y que la variación de temperatura podría ser un buen indicador para observar cambios posintervenciones.

Peveler & Green (2011) compararon la economía de pedaleo (consumo de oxígeno) y la potencia anaeróbica (pico de potencia y promedio de potencia) mediante tres diferentes métodos; 1) ángulo rodilla 25°; 2) ángulo de rodilla 35° y 3) pedal al 109 % del largo de miembro inferior, debido a que dos de los métodos (ángulos de rodilla en 25° y 35°) han sido recomendados para disminuir la vulnerabilidad de lesión y el método de 109 % para mejorar el rendimiento (Hamley & Thomas, 1967; Holmes et al., 1994; Shennum, 1976) desde una posición estática. Se llegó a la conclusión de que el ángulo de rodillas de 25° producía la mejor economía de pedaleo (<consumo de oxígeno y >potencia anaeróbica) comparado con los demás métodos, pero también recalcan que las variaciones individuales podrían aumentar el riesgo de lesión cuando los sujetos se escapan de los rangos óptimos durante el pedaleo. Así mismo, dentro de otro de los estudios revisados, Ferrer-Roca et al. (2012) realizaron *Bike fitting* mediante un método estático de 109 % de largo de pierna y uno dinámico (pedaleando) para conocer el método óptimo de ajuste de altura del sillín mediante un análisis 2D, dividiendo la muestra en dos grupos, uno que tenía el sillín a una altura del largo de pierna entre 106 % a 19 % (GA) y el otro mayor a 109 % (GB), encontrando que el método estático no asegura un óptima flexión de rodilla, de 30-40°, debido a que de forma dinámica se incrementa en 5°, ya que el 50 % de GA y 7,7 % de GB salía del rango óptimo durante le evaluación dinámica. Realizando una regresión lineal para predecir la altura del sillín, mediante el largo de pierna en centímetros y el ángulo recomendado (30-40°) ( $r^2=0.937$ ,  $p<0.001$ ). Que el método estático no asegure una óptima flexión de rodilla puede deberse a la flexión de tobillo durante el pedaleo (Peveler et al., 2012). Un problema en este estudio fue el análisis estadístico, debido a que realizó una prueba ANOVA de una vía para comparar dos grupos y esta prueba es recomendada para evaluar 3 o más grupos (Lazic, 2008), efectuando esta prueba en dos vías (2 métodos x 2 % largo pierna).

## Comodidad

Chiu et al. (2013) analizaron las percepciones de comodidad en varias áreas del cuerpo sobre la altura del sillín y manillar con un diseño factorial (tres alturas de sillín y manillar) y encontraron que la combinación del sillín en posición altas con manillar bajo y viceversa producían menores percepciones de comodidad en áreas específicas del cuerpo junto con mayores cargas fisiológicas, pero esto podría diferir, debido a que Priego Quesada et al. (2017) analizaron la influencia de distintas combinaciones de ángulos de rodilla y tronco en ciclistas recreativos sobre la percepción de comodidad, dolor y fatiga en distintas zonas del cuerpo (p. e., fatiga del tronco, dolor de pierna, entre otras), encontrándose que la combinación de un ángulo de rodilla de 40° y tronco de 35° producía la percepción de incomodidad mayor, y, por otro lado, percibieron la posición de rodilla más cómoda en 30° junto con llevar el tronco erguido, sugiriendo que este último resultado solo beneficiaría a los deportistas de este nivel debido a que no necesitan beneficiarse de la aerodinámica en ciclismo.

## Conclusiones

A partir de los estudios incluidos en esta revisión, se puede llegar a la conclusión de que el *bikefit* es una herramienta útil y necesaria para los deportistas que practiquen ciclismo independientemente de la modalidad y nivel deportivo, ya que en ella se pueden apreciar disminuciones en el riesgo de lesión e incrementos del rendimiento deportivo, recalcando que los deportistas se beneficiarán en gran proporción de una medición dinámica en 3D. También se destacan las variaciones que puede producir en el rendimiento dependiendo de las ya mencionadas modalidades deportivas, por lo que es necesario que los entrenadores y deportistas conozcan las demandas biomecánicas y fisiológicas de su deporte para optimizar este proceso, como también la percepción de fatigabilidad (Enoka & Duchateau, 2016), debido a que solo dos, de los dieciocho estudios revisados, analizaron las percepciones de los sujetos acorde con el *bikefit*, siendo esto un factor clave. Se necesita realizar estudios de diseños factoriales que analicen más variables en conjunto para conocer los beneficios o interacciones que



estos pudieran tener sobre el rendimiento deportivo, como también se hace necesario robustecer los análisis de las pruebas junto con las inferencias que se puedan extraer de los estudios (Sainani et al., 2021). El *bikefit* plantea ajustes de la bicicleta, modificaciones que provocan cambios cinemáticos de las articulaciones, mediante los cuales varía la fatigabilidad de rendimiento y percibida, como también cambios en el rendimiento deportivo. Por lo tanto, realizar los ajustes de bicicleta utilizando valoraciones cinemáticas dinámicas de los ciclistas resulta clave para cumplir el objetivo del *bikefit*.

## Referencias

- Aedo-Muñoz, E., Guarda, A. R., Gamboa, I. R., Zárate, N. R., Reyes, C. R., Aedo-Muñoz, N., Pérez, D. V., Tarifeño, D. A., Argothy, R., Salazar, J. S., Miarka, B., & Brito, C. J. (2020). Kinematic variations of uphill in mountain bikers. *Retos*, 40, 257-263. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V1140.81430>
- Ayachi, F. S., Dorey, J., & Guastavino, C. (2015). Identifying factors of bicycle comfort: An online survey with enthusiast cyclists. *Applied Ergonomics*, 46(part A), 124-136. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.010>
- Barratt, P. R., Korff, T., Elmer, S. J., & Martin, J. C. (2011). Effect of crank length on joint-specific power during maximal cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1689-1697. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182125e96>
- Bini, R., Hume, P. A., & Croft, J. L. (2011a). Effects of Bicycle Saddle Height on Knee Injury risk and cycling performance. *Sports Medicine*, 41(6), 463-476. <https://doi.org/10.2165/11588740-000000000-00000>
- Bini, R., Hume, P. A., & Croft, J. L. (2011b). Effects of bicycle saddle height on knee injury risk and cycling performance. *Sports Medicine*, 41(6), pp. 463-476. <https://doi.org/10.2165/11588740-000000000-00000>
- Bini, R., & Carpes, F. P. (2014). *Biomechanics of Cycling*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05539-8>
- Bini, R., Daly, L., & Kingsley, M. (2019). Muscle force adaptation to changes in upper body position during seated sprint cycling. *Journal of Sports Sciences*, 37(19), 2270-2278. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1627983>
- Buchheit, M. (2016). The Numbers Will Love You Back in Return-I Promise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 551-554. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0214>
- Chiu, M. C., Wu, H. C., & Tsai, N. T. (2013). The relationship between handlebar and saddle heights on cycling comfort. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 8016 LNCS (PART 1), 12-19. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39209-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39209-2_2)

- Choi, J. S., Seo, J. W., Lee, J. S., Kim, J., & Tack, G. R. (2018). Effects of dynamic bike fitting by lower limb alignment on pedaling performance. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 18(8), 1-8. <https://doi.org/10.1142/S0219519418400390>
- Clarsen, B., Krosshaug, T., & Bahr, R. (2010). Overuse injuries in professional road cyclists. *American Journal of Sports Medicine*, 38(12), 2494-2501. <https://doi.org/10.1177/0363546510376816>
- De Vey Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(97\)00080-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00080-X)
- Disley, B. X., & Li, F. X. (2014). Metabolic and kinematic effects of self-selected Q factor during bike fit. *Research in Sports Medicine*, 22(1), 12-22. <https://doi.org/10.1080/15438627.2013.852093>
- Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 52(6), 377-384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>
- Duc, S., Bertucci, W., Pernin, J. N., & Grappe, F. (2008). Muscular activity during uphill cycling: Effect of slope, posture, hand grip position and constrained bicycle lateral sways. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(1), 116-127. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.09.007>
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating Fatigue to Human Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2228–2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>
- Ferrer-Roca, V., Roig, A., Galilea, P., & García-López, J. (2012). Influence of Saddle Height on Lower Limb Kinematics in Well-Trained Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3025-3029. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318245c09d>
- Fonda, B., Panjan, A., Markovic, G., & Sarabon, N. (2011). Adjusted saddle position counteracts the modified muscle activation patterns during uphill cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(5), 854-860. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.05.010>
- Fonda, B., & Sarabon, N. (2010). Biomechanics of Cycling. *Sport Science Review*, 19(1-2), 187-210. <https://doi.org/10.2478/v10237-011-0012-0>
- Fonda, B., Sarabon, N., & Li, F.-X. (2014). Validity and reliability of different kinematics methods used for bike fitting. *Journal of Sports Sciences*, 32(10), 940-946. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.868919>
- García-López, J., Díez-Leal, S., Ogueta-Alday, A., Larrazabal, J., & Rodríguez-Marroyo, J. A. (2016). Differences in pedalling technique between road cyclists of different competitive levels. *Journal of Sports Sciences*, 34(17), 1619-1626. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1127987>
- Gatti, A. A., Keir, P. J., Noseworthy, M. D., Beauchamp, M. K., & Maly, M. R. (2021). Hip and ankle kinematics are the most important predictors of knee joint loading

- during bicycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(1), 98-104. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.07.001>
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 26(1), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Hamley, E. J., & Thomas, V. (1967). Physiological and postural factors in the calibration of the bicycle ergometer. *The Journal of Physiology*, 191(2), 55-56.
- Hayot, C., Decatoire, A., Bernard, J., Monnet, T., & Lacouture, P. (2012). Effects of “posture length” on joint power in cycling. *Procedia Engineering*, 34, 212-217. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.037>
- Heil, D., Wilcox, A., & Quinn, C. (1995). Cardiorespiratory responses to seat tube. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(5), 730-735.
- Herbert, P., Sculthorpe, N., Baker, J. S., & Grace, F. M. (2015). Validation of a six second cycle test for the determination of peak power output. *Research in Sports Medicine*, 23(2), 115-125. <https://doi.org/10.1080/15438627.2015.1005294>
- Holliday, W., Fisher, J., Theo, R., & Swart, J. (2017). Static versus dynamic kinematics in cyclists: A comparison of goniometer, inclinometer, and 3D motion capture. *European Journal of Sport Science*, 17(9), 1129-1142. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1351580>
- Holmes, J C, Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1994). Lower extremity overuse in bicycling. *Clinics in Sports Medicine*, 13(1), 187-205.
- Holmes, James C., Pruitt, A. L., & Whalen, N. J. (1993). Iliotibial band syndrome in cyclists. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 419-424. <https://doi.org/10.1177/036354659302100316>
- Iriberry, J., Muriel, X., & Larrazabal, I. (2008). The bike fit of the road professional cyclist related to anthropometric measurements and the torque of de crank. 7th ISEA Conference, 1-5. <https://n9.cl/1y6ys>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kühberger, A., Fritz, A., & Scherndl, T. (2014). Publication bias in psychology: A diagnosis based on the correlation between effect size and sample size. *PLoS ONE*, 9(9), 1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105825>
- Lazic, S. E. (2008). Why we should use simpler models if the data allow this: Relevance for ANOVA designs in experimental biology. *BMC Physiology*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1472-6793-8-16>
- Li, L. (2012). How can sport biomechanics contribute to the advance of world record and best athletic performance? *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2012.700802>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement

for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

- Manterola, C., Grande, L., Otzen, T., García, N., Salazar, P., & Quiroz, G. (2018). Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica. *Revista Chilena de Infectología*, 35(6), 680-688. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182018000600680>
- Martin, J. C., & Spirduso, W. W. (2001). Determinants of maximal cycling power: Crank length, pedaling rate and pedal speed. *European Journal of Applied Physiology*, 84(5), 413-418. <https://doi.org/10.1007/s004210100400>
- Matsumoto, S., Tokuyasu, T., & Ohba, K. (2009). A study on postural optimization for bicycle exercise based on electromyography. *Artificial Life and Robotics*, 14(2), 144-149. <https://doi.org/10.1007/s10015-009-0642-9>
- Ménard, M., Lacouture, P., & Domalain, M. (2020). Iliotibial Band Syndrome in Cycling: a Combined Experimental-Simulation Approach for Assessing the Effect of Saddle Setback. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 958-966. <https://doi.org/10.26603/ijsp20200958>
- Murray, M. P., Seireg, A., & Scholz, R. C. (1967). Center of gravity, center of pressure, and supportive forces during human activities. *Journal of Applied Physiology*, 23(6), 831-838. <https://doi.org/10.1152/jappl.1967.23.6.831>
- Nahm, F. S. (2016). Nonparametric statistical tests for the continuous data: The basic concept and the practical use. *Korean Journal of Anesthesiology*, 69(1), 8-14. <https://doi.org/10.4097/kjae.2016.69.1.8>
- Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R<sup>2</sup> from generalized linear mixed-effects models. In *Methods in Ecology and Evolution* 4 (2), 133-142). <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>
- Peveler, W. W. (2008). Effects of saddle height on economy in cycling. 22(4), 1355-1359.
- Peveler, W. W., & Green, J. M. (2011). Effects of saddle height on economy and anaerobic power in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 629-633. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d09e60>
- Peveler, W. W., Shew, B., Johnson, S., & Palmer, T. G. (2012). A kinematic comparison of alterations to knee and ankle angles from resting measures to active pedaling during a graded exercise protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3004-3009. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318243fdcb>
- Price, D., & Donne, B. (1997). Effect of variation in seat tube angle at different seat heights on submaximal cycling performance in man. *Journal of Sports Sciences*, 15(4), 395-402. <https://doi.org/10.1080/026404197367182>
- Priego Quesada, J. I., Carpes, F. P., Bini, R. R., Salvador Palmer, R., Pérez-Soriano, P., & Cibrián Ortiz de Anda, R. M. (2015). Relationship between skin temperature and muscle activation during incremental cycle exercise. *Journal of Thermal Biology*, 48, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.12.005>

- Priego Quesada, J. I., Carpes, F. P., Salvador Palmer, R., Pérez-Soriano, P., & Cibrián Ortiz de Anda, R. M. (2016). Effect of saddle height on skin temperature measured in different days of cycling. *SpringerPlus*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1843-z>
- Priego Quesada, J. I., Pérez-Soriano, P., Lucas-Cuevas, A. G., Salvador Palmer, R., & Cibrián Ortiz de Anda, R. M. (2017). Effect of bike-fit in the perception of comfort, fatigue, and pain. *Journal of Sports Sciences*, 35(14), 1459-1465. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215496>
- Sainani, K. L., Borg, D. N., Caldwell, A. R., Butson, M. L., Tenan, M. S., Vickers, A. J., Vigotsky, A. D., Warmenhoven, J., Nguyen, R., Lohse, K. R., Knight, E. J., & Bargary, N. (2021). Call to increase statistical collaboration in sports science, sport and exercise medicine and sports physiotherapy. *British Journal of Sports Medicine*, 55(2), 118-122. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102607>
- Sanderson, D. J., & Amoroso, A. T. (2009). The influence of seat height on the mechanical function of the triceps surae muscles during steady rate cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(6), 465-471. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.09.011>
- Shennum, P. L. (1976). The effect of saddle height on oxygen consumption during bicycle ergometer work. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 8(2), 119-121. <https://doi.org/10.1249/00005768-197600820-00020>
- Silberman, M. R., Webner, D., Collina, S., & Shiple, B. J. (2005). Road bicycle fit. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 15(4), 271-276. <https://doi.org/10.1097/01.jsm.0000171255.70156.da>
- Stagni, R., & Bologna, V. (2012). Comparison of different protocols for the quantification of trunk kinematics and dynamics in controlled conditions. *Gait & Posture*, 35, 24-25. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.09.055>
- Timmer, W. (1991). *Cycling Biomechanics: A Literature Review*. DOI: 10.2519/jospt.1991.14.3.106
- Umberger, B. R., Scheuchenzuber, H. J., & Manos, T. M. (1998). Differences in Power output during cycling at different seat tube angles. <https://n9.cl/bdhma>
- Urrutia, G., & Bonfill, X. (2010). PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N., & Poza, J. J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. DOI: 10.1097/00007632-199709010-00004
- Valencia, Á., Cordovéz, J. M., & Bigio, D. (2020). Biomechanical modeling, in the sagittal plane, of joint' s kinetic and cinematic of left lower limb side in cycling before and after a postural study. *Bike-fitting*. Universidad de los Andes.
- Vrints, J., Koninckx, E., Van Leemputte, M., & Jonkers, I. (2011). The effect of saddle position on maximal power output and moment generating capacity of lower limb muscles

during isokinetic cycling. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(1), 1-7. <https://doi.org/10.1123/jab.27.1.1>

Wang, Y., Liang, L., Wang, D., Tang, Y., Wu, X., Li, L., & Liu, Y. (2020). Cycling with Low Saddle Height is Related to Increased Knee Adduction Moments in Healthy Recreational Cyclists. *European Journal of Sport Science*, 20(4), 461-467. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1635651>

Wilkinson, R. D., Lichtwark, G. A., & Cresswell, A. G. (2020). The Mechanics of Seated and Nonseated Cycling at Very-High-Power Output: A Joint-Level Analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(7), 1585-1594. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002285>

# Impacto del entrenamiento físico sobre parámetros fisiológicos, mecánicos y morfológicos en población militar

# 2

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.02>

**Diana Carolina Preciado Martínez**

**Jonathan Giraldo Guzmán**

*Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”*

**Freddy Rodríguez Saza**

*Universidad Distrital Francisco José de Caldas*

**Resumen.** Este capítulo compara dos programas de entrenamiento físico militar: 1) el de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” (ESMIC), cuya planificación de cargas está enfocada en alcanzar hábitos de vida saludable y obtener altos puntajes en las pruebas físicas de relevancia militar, y 2) el Nuevo Programa de Entrenamiento Físico Militar Individualizado (EFM), enfocado en obtener y mantener el máximo rendimiento físico de los cadetes y potencializar la respuesta ante el transporte de carga externa, todo esto soportado en los datos obtenidos en las evaluaciones iniciales respecto de los parámetros fisiológicos, mecánicos y de composición corporal. Se concluye que el EFM produce mejoras en la capacidad aeróbica y en la composición corporal, entre otras, por lo que se sugiere sobre el programa ESMIC.

**Palabras clave:** adaptación al entrenamiento; ESMIC; esfuerzo físico; personal militar; rendimiento físico; Test de Bosco; transporte de carga externa

### **Diana Carolina Preciado Martínez**

Magíster en Fisioterapia Deportiva y de la Actividad Física, Universidad Nacional de Colombia. Fisioterapeuta Universidad del Rosario, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8109-1298> - Contacto: [diana.preciado@esmic.edu.co](mailto:diana.preciado@esmic.edu.co)

### **Jonathan Giraldo Guzmán**

Magister en Liderazgo Estratégico y Gestión del Talento Humano,, Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, Colombia. Especialista en Docencia Universitaria, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás de Aquino, Colombia.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3386-6444> - Contacto: [jonathan.giraldo@esmic.edu.co](mailto:jonathan.giraldo@esmic.edu.co)

### **Freddy Rodríguez Saza**

Doctor y magister en Antropología, Universidad de los Andes. Magister(c) en Modelado y Simulación, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Especialista en Investigación Criminal, Escuela Nacional de Policía General Santander. Antropólogo, Universidad Nacional de Colombia. Docente de los Programas de Biología y Química y Líder del Semillero de Investigación PhyloGenomicsUD de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9709-4258> - Contacto: [freddy.rodriguez@udistrital.edu.co](mailto:freddy.rodriguez@udistrital.edu.co)

**Citación APA:** Preciado Martínez, D.C., Giraldo Guzmán, J. & Rodríguez Saza, F. (2024). Impacto del entrenamiento físico sobre parámetros fisiológicos, mecánicos y morfológicos. Estudio comparativo. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 51-78). Sello Editorial ESMIC. <https://doi.org/10.21830/9786289640205.02>

## **Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada).

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024





## Introducción

La evaluación de parámetros fisiológicos, mecánicos y antropométricos en las instituciones militares constituye una forma objetiva de determinar procesos de preparación, adaptación y mejoramiento de las capacidades físicas condicionales (fuerza, potencia, resistencia, velocidad, flexibilidad, agilidad), desarrolladas a partir de los programas de entrenamiento físico (Hendrickson et al., 2010). Lo anterior asegura que los reclutas y oficiales respondan de forma efectiva ante las exigentes tareas físicas, como el transporte de carga, marcha con equipo de campaña, mantenimiento de la postura en la posición firmes y otras como combatir, trepar obstáculos, saltar desde altura y arrastre (Burleigh et al., 1994; Harman et al., 2008).

## Marco teórico

A nivel internacional, se han propuesto diversos protocolos de entrenamiento militar basados en los anteriores parámetros. En EE. UU., por ejemplo, se utiliza el Army Physical Readiness Training (FM7-22), enfocado en fuerza, resistencia y movilidad, junto con técnicas de combate, con la finalidad de disminuir lesiones derivadas de las carreras, permitir la adaptación física (apresto físico) y mejorar la potencia del soldado en el campo de batalla (Showman & Henson, 2015). Otro programa del U.S. Army que demostró mejoras en las pruebas militares, similar al encontrado con entrenamientos basados en levantamiento de cargas, es el Army Standardized Physical Training (SPT) que incluye ejercicios de estiramientos, calistenia, marchas con carga externa de peso variable, esprint, carreras de larga duración y carreras de obstáculos con carga de combate cronometradas. La finalidad del SPT fue mejorar la capacidad del soldado para realizar maniobras en entornos urbanos (trepar de un lugar a otro, pasar muros, saltar desde grandes alturas, etc.), durante las operaciones militares, demostrando ser más efectivo en dichas actividades que otros programas de entrenamiento militar (Harman et al., 2008). Así mismo, el ejército australiano ha implementado una batería de rendimiento físico denominado Physical Employment Standards (PES), cuya planificación se basó en la realización de tareas militares como levantar y descargar cajas con pesos iniciales de 2,5 hasta 25 kg, del suelo a una plata-

forma de 1,50 m de altura, en una sola repetición. Además, se incluyeron entrenamientos en circuito, carrera, natación y transporte de carga, para el desarrollo de las capacidades físicas, demostrando aumentos importantes en la fuerza muscular (Savage et al., 2012).

Un análisis de los diferentes reportes sobre programas de entrenamiento físico resalta su utilidad para disminuir la incidencia de lesiones osteomusculares, de las cuales se ha documentado una alta prevalencia en militares, alcanzando cifras del 35 % en el personal de EE. UU. y del 50 % en el ejército israelí, para dar un ejemplo (Wang & Dickin, 2016). De acuerdo con Esculier et al. (2015), el transporte de carga externa por parte de los soldados, que oscila entre 13 a 59 kg, ha sido asociado con la presencia de lesiones osteomusculares a causa de aparición acelerada de la fatiga neuromuscular. Hallazgos similares se han documentado en Colombia: el 51 % de los cadetes en formación presentó algún tipo de lesión osteomuscular al transportar entre 18 a 30 kg de carga externa (Rios-Pinillos & Castro-Jiménez, 2016). Otras alteraciones por el transporte de carga han sido evidenciadas por Soule et al. (1978); Knapik et al. (2004); Looney et al. (2018), quienes argumentaron que el exceso de carga externa impide la cercanía del centro de masa del cuerpo con el centro de masa de la carga, lo que resulta en la pérdida de la posición erguida, que se mantiene al caminar sin carga generando un mayor gasto energético. Las cargas iniciales del 8,5 % del peso corporal a velocidades de marcha entre 4, 4,8 y 5,6 km/h generan un aumento exagerado del costo energético (41 % al 50 %), lo que podría producir alteraciones en las reacciones metabólicas que liberan energía y que son medibles con variables fisiológicas, lo que da como resultado incremento en la ventilación, aumento en el ritmo cardiaco y efectos termogénicos, como el aumento de la temperatura corporal y de las catecolaminas, además de acelerar la respuesta de sustratos energéticos a partir de los lípidos.

En este sentido, el presente artículo compara dos tipos de programas de entrenamiento físico militar: 1) el de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” (ESMIC), cuya planificación de cargas está enfocada en alcanzar hábitos de vida saludable y obtener altos puntajes en las pruebas

físicas de relevancia militar, y 2) el Nuevo Programa de Entrenamiento Físico Militar Individualizado (EFM), enfocado en obtener y mantener el máximo rendimiento físico de los cadetes y potencializar la respuesta ante el transporte de carga externa, soportado en los datos que se obtuvieron en las evaluaciones iniciales respecto de los parámetros fisiológicos, mecánicos y de composición corporal.

## Metodología

### Tipo de estudio

La investigación es un ensayo clínico cruzado aleatorizado.

### Población

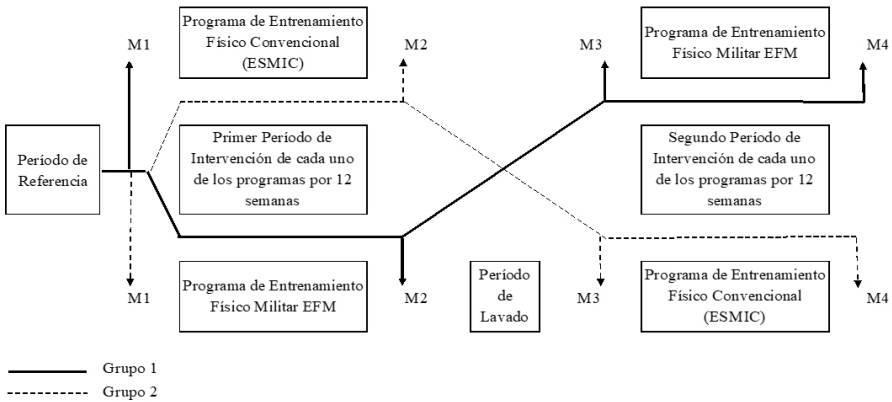
La muestra analizada corresponde a 20 cadetes de sexo masculino de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”, con edades promedio de  $20,6 \pm 0$  años, físicamente activos según la clasificación del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) (Mancera et al., 2013). Así mismo, los participantes recibieron información verbal y escrita en relación con los siguientes aspectos de la investigación: objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios de su participación. Previo al inicio de la intervención, los sujetos firmaron el consentimiento informado.

### Criterios de inclusión

Cadetes que no tuvieran limitaciones físicas, lesiones osteomusculares, problemas cardiorrespiratorios o consideraciones médicas para el entrenamiento físico de alta intensidad. Entre los criterios de exclusión para la investigación por tener en cuenta están que los cadetes: 1) no estuvieran participando de manera paralela en otro programa de entrenamiento físico; 2) no correspondieran a deportistas activos con consideraciones adicionales de entrenamiento, y 3) no estuvieran recibiendo algún tipo de tratamiento farmacológico o suplementos que pudieran alterar los resultados. Al finalizar el proceso, 20 cadetes siguieron de forma rigurosa los programas de entrenamiento ESMIC y EFM y completaron la evaluación.

## Métodos

El proceso de aleatorización se ejecutó en Excel; se generó una lista de números aleatorios con valores de 0 y 1, usando la función de aleatorización de Matlab (The Mathworks Inc., Massachusetts, EE. UU., versión 2015<sup>o</sup>) por un examinador independiente al estudio. La muestra se segmentó en dos grupos de 10 personas (G1 y G2) sometidos a dos tipos de programas de entrenamiento físico militar (ESMIC y EFM), con un tiempo de intervención que se dividió en dos periodos (P1 y P2). Durante el P1, el G1 realizó el programa de Entrenamiento Físico Convencional (ESMIC), mientras que el G2 realizó el Nuevo Programa de Entrenamiento Físico Militar (EFM). El tiempo de intervención del P1 y P2 fue de 12 semanas para cada grupo. Posteriormente, ambos grupos pasaron a un periodo de lavado de 7 semanas (tiempo en el que las variables fisiológicas del cadete vuelven a su estado metabólico basal normal al no recibir ningún tipo de entrenamiento físico). Al finalizar el periodo de lavado y durante el P2, el G1 realizó el programa EFM y el G2 realizó el ESMIC por igual tiempo de intervención (12 semanas) (Figura 1).



Diseño Ensayo Clínico Controlado Aleatorizado M1: Primer momento. M2: Segundo momento. M3: Tercer momento. M4: Cuarto momento.

**Figura 1.** Metodología del estudio

Fuente: elaboración propia.

Los cadetes fueron evaluados en cuatro momentos: el primer momento (M1) corresponde al inicio del P1; el segundo momento (M2) corresponde al final del P1; el tercer momento (M3) corresponde al inicio del P2 y el cuarto momento (M4) corresponde al final del P2 (Figura 1). En cada uno de estos momentos se evaluaron variables antropométricas: Índice de masa corporal (IMC), porcentaje grasa corporal (% GC), porcentaje masa muscular (% MM) y peso óseo mediante bioimpedancia; para esto se utilizó una báscula marca Tanita® BC-1500 Ironman. La determinación de la estatura se realizó con un tallímetro (Peter, 1995). Todos los sujetos fueron evaluados en ayunas, sin haberse bañado y habiendo asistido al baño previamente (Khalil et al., 2014).

En los cuatro momentos también se evaluó el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), concentración de lactato en sangre (La) y escala de esfuerzo percibido de Borg, estos mediante una prueba de ejercicio físico maximal, utilizando análisis de gases (ergoespirometría), cuyos datos fueron registrados durante cada etapa de la prueba del esfuerzo: etapa inicial, etapa de umbral y etapa final. La frecuencia cardiaca se evaluó con ayuda de un monitor de frecuencia cardiaca Polar RS800Cx, la presión arterial con un esfigmomanómetro Omron® HEM-7120.

Igualmente, se utilizó un test en escalón, con incrementos en la carga de trabajo cada 3 minutos. Los criterios de finalización de la prueba incluyeron: valor de presión arterial sistólica superior a 220 mmHg, haber alcanzado la meseta de la frecuencia cardiaca, un cociente respiratorio superior a 1,2 o la incapacidad del sujeto para mantener la carga. Las variables cardiorrespiratorias, consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>), Ventilación (VE), se evaluaron con un equipo Metalyzer 3B (Cortex), previamente calibrado. El umbral ventilatorio 1 y el umbral ventilatorio 2 se establecieron por el método de V-slope y se registró la percepción del esfuerzo por la escala de Borg. El lactato en sangre se evaluó con un equipo portátil marca Lactate Scout, mediante una muestra de sangre capilar extraída por pinchazo desde el lóbulo de la oreja en cada etapa de la prueba de esfuerzo (Beltz et al., 2016).

Además, en cada uno de los 4 momentos, se evaluó la fuerza explosiva mediante el test de Bosco: Salto con contramovimiento (CMJ), Salto con caída de 40 cm (DJ), y salto con contramovimiento con movimiento de los brazos (test de Abalakov [ABK]), los cuales se realizaron sin equipo militar y

con él (15 kg de peso adicional). Los saltos se realizaron por triplicado con una pausa de 5 segundos entre cada repetición y con una flexión de rodilla aproximada de 90°. Los saltos fueron precedidos por un calentamiento de 10 minutos que incluyó ejercicios de movilidad articular, trote ligero, cambios de dirección y práctica de cada uno de los saltos del test Bosco. Se analizó el promedio de los 3 saltos y se seleccionaron las siguientes variables para CMJ y ABK: Fuerza concéntrica (N), Velocidad máxima (m/s), Tiempo de vuelo (ms), Altura del salto (cm), Relativa potencia (W/kg) - absoluta (W) y tiempo de contracción muscular (ms), en el caso de DJ: Velocidad pico concéntrica (m/s), Tiempo de vuelo (ms), Altura (cm), Potencia relativa (W/kg) y potencia pico (W). Para el análisis del salto, se utilizó la plataforma AMTI Model OR6-5, Watertown, MA, EE. UU. y el *software* (Force DeckS NMP Technologies, Londres, Reino Unido). Por último, se evaluó el índice elástico (%EI), mediante la diferencia entre el SJ y el CMJ y el porcentaje de utilización de energía elástica (%E).

Los protocolos de evaluación fisiológica y antropométrica se realizaron en el laboratorio de fisiología del Centro de Investigaciones en Cultura física (CICFI), ubicado en las instalaciones de la ESMIC, mientras que los protocolos de salto se realizaron en el centro de alto rendimiento de Coldeportes Nacional, Laboratorio de Biomecánica.

El Programa de Entrenamiento Físico Convencional, de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” (ESMIC) está cimentado en la Directiva Permanente de Instrucción y Entrenamiento del Ejército Nacional 300-7 de 2013 modificada en 2015, cuyo objetivo es que los cadetes obtengan la máxima calificación en las pruebas físicas que se realizan en las diferentes unidades militares. ESMIC consiste en ocho niveles correspondientes a un semestre académico de formación militar para obtener el grado de subteniente y de formación complementaria para obtener el título de carrera profesional. Los niveles están enmarcados en 3 programas de condición física (básico, intermedio, avanzado) con un periodo de 12 semanas para cada uno. La planificación de las cargas se basa en sets (se) series (s) y repeticiones (rep), con intervalo de descanso entre 3 a 5 min, con una intensidad y volumen continuo e incremental, frecuencia de cinco días a la semana y una duración de 60 a 90 min/día. Los sets incluyen ejercicios secuenciales

en combinación de métodos del fitness (entrenamiento funcional, máquinas de multifuerza, peso libre, carreras continuas con equipo de combate) y ejercicios cardiovasculares (natación y combate). De acuerdo con los resultados de las pruebas físicas militares posentrenamiento, entregados por los evaluadores del Centro de Investigaciones de Cultura Física (CICFI) de la ESMIC, se registró: carrera continua: 2 millas (3200 m) con progresos de tiempo desde 15,45 min a 13,14 min; trote a 7,5 km en <30 min; flexiones de brazo: desde 40 a 52 rp/min y abdominales: >60rp/min. En la tabla 1, se observa el ejemplo del volumen de carga de entrenamiento de la semana 1, semana 6 y semana 12 de cada programa, según la Directiva Permanente de Instrucción y Entrenamiento del Ejército Nacional.

El Programa de Entrenamiento Físico Militar (EFM) propuesto por los investigadores se fundamenta en la construcción de 12 microciclos de entrenamiento, desarrollados a partir de los resultados de los protocolos de evaluación fisiológicos y antropométricos realizados en los M1, M2, M3, M4 durante el P1, por un profesional del entrenamiento deportivo. Los cadetes entrenaron cuatro veces a la semana entre 60 a 90 min/día. El entrenamiento se categorizó en: fuerza/potencia, fuerza/velocidad, velocidad/reacción, resistencia aeróbica, agilidad, coordinación, flexibilidad, core y resistencia para soportar cargas según los conceptos y métodos del Crossfit, Entrenamiento Funcional y Combat Fitness Military (tareas de exigencia física militar durante las campañas y cursos especializados de formación y ascenso militar que incluyen ejercicios de cargue, descargue, arrastre, empuje y transporte de carga externa con y sin equipo de campaña) (Knapik, 1980, 2012). La planificación de las cargas de las categorías de fuerza/potencia y fuerza/velocidad se realizó a partir del test 3-4-5 RMs frente a la utilización del 1-RM e intervalos de velocidad de ejecución (alta a baja), teniendo en cuenta la respuesta del cadete al microciclo anterior y su condición física (Knapik, 2012; Harris, 2000; Stone, 1998). En este sentido, la categoría de fuerza/potencia y fuerza/velocidad, inicio con una intensidad entre el 100 % al 75 %, con una velocidad máxima de ejecución y series(s)/repeticiones(r) de 3s/3r-5r y 7r para lunes a miércoles. La intensidad para el final del microciclo (jueves a viernes) fue del 75 % al 60 %, con una velocidad de ejecución media a alta y series/repeticiones de 3s/10r-15r o hasta el fallo. Para la planificación de los microciclos de resistencia aeróbica; velocidad/

**Tabla 1.** Ejemplo del volumen de carga de entrenamiento de la semana 1, semana 6 y semana 12 de cada programa de la ESMIC

Programa	Sem	Calentamiento Protocolo x 20 seg cada uno	Carrera continua 1Km a 7 min	Km/sem	Flexiones de codo	Repeticiones por Semana	Flexiones abdominal	Repeticiones por Semana	Método fitness
Básico	1		3se 21min 3Km	13	5se 8sx10rep	400	5se 6sx15rep	450	1. Sentadilla máquina 2. Press Hombro. 3. Curl Biceps 4. Peso Muerto 5. Remo 6. Leg Curl 7. Superman de Rodillas 8. Puentes Laterales 9. Tijera Avanzada 10. Abdominales y Oblicuos sobre balón 11. Puente Unipodal y Bipodal en balón 12. Orador dinámico
			1se 28min 4Km						
	6		2se 21min 3Km	18	3se 5sx10rep	310	3se 5sx20rep	500	
			3se 28min 4Km		2se 4sx20rep		2se 4sx25rep		
	12		1se 35min 5Km	15	5se 4sx20rep	600	5se 4sx25rep	500	
			1se carrera continua 10Km 1:10mn						
Intermedio	1		3se 18min 3Km	13	5se 6sx20rep	600	5se 6sx15rep	450	
			1se 24min 4Km						
	6		1se 42min 7Km	18	2se 10sx12rep	720	2se 2sx65rep	620	
			1se 30min 5Km		3se 4sx30rep		3se 4sx30rep		
	12		1se 54min 9Km	20	5se 6sex20rep	600	5se 2sx65rep	650	
			2se 30min 5Km 1se carrera continua 60min 10Km						

Continúa tabla...



Programa	Sem	Calentamiento		Carrera continua 1Km a 7 min	Km/sem	Flexiones de codo	Repeticiones por Semana	Flexiones abdominal	Repeticiones por Semana	Método fitness
		Protocolo x 20 seg cada uno								
Avanzado	1		2se 15min 3Km 3se 20min 4Km	18	5se 6sx20rep	600	5se 6sx22rep	660	1. Sentadilla máquina 2. Press Hombro.	
		6	1. Est. del cuello lateral	14	2se 10sx14rep 3se 4sx32rep	664	2se 2sx75rep 3se 4sx36rep	732	3. Curl Biceps 4. Peso Muerto	
			3. Est. de hombro por adelante	31	5se 5sx28rep	700	5se 2sx75rep	750	5. Remo 6. Leg Curl 7. Superman de Rodillas	
	Ejercicio Movilidad Militar	1	4. Est. lateral de oblicuos	1se carrera continua 50min 10Km	3	1se marchas con equipo (4,5km/h) (12Kg)				8. Puentes Laterales 9. Tijera Avanzada 10. Abdominales y Oblicuos sobre balón
			5. Est. de bíceps							11. Puente Unipodal y Bipodal en balón
			6. Est. de la espalda con flexión							12. Orador dinámico
6	6	7. Est. de la espalda con elevación de tobillos		7	1se marchas con equipo (4,5km/h) (12Kg)					
		8. Est. de femorales sentado con apertura de piernas								
12	12	9. Est. de femorales sentado bilateral		10	1se marchas con equipo (4,5km/h) (12Kg)					
		10. Est. cuádriceps en tijera								

se: sets; s: series; rep: repeticiones; min: minutos; Kg: kilogramos; sem: semana; seg: segundos.

Fuente: elaboración propia con base en CICFI y la Directiva Permanente de Instrucción y Entrenamiento del Ejército Nacional 300-7 (2013 modificada en 2015).

reacción y agilidad, se contemplaron los objetivos de las pruebas físicas, actividades de campaña y cursos de alta exigencia física que los oficiales deben superar durante sus procesos de formación militar. Por ende, el entrenamiento incluyó carreras largas (5 km/<20 min y 12 km/<60 min) y cortas (100 m/<15 seg y 400 m/>1 min), marchas largas (8 km-10 km a velocidad de paso entre 5,5 km/h a 6,5 km/h); marchas con transporte de carga sobre la espalda (equipo de campaña) (entre 3,2 km a 12 km a velocidades entre 3,8 km/h a 5 km/h con cargas en progresión del 10 % - 12 % al 30 % del peso corporal, hasta un máximo de 30 kg y autocargas), marchas con transporte de carga en mano (30 m de recorrido con 30 kg a cada mano a máxima velocidad) (Knapik, 2012; Hendrickson, 2010). Para el Combat Fitness Military, se realizaron entrenamientos en *sprint* a intervalos, carreras de obstáculos con y sin carga, carreras en zigzag, carreras en arrastre; gateo y ejercicios de simulación de transporte de heridos.

La finalidad de adoptar este tipo de entrenamiento individualizado, secuencial y combinado es el aporte al desarrollo e incremento de la tasa de desarrollo de fuerza (TDZ), lo que mejora los procesos de explosividad, respuesta mecánica a la carga externa, coordinación neuromuscular y tolerancia a la fatiga (Knapik, 2012; Harris, 2000; Rosendal et al., 2003). La tabla 2 muestra tres días de entrenamiento del microciclo 4 del EFM.

**Tabla 2.** Tres días de entrenamiento del cuarto (4) microciclo del EFM (lunes, miércoles y viernes)

Lunes			
Ejercicio	Intensidad	Tiempo	
Movilidad articular, específico para trote, estiramiento leve		10 min	
*2000 m	141-154 l/min (latidos por min-frecuencia cardiaca)	15 min	
Miembros superiores e inferiores	Moderado	5-10 min	
Estiramientos leves			
Calentamiento específico con movimientos funcionales			
Burpees con salto sobre cajón	Auto carga 3 X 15		
**Caminata de granjero	30 m con 60 kg	20 min	
Press militar	45-35 lbs X 30		
Zancada con barra para caminar por encima de la cabeza	30 lbs x Fallo	10 min	

\* El ejercicio aeróbico se realiza en cinta rodante a una inclinación de 5° y una velocidad de trote según tolerancia

\*\* El cadete debe llevar en cada mano una carga de 30 kg a paso de caminata normal (3.5-4.5 km/h) hasta completar 50 pasos o un total de 30 m de distancia recorrida sin dejar caer la carga o descansar.  
s: series; kg: kilogramos; rep: repeticiones; lbs: libras; m: metros

Continúa tabla...

Miércoles		
Ejercicio	Intensidad	Tiempo
Movilidad articular, específico para trote, estiramiento leve		10 min
*5 km a 5,5 km/h	*65 % VO2 max.	
Miembros Superiores	Moderado	10 min
Calentamiento específico para la fuerza		5-10 min
Power Cleans o Cargada	80-95 % RM 3 s x 5-7 rep	
Press Deck	80-95 % RM 3 s x 5-7 rep o peso que soporte levantar	
Frontal con Barra z	80-95 % RM 3 s x 5-7 rep o peso que soporte levantar	40 min
Lat-Pulldown (Jalon polea frontal)	24-30 kg-3 s x 7 rep o peso que soporte levantar	
Curl de Biceps	10 kg-3 s x 7-10 rep o peso que soporte levantar	
Curl de Tríceps	10 kg-3 s x 7-10 rep o peso que soporte levantar	
* El ejercicio aeróbico se realiza en pista atlética según parámetros de velocidad y distancia s: series; kg: kilogramos; rep: repeticiones		
Viernes		
Ejercicio	Intensidad	Tiempo
Movilidad articular, específico para trote, estiramiento leve		10 min
*12 km/h	154-170 l/min (latidos por minuto -frecuencia cardiaca)	
Miembros inferiores y tronco	Moderado	
Movilidad articular y flexibilidad		5-10 min
**Ejercicios de movilidad y flexibilidad extrema general		ROM Completo
**Movilidad pasiva y activa aductores		
**Movilidad pasiva y active cadena muscular posterior con apoyo espaldar	ROM Máximo y submáximo. 3 s x 10 rep	40 min
** Movilidad pasiva y active cadena muscular anterior decubito ventral	ROM Máximo y submáximo estático	30-45 seg
Miembros inferiores y tronco	Moderado	
*El ejercicio aeróbico se realiza con carga externa (equipo de campaña) con un peso externo de 10 kg en cinta rodante. Se inicia con velocidad de 3.5 km/h y se incrementa la velocidad a 1 km/h cada 2 min hasta completar el tiempo (20 min) o la máxima velocidad 12.5 km/h según tolerancia de cadete.		
** Los ejercicios de flexibilidad y movilidad articular se enfocaron en aumentar el ROM sin presencia de dolor o sensación de molestia muscular y articular.		
s: series; kg: kilogramos; rep: repeticiones; lbs: libras; m: metros; ROM: rango de movimilidad articular; seg: segundos.		

Fuente: elaboración propia

## Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos fueron procesados mediante el R 4.0, incluyendo datos estadísticos descriptivos para cada una de las variables de composición corporal, fisiológicas y biomecánicas. Previo al estudio intragrupo e intergrupo, se realizó el análisis de cada una de las variables para comprobar características de normalidad y homogeneidad de varianzas. En el primer caso, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, que suele ser más sensible dado el limitado tamaño de la muestra, mientras que la prueba de Levene se utilizó para evaluar la homogeneidad de la varianza.

Se establecieron dos niveles de análisis: intragrupo e intergrupo. A nivel intragrupo se contrastaron los momentos M1 y M2 del programa de entrenamiento ESMIC; por otro lado, se compararon los momentos M3 y M4 del programa de entrenamiento EFM. A nivel intergrupar, también se compararon los momentos M2 del programa ESMIC y los momentos M4 del programa AFM. Para identificar la distribución normal de los datos entre los grupos se aplicó la prueba T-Student, para variables con pruebas de Shapiro-Wilk no significativas, mientras que para variables con pruebas de Shapiro-Wilk significativas se utilizó la prueba de Wicolxon. La significación estadística se fijó en  $p < 0,05$  y un intervalo de confianza del 95 %.

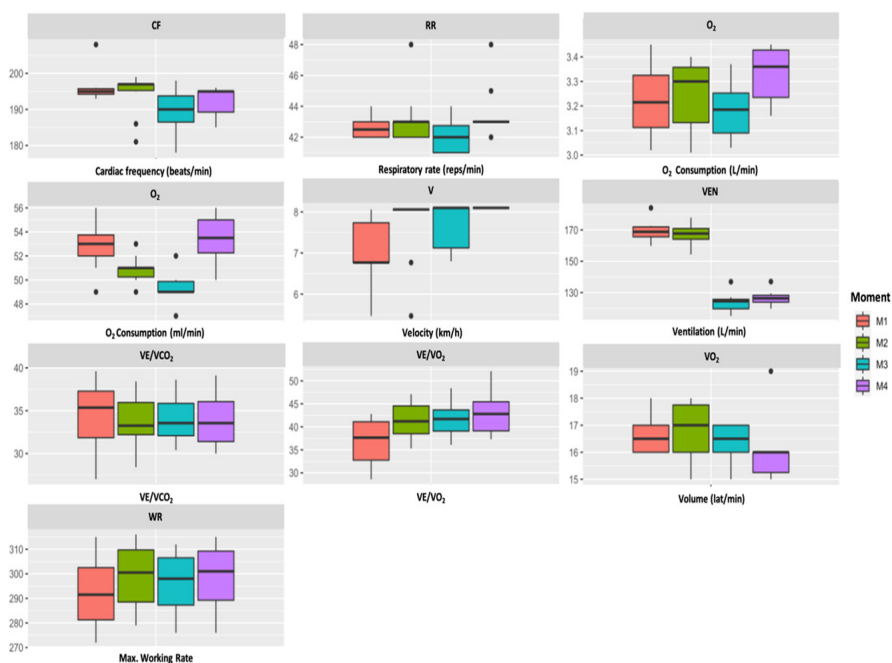
### **Consideraciones éticas**

El estudio fue avalado por el Comité de Ética de Investigaciones en Ciencias Sociales y Exactas CECSE de la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” en Bogotá (Acta de aprobación 5139 Reg. al Folio 154) y corresponde a una “investigación con riesgo mínimo según el Numeral b, del Artículo 11 de la Resolución N.º 008430 de 1993 del Ministerio de Salud” [MinSalud],1993, p. 3).

### **Resultados**

En cuanto a la composición corporal, aunque no se identificaron diferencias significativas intragrupo, para el porcentaje de grasa (%GC) se observó un aumento en los valores obtenidos para ESMIC (8,17 % a 8,98 %) y una disminución para EFM (9,91 % a 8,01 %). En relación con el porcentaje de masa muscular (% MM) mostró cambios una disminución para ESMIC (31,18 % a 29,39 %) y un aumento para EFM (29,98 % a 31,97 %). En cambio, en el análisis intergrupos (ESMIC-EFM) se encontraron diferencias significativas, tanto para el porcentaje de grasa (%GC,  $p=0,02$ ) como para el porcentaje de masa muscular (% MM,  $p=0,02$ ). En el primer caso, el porcentaje de grasa mostró una disminución del 8,98 % (ESMIC) al 8,01 % (EFM), mientras que el porcentaje de masa muscular aumentó del 29,98 % (ESMIC) al 31,97 % (EFM). Por lo tanto, esto puede constituir un mayor efecto del programa EFM en la composición corporal.

Por otro lado, a las variables fisiológicas, se hallaron algunas diferencias significativas a nivel intragrupo (consumo de oxígeno y ventilación), pero especialmente a nivel intergrupo (frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno, ventilación y velocidad) (Figura 2). Para la frecuencia cardiaca, se encontró una diferencia ( $p=0,03$ ) entre los valores descritos para ESMIC (194,3 lat/min) y los valores para EFM (192,4 lat/min). De igual forma, la comparación de los promedios de consumo de oxígeno mostró una diferencia significativa ( $p=0,00$ ) entre ESMIC (50,90 ml/kg/min) y EFM (53,50 ml/kg/min), lo que puede estar relacionado con la variable de ventilación donde la diferencia ( $p=0,00$ ) fue evidente entre ESMIC (166,75 L/min) y EFM (126,59 L/min). Esto indica que EFM produjo mejoras en los parámetros ventilatorios en comparación con ESMIC. Además, la variable velocidad resultó significativa ( $p=0,00$ ) al comparar ESMIC (7,67 km/h) y EFM (8,10 km/h).

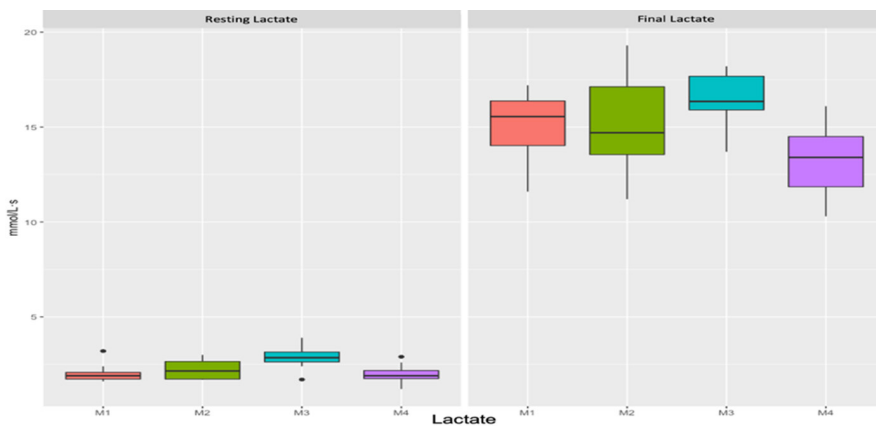


**Figura 2.** Análisis intragrupo según la comparación de las variables fisiológicas para ESMIC (G1 y G2 al final del M1; G1 y G2 al final del M2) vs EFM (G1 y G2 al final del M3; G1 y G2 al final del M4)

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta las variables bioquímicas, el lactato en reposo a nivel intragrupo mostró significación estadística ( $p < 0,00$ ) para EFM, así como una clara disminución de sus valores (2,86 mmol/L.s a 1,99 mmol/L.s). En el caso de ESMIC no se encontró significación estadística, aunque es posible observar un incremento en sus valores (2.03 mmol/L. sa 2.22 mmol/s). Un caso similar ocurrió con el lactato final, cuyos valores descendieron desde 15,10 mmol/L. s a 13,19 mmol/L.s, con un valor de  $p < 0,08$ . Un hallazgo similar se presenta con el lactato final, ya que para ESMIC sus valores promedio disminuyeron (15.17 mmol/Ls a 15.10 mmol/Ls) pero sin significancia estadística, en comparación con EFM donde hubo una disminución en el promedio (16.54 mmol/Ls a 13.19 mmol/Ls) que se presenta en la Figura 3. Comparación de lactato de reposo y final en este caso diferencias significativas ( $p < 0.00$ ).

De los resultados anteriores, se puede deducir que el lactato en reposo y el lactato final parecen mostrar un mejor aclaramiento bajo la intervención de EFM en comparación con ESMIC.



**Figura 3.** Análisis intragrupo según la comparación del lactato en reposo y el lactato final

Fuente: elaboración propia.

El análisis de los resultados obtenidos relacionados con la evaluación de la potencia anaeróbica mediante el test de Bosco parece indicar algunas

diferencias significativas en las variables de los saltos SJ, DJ y Abalakov, pero no en el CMJ. Para el Squat Jump (SJ), el análisis intragrupo no mostró cambios significativos con ESMIC en ninguna variable con o sin carga, mientras que el EFM mostró cambios significativos en la velocidad máxima concéntrica (m/s) en el M1 (2,22 m/s) y M2 (2,35 m/s) sin carga con un p-valor de  $p=0,05$ ; tiempo de vuelo (ms) en M1 (430,3 ms) y M2 (468,5 ms) sin carga con un p-valor de  $p=0,00$ ; altura de salto (cm) en M1 (22,7 cm) y M2 (27,02 cm) sin carga con un valor  $p=0,00$ ; pico de potencia (W) en M1 (503,3 W) y M2 (1222,7 W) sin carga con un valor de  $p=0,00$  y en M1 (776,5 W) y M2 (1267,6) con carga con un valor de  $p=0,01$ ; tiempo de contracción (ms) en M1 (420,1 ms) y M2 (500,9 ms) sin carga con un valor  $p=0,02$  y en M1 (455,0 ms) y M2 (547,1 ms) con carga con un valor de  $p=0,01$ .

Así, se puede deducir que la velocidad máxima concéntrica, el tiempo de vuelo y la altura de salto mejoraron con el EFM, lo que indica que los cadetes aumentaron los valores de fuerza explosiva máxima concéntrica de los músculos cuádriceps y redujeron el tiempo de contracción (ms), es decir, mayores niveles de fuerza manifestados en cortos periodos de tiempo (relación fuerza-tiempo) y, por lo tanto, mejores niveles de fuerza explosiva. En cuanto al tiempo de vuelo, se sitúa por encima del percentil 75 (Centeno-Prada et al., 2015) y los valores de altura superan los 20 cm, siendo predictor de buen rendimiento según la especialidad deportiva, incluso con cargas externas. Por otro lado, la potencia pico también incrementó sus valores con la intervención del EFM, sin embargo, se encuentran por debajo de los valores de referencia de potencia pico en personas físicamente activas ( $3262 \pm 626$  W) (Harman et al., 2008) y atletas universitarios de voleibol ( $300 \pm 150$  W) (Krzysztof et al., 2008) lo que indica que si bien los cadetes alcanzaron valores de altura adecuados, aún necesitan mejorar la fuerza en la musculatura de los miembros inferiores y la velocidad de ejecución de los movimientos durante la realización de ejercicios dinámicos con y sin carga externa.

En el análisis intergrupo, hubo diferencias significativas en la velocidad máxima concéntrica con carga para ESMIC (1,98 m/s) y EFM (2,11 m/s) con un valor de  $p$  de 0,04; y en la máxima potencia con carga para ESMIC (30,10

W/kg) y EFM (33,22 W/kg) con un p-valor de 0,04. Esto indica que EFM mejoró la capacidad de reclutamiento instantáneo y sincronización de los músculos de las extremidades inferiores, lo que finalmente se tradujo en una mayor eficiencia del componente muscular. Para el CMJ y Abalakov no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables o momentos de la intervención intragrupo e intergrupo.

Para el Drop Jump, el análisis intragrupo no evidenció cambios significativos con la ESMIC en ninguna de las variables sin y con carga, mientras que la EFM mostró cambios significativos en la velocidad concéntrica máxima (m/s) en M3 (2,17 m/s) y M4 (2,06 m/s) con carga con un valor de  $p=0,03$ ; tiempo de vuelo (ms) en M3 (402,1 ms) y M4 (380,6 ms) sin carga con un valor de  $p=0,05$ ; altura de salto (cm) en M3 (17,8 cm) y M4 (20,9 cm) con carga con un valor de  $p=0,04$ . En este sentido, los cadetes mejoraron los valores de las fases de propulsión concéntrica y absorción excéntrica medidas con las variables de velocidad máxima concéntrica, tiempo de vuelo y altura de salto, que son determinantes de la manifestación del reflejo elástico-explosivo de la fuerza bajo la intervención de la EFM.

Del mismo modo, los aumentos en la altura de salto superiores a 2,6 cm durante periodos cortos de entrenamiento reflejan mejoras considerables en este componente: EFM M3 (17,8 cm) y M4 (20,9 cm)  $p=0,04$ . Sin embargo, a pesar de las ganancias obtenidas, los cadetes están por debajo de la media de los atletas: atletismo 39,6 cm y gimnasta 30,5 cm.

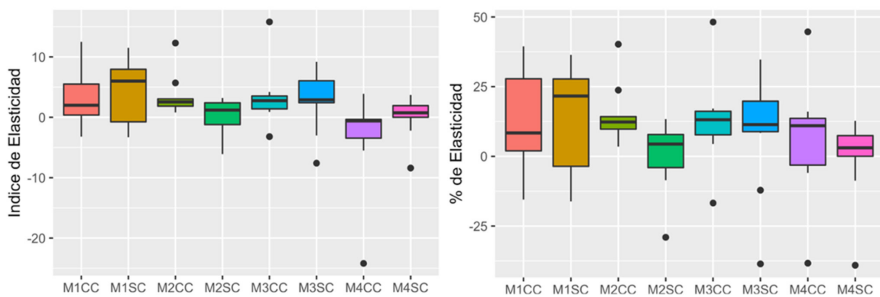
Sin embargo, para el análisis intergrupo el estudio presentó diferencias significativas en la velocidad concéntrica máxima con carga para ESMIC M2 (2,06 m/s) y EFM M4 (2,21 m/s) con un valor de  $p=0,01$ ; tiempo de vuelo con carga para ESMIC M2 (380,6 ms) y EFM M4 (409,4 ms) con  $p$ -valor=0,02; altura de vuelo con carga para ESMIC M2 (17,8 cm) y EFM M4 (20,6 cm) con un valor de  $p=0,02$ . Esto indica que el entrenamiento pliométrico utilizado en el EFM produjo cambios significativos en los determinantes del DJ, pero insuficientes para mejorar la capacidad refleja y de rebote necesaria para el desarrollo óptimo de la explosividad, velocidad y potencia.

Finalmente, el análisis intragrupo e intergrupo del índice de elasticidad (IE) y el porcentaje de utilización de energía elástica (%E), a una angulación de flexión de rodilla de 90°, calculados a partir de la ecuación de capa-



idad elástica del test de Bosco (Bosco C., 1998) y de la prueba de Kruskal-Wallis, se observó que la ESMIC no tuvo un cambio significativo en la IE en la posintervención con y sin carga. (M2 sin carga: 0,29; M2 con carga: 3,51) y tampoco para % EI (M2 sin carga: 0,38; M2 con carga: 14,8), mientras que, en el EFM, la IE tuvo cambios significativos para todos los momentos posintervención (M2 sin carga: 0,06 con un valor de  $p = 0,03$  y M2 con carga: -3,29 con un valor de  $p = 0,00$ ) y cambios significativos para % EI en M2 sin carga: -0,51 con un valor de  $p = 0,04$ . Esto indica que el EFM tuvo mejores valores de altura en el CMJ en todos los casos, dando como resultado una mejor reutilización de la energía elástica y una mayor fuerza concéntrica precedida por una actividad excéntrica de las extremidades inferiores.

En el análisis intergrupo posintervención, solo el M2 y M4 con carga, mostraron cambios relevantes en el IE: ESMIC M2 con carga (3,51) y EFM M4 con carga (-3,29) con un valor de  $p < 0,00$ . Caso contrario ocurrió con el %IE con valores en ESMIC M2 con carga (14,81 %) y EFM con carga (6,35 %) pero sin cambios significativos (Figura 4). Sin embargo, los cadetes superaron el 6 % del %IE, considerado adecuado para una buena relación entre el CMJ y el SJ con carga externa. En este sentido, se puede afirmar que las intervenciones ESMIC y EFM afectaron positivamente la capacidad extensora en los músculos del tren inferior y mejoraron la eficiencia mecánica en la ejecución del salto, pero estas mejoras continúan siendo ineficientes y más en los casos en que no existe transporte de carga externa.



**Figura 4.** Comparación del índice de elasticidad y porcentaje de elasticidad

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

El personal de las Fuerzas Armadas debe responder con eficacia a las actividades militares físicamente exigentes, que requieren un entrenamiento físico que, en algunos casos, debe superar las condiciones y capacidades físicas de muchos atletas (Adler et al., 2015). Las instituciones militares de todo el mundo han propuesto programas de entrenamiento físico enfocados en maximizar la fuerza muscular, la potencia y las capacidades de resistencia aeróbica (Campos et al., 2010; Tovar & Bermúdez, 2015). Sin embargo, muchos de estos planes carecen de un proceso de seguimiento, evaluación y control para determinar si sus efectos están alineados con los objetivos de las instituciones militares. Con relación a lo anterior, este estudio evaluó los efectos de dos programas de entrenamiento físico (ESMIC y EFM) sobre la composición corporal, parámetros fisiológicos y mecánicos en militares en formación, con un tiempo de intervención de 12 semanas para cada uno.

Los hallazgos mostraron que la intervención de EFM fue más efectiva para disminuir el % GC y aumentar el % MM con una significancia de  $p=0,02$ . Resultados similares se encontraron en Brasil tanto en militares (23,1±7,6 años) como en reclutas de la fuerza aérea brasileña, los primeros que participaron en un programa estructurado de 14 semanas, cuyo efecto fue una disminución promedio de 2 puntos porcentuales en el porcentaje de grasa (Da Rosa et al., 2015); y los segundos redujeron su tejido adiposo en 2,4 puntos porcentuales tras un plan de entrenamiento físico militar individualizado de doce semanas. Ahora bien, con respecto al porcentaje de masa muscular, el EFM mostró un aumento significativo en comparación con el ESMIC, nuevamente, estos valores son similares a los evidenciados en otros estudios, con intervenciones similares (Khali et al., 2014; Drain et al., 2015).

Es importante señalar que algunos estudios han manifestado mayores cambios en la composición corporal que los encontrados en la presente investigación. Una de las razones de estas mejoras radica en la duración de la intervención, que llegó a las 12 semanas. Se presume que cuanto mayor es el tiempo de exposición a los factores fisiológicos de la carga, más se favorecen los procesos de lipólisis y, por lo tanto, se activan más mecanismos de hipertrofia muscular, gracias a la mayor cantidad de ejercicios de fuerza,

potencia y carga anaeróbica, todo ello asumiendo que no hay cambios en la ingesta calórica (Wood & Wong, 2009).

Además, esta investigación demostró que, en una población de cadetes del Ejército, el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max) mejoró en respuesta a un programa de entrenamiento EFM individualizado, alcanzando valores adecuados del VO<sub>2</sub>max de 53,50 ml/kg/min después de 12 semanas.

Sin embargo, los resultados de la investigación fueron inferiores a los encontrados por Sperlich et al. (2011) en un grupo de élite de las fuerzas especiales alemán, luego de un programa de entrenamiento físico, cuya carga de entrenamiento se asumió en relación con las exigencias físicas de la misión militar (60-100 % VO<sub>2</sub>max) con valores de VO<sub>2</sub>max de 57,4 ml/kg/min. De manera similar, el entrenamiento físico estandarizado (SPT) y el entrenamiento basado en el peso (WBT) del Ejército lograron mayores aumentos del 10 % al 13 % en los voluntarios que completaron carreras de 12 km por semana y mejoras del 9,3 % en el VO<sub>2</sub>max que aquellos que entrenaron de 10 a 40 minutos. min al 80 %-90 % de la frecuencia cardiaca máxima (FCmax) (31). Otros estudios han mostrado valores de VO<sub>2</sub>max cercanos a 42,86 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> para cadetes en entrenamiento y 44,27 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> para reclutas brasileños (26,30), probablemente asociados a un mayor énfasis en el entrenamiento cardiovascular. cómo se evidencia en el SPT y WBT que en las intervenciones ESMIC y EFM.

Con relación a las demás variables de ventilación, se demostró que la EFM tuvo cambios significativos en las variables de frecuencia cardiaca (p=0,03), aumento de la frecuencia respiratoria (42,10 a 43,50 res/min; p=0,04) y aumento de la VE (123,8 a 126,5 L/min; p=0,00), lo que significa que los cadetes mejorarán los procesos de adaptación durante el esfuerzo, aunque el ritmo de trabajo aumentará (7,71 a 8,1 km/h; p=0,00). Ciertamente sugiere que los cadetes aumentaron el volumen corriente, por la mayor fuerza de los músculos accesorios de la respiración y, por lo tanto, se logró una mayor eficiencia sobre los músculos esqueléticos para reducir la demanda ventilatoria al disminuir la estimulación de los receptores metabólicos y mecánicos durante el máximo esfuerzo.

Por lo tanto, puede explicarse en respuesta al entrenamiento combinado de las categorías de fuerza/velocidad y resistencia aeróbica de EFM, algo

previamente documentado al estudiar la función pulmonar en individuos altamente entrenados en fuerza (Hackett et al., 2013). Ahora, con relación a la respuesta del lactato en condiciones de máximo esfuerzo, se observó que el momento de intervención inicial (M1) y el momento de lavado (M3) alcanzaron los valores más altos (15.17 y 16.55 mmol/(Ls), mientras que el resultado pos-EFM o momento de intervención (M4) fue de 13,19 mmol/(Ls) (12,1 % menos con respecto al lavado) y el resultado pos-ESMIC o momento de intervención (M2) fue 15,10 (6,1 % menos con respecto al lavado). En comparación con estudios similares, los valores de lactato oscilaron entre 6,9 a 12,6 mmol/(Ls) en esfuerzos entre 55 % - 84 % del VO<sub>2</sub>max (Mor et al., 2018) y de  $9,3 \pm 1,9$  mmol/(Ls) en ejercicios donde se alcanzaron frecuencias cardíacas máximas de  $190 \pm 7$  latidos por minuto (Sperlich et al., 2011).

De ahí se deduce que los cadetes alcanzaron valores similares a los estudios anteriormente mencionados. Sin embargo, se han encontrado mejores valores de lactato con una significancia de  $p < 0.001$  durante las pruebas incrementales de VO<sub>2</sub>max en los militares del US Army que llevan entre 1 a 5 años de servicio que aquellos con 6 a 10 años (Abt et al., 2016). Igualmente, se podría indicar que los umbrales de lactato pueden variar ampliamente dependiendo de la situación de esfuerzo y adaptación de cada recluta a los programas de preparación física (Coyle, 1995; Faude et al., 2009). Se debe tener en cuenta que el lactato plasmático durante el esfuerzo físico corresponde a la producción menos el aclaramiento (Macedo et al., 2009), por lo tanto, los valores de lactato hallados en este estudio son posibles, probablemente debido a la adaptación generada por la intervención del EFM que incluyó un mayor número de músculos durante el entrenamiento, contribuyendo al hecho de que el entrenamiento de fuerza también favorece las adaptaciones generadas por el entrenamiento aeróbico (Hackett et al., 2013; Feito et al., 2018; Schuman et al., 2015). De forma adicional, el entrenamiento combinado de resistencia-fuerza/velocidad aplicada en el EFM contribuyó a la mejora de la explosividad, la coordinación neuromuscular y mayor tolerancia a la fatiga (Harris et al., 2000) y a la mayor economía de esfuerzo que es un aspecto fundamental en el entrenamiento militar (Savage et al., 2012).

Sin lugar a duda, “plataforma de fuerza es el método más preciso para medir la potencia mecánica de los test de salto” (Lara et al., 2004), siendo el test de Bosco, una forma rápida de evaluar la potencia anaeróbica y las adaptaciones neuromusculares relacionadas con la fuerza explosiva (Claudino et al., 2017) y la velocidad en deportistas, proporcionando una retroalimentación inmediata de las características clave del rendimiento tales como la altura del salto, la fuerza y la potencia pico.

Los resultados de este estudio mostraron mejoras significativas en SJ y DJ con carga externa en análisis intragrupo e intergrupo, específicamente, en los determinantes de manifestación de fuerza, la explosividad y la velocidad. En este sentido, el SJ evidencio cambios significativos hacia el aumento y mejora de las variables de forma aislada, tal como la velocidad máxima de contracción, tiempo de vuelo y altura de salto, lo que, en otras palabras, permite mejorar la capacidad de reclutamiento instantáneo para la contracción concéntrica y mayor sincronización de los músculos de los miembros inferiores, mediante la intervención del EFM, lo que finalmente conlleva a una mejor manifestación de la fuerza explosiva. Otros estudios, expusieron comportamientos similares en las variables SJ, con entrenamientos pliométricos de 7 semanas (Adler et al., 2015). Asimismo, estudios enfocados en prescribir entrenamiento con cargas óptimas y determinar el promedio de fuerza del salto en deportistas (Saavedra et al., 2017) han demostrado mejoras en variables aisladas del SJ, tal como el pico de potencia máxima (Nacleiro, 2008), velocidad máxima concéntrica, fuerza máxima relativa (Wong & Wong, 2009; Chamari et al., 2004) y altura máxima (Saavedra et al., 2017). En el caso de DJ, este análisis presentó mejoras en las variables de salto en altura con carga externa (15 kg) bajo la intervención del EFM. Dichos cambios significativos influyen de manera positiva en los determinantes del salto DJ como el tiempo de contacto y el componente relativo de fuerza durante las fases de absorción y propulsión (excéntrica-concéntrica) del salto (Pedley et al., 2017; Krzystof et al., 2021), lo que se traduce en una mayor estimulación del componente de fuerza, para desarrollar mayores niveles de fuerza a una mayor velocidad de contracción y mayor eficiencia en movimientos deportivos que dependen más de la rapidez y de la precisión, necesarios para la ejecución de maniobras y tareas físico-militares

que se exigen durante los procesos de formación militar y de combate. Sin embargo, al comparar los resultados con otros estudios, se observa cambios significativos en los determinantes del DJ que, de manera aislada, continúan siendo insuficientes para lograr un mayor rendimiento físico en los cadetes. Por lo tanto, se ratifica la necesidad de realizar investigaciones que permitan la comparación de los diferentes métodos de entrenamiento que influyan en el componente de rigidez vertical y, en consecuencia, en la fuerza promedio durante la fase de absorción del DJ y así determinar el impacto sobre la capacidad reflejo-elástico-explosivo y de rebote (Moir et al., 2018) necesaria para el desarrollo de los movimientos de maniobras de esfuerzo físico militar.

Respecto del índice de elasticidad, considerada una variable de extrema relevancia en aquellos deportes donde la explosividad es el factor condicionante del alto rendimiento, en este estudio se dedujo que bajo la intervención de la EFM, los cadetes mejoraron su capacidad viscoelástica, lo que se traduce en cortos periodos de tiempo en la transición de la fase excéntrica a la concéntrica durante un salto vertical, reflejando mayor eficiencia en la reutilización de la energía elástica y mejor ejecución de desplazamiento con máxima aceleración y velocidad que requieren un esfuerzo exigente, incluso en situaciones de transporte de carga. Esto se correlaciona con Bazo et al. (2021); Brazo-Sayavera et al. (2021) y Drain et al. (2015), quienes argumentan que valores cercanos al 6 % significan la posibilidad de continuar mejorando la fase excéntrica gracias a la máxima utilización de la energía acumulada.

## Conclusiones

El personal militar requiere de un entrenamiento físico acorde con las necesidades del campo de batalla, un entrenamiento basado en los principios de planificación y programación del entrenamiento. Sin embargo, el EFM no demostró ser más eficiente que el entrenamiento militar convencional basado en ejercicios de resistencia y fuerza muscular (ESMIC) para aumentar la capacidad aeróbica, y tampoco en la mejora de la fuerza explosiva. A pesar de esto, es posible que la EFM favorezca adaptaciones fisiológicas como la capacidad de depuración de lactato y la disminución del porcentaje

de grasa, lo que podría estar asociado a una mejor composición corporal. Además, se deduce que maximizar las cargas en la categoría fuerza/velocidad del EFM podría conducir a mejoras en la respuesta de velocidad pico, potencia pico y tiempos de contracción muscular, lo que favorece la rapidez en movimientos deportivos y en tareas militares, adecuación en el manejo de transporte de carga externa, mayor economía en los movimientos, y sugiere una disminución en el gasto energético para el menor esfuerzo posible y prevención de lesiones musculoesqueléticas.

Puesto que una limitación importante del estudio fue la población, es valioso aludir que, durante el tiempo del proceso investigativo, los cadetes enfrentaron 4 momentos de evaluación, 2 periodos de intervención y 1 periodo de lavado, para obtener los datos que permitieran comparar dos tipos de programas de ejercicio físico sobre variables fisiológicas, mecánicas y de composición corporal. En ese marco, se realizó un total de 72 pruebas de ejercicio y aproximadamente 2.304 saltos para una muestra inicial de 28 cadetes, de los cuales solo 20 de ellos completaron todas las etapas de la investigación.

Así, tanto el grupo evaluador como el grupo evaluado identificaron las situaciones que dificultaron la recolección de los datos y la pérdida de los 8 cadetes durante la investigación: retiro de la institución, comisión, lesión o actividades de carácter militar. En este aspecto, se evidencia la necesidad de continuar con estudios metodológicos de este tipo de alcances, que permitan la evaluación periódica de la condición física integral del cadete, mediante entrenamientos estructurados y planificados como el EFM y que proporcione mejores adaptaciones fisiológicas y mecánicas al militar en formación e, igualmente, implementar estrategias que puedan minimizar algunas de las dificultades descritas.

## Referencias

- Abt, J.P., Perlsweig, K., & Nagai, T. (2016). Effects of Age and Military Service on Strength and Physiological Characteristics of U.S. Army Soldiers. *Mil Med*, 181(2), 173-179.
- Adler, A.B., Bliese, P.D., & Pickering, M.A. (2015). Mental skills training with basic combat training soldiers: A group-randomized trial. *J Appl Psychol*, 100(6),1752-1764.
- Aniotz, A.F., Ramírez, S.A., & Guzmán R. (2015). Efecto de un programa de entrenamiento pliométrico sobre la biomecánica de salto en mujeres voleibolistas juveniles. *Cienc Act Física UCM*, 16(1), 37-44.



- Bazán, N.E., Bruzzese, M.F., & Laiño, F.A. (2016). Evaluación de la capacidad de salto y estado ponderal en estudiantes de danza clásica de la escuela del Teatro Colón en Buenos Aires. *Apunts Sports Med*, 51(190), 56-62.
- Beltz, N.M., Gibson, A.L., & Janot, J.M. (2016). Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO<sub>2</sub>max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *J Sports Med*, 3968393. DOI: 10.1155/2016/3968393.
- Bosco, C. (1998). *La valoración de la fuerza con el Test de Bosco*. Colección Deporte y Entrenamiento. Ed. Paidotribo.
- Brazo-Sayavera, J., Nikolaidis, P.T., & Camacho-Cardenosa, A. (2021). Acute Effects of Block Jumps in Female Volleyball Players: The Role of Performance Level. *Sports*, 5(2), 30.
- Burleigh, A.L., Horak, F.B., & Malouin, F. (1994). Modification of postural responses and step initiation: evidence for goal-directed postural interactions. *J Neurophysiol*, 72(6), 2892-2902.
- Campos, L., Campos, F., & Bezerra, T. (2010). Effects of 12 Weeks of Physical Training on Body Composition and Physical Fitness in Military Recruits. *Int J Exerc*, 10(4), 560-567.
- Centeno-Prada, R., López, C., & Naranjo Orellana J. (2015). Jump percentile: A proposal for evaluation of high-level sportsmen. *J Sports Med Phys Fitness*. 55, 464-470.
- Chamari, K., Hachana, Y., & Ahmed, Y.B. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(2), 191-196.
- Claudino, J.G., Cronin, J., Mezêncio, B. et al. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 20(4), 397-402.
- Coyle, E.F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev*. 23:25-63.
- Da Rosa, S., Martínez, E., Marson, R., et al. (2018). Military physical training, muscular strength, and body composition of Brazilian military personnel. *Rev Bras Med Esporte*. 24,153-156.
- Drain, J., Sampson, J., Billing, D. et al. (2015). The Effectiveness of Basic Military Training to Improve Functional Lifting Strength in New Recruits. *J Strength Cond Res Natl strength Cond Assoc*. 29(11), 173-177.
- Esculier, J.F., Roy, J.S., & Bouyer, L.J. (2015). Lower limb control and strength in runners with and without patellofemoral pain syndrome. *Gait Posture*, 41(3), 813-819.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med Auckl NZ*, 39(6), 469-490.
- Feito, Y., Heinrich, K.M., Butcher, S.J. et al. (2018). High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*, 6(3), 76.
- Hackett, D.A., Johnson, N., & Chow, C. (2013). Respiratory muscle adaptations: a comparison between bodybuilders and endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(2), 139-145.



- Harman, E.A., Gutekunst, D.J., Frykman, P.N. et al. (2008). Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. *J Strength Cond Res*, 22(2), 524-534.
- Harris, G., Stone, M., O'bryant, H. et al. (2000). Short-Term Performance Effects of High Power, High Force, or Combined Weight-Training Methods. *J Strength Cond Res*. 14(1), 14-20.
- Hendrickson, N.R., Sharp, M.A., Alemany, J.A., et al. (2010). Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *Eur J Appl Physiol*, 109(6), 1197-1208.
- Khalil, S.F., Mohktar, M.S., & Ibrahim, F. (2014). The theory and fundamentals of bioimpedance analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors*, 14(6), 10895-10928.
- Knapik, J.J., Harman, E.A., Steelman, R.A., et al. (2012). A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. *J Strength Cond Res*, 26(2), 585-597.
- Knapik, J.J., Wright, J.E., Kowal, D.M., et al. (1980). The Influence of US Army Basic Initial Training on the Muscular Strength of Men and Women. *Aviat Space Environ Med*, 51(10), 1086-1090.
- Krzysztof, M., Synówka, A., Ćorluka, M., et al. (2021). Impact of plyometric training on the power of lower limbs in moderately advanced female volleyball players. *Acta Kinesiol*, 5-12
- Lara Sánchez, A., Abián-Vicén, J., Alegre, L., et al. (2004). Test de salto con plataforma de fuerzas en voleibol femenino. *Rev Entren Deport*, 18, 12-16.
- Larsen, M.N., Krstrup, P., Araújo, S.C., et al. (2021). Accuracy and reliability of the InBody 270 multi-frequency body composition analyser in 10-12-year-old children. *PLoS ONE*, 26, 16(3), e0247362. DOI: 10.1371/journal.pone.0247362
- Looney, D.P., Santee, W.R., Karis, A.J., et al. (2018). Metabolic Costs of Military Load Carriage over Complex Terrain. *Mil Med*, 183(9-10), 357-362.
- Macedo, D.V., Lazarim, F.L., Catanho da Silva FO, et al. (2009). Is lactate production related to muscular fatigue? A pedagogical proposition using empirical facts. *Adv Physiol Educ*, 33(4), 302-307.
- Melanson, E.L., Freedson, P.S., & Jungbluth, S. (1996). Changes in VO<sub>2</sub>max and maximal treadmill time after 9 wk of running or in-line skate training. *Med Sci Sports Exerc*, 28(11), 1422-1426.
- Moir, G.L., Snyder, B.W., Connaboy, C., et al. (2018). Using Drop Jumps and Jump Squats to Assess Eccentric and Concentric Force-Velocity Characteristics. *Sports Basel switz*. 6(4),125.
- Naclerio, F. (2008). *Variables a considerar para programar y controlar las sesiones de entrenamiento de fuerza*. PubliCE Prem.
- Pedley, J., Lloyd, R., Read, P., et al. (2017). Drop Jump: A Technical Model for Scientific Application. *Strength Cond J*, 39(5),1.

- Pinillos, C., Jiménez, L., & Buitrago, P. (2016). Lesiones derivadas del entrenamiento militar en los cadetes de 6° nivel de la Escuela Militar José María Córdova. *Mov Científico*, 10(1), 19-28.
- Saavedra, H., Ormazábal, V., Mancilla, R., et al. (2017). Fuerza de salto vertical en jugadores de voleibol varones de distinto nivel competitivo vertical jump force in the volleyball players according to the level. *Rev Horiz Cienc Act Física*, 8, 1-9.
- Savage, R.J., Best, S.A., Carstairs, G.L, et al. (2012). The relationship between maximal lifting capacity and maximum acceptable lift in strength-based soldiering tasks. *J Strength Cond Res*, 2, 23-29.
- Showman, N., & Henson, P. (2015). Protocolos del entrenamiento de apresto físico del ejército de EUA. *Military Review*, 70(1), 44-57.
- Schumann, M., Yli-Peltola, K., Abbiss, C.R., et al. (2015). Cardiorespiratory Adaptations during Concurrent Aerobic and Strength Training in Men and Women. *PLoS One*, 10(9), e0139279.
- Soule, R.G., Pandolf, K.B., & Goldman, R.F. (1978). Energy expenditure of heavy load carriage. *Ergonomics*, 21(5), 373-381.
- Sperlich, B., Krueger, M., Zinner, C., et al. (2011). Oxygen uptake, velocity at lactate threshold, and running economy in elite special forces. *Mil Med*, 176(2), 218-221, DOI: 10.7205/milmed-d-10-00234.
- Teixeira, C.S., & Pereira, É.F. (2010). Aptitud física, edad y estado nutricional en militares. *Arq Bras Cardiol*, 94, 438-443.
- Toubekis, A., Tsami, A., Smilios, I., et al. (2011). Training-Induced Changes on Blood Lactate Profile and Critical Velocity in Young Swimmers. *J Strength Cond Res Natl strength Cond Assoc*, 25, 1563-1570.
- Tovar, S., & Bermúdez, N. (2015). Relación entre la composición corporal y el rendimiento físico en la Escuela Militar de Cadetes José María Córdova. *Rev Científica Gen. José María Córdova*, 13(15), 257-270.
- Wang, H., Kia, M., & Dickin, D.C. (2019). Influences of load carriage and physical activity history on tibia bone strain. *J Sport Health Sci*, 8(5), 478-485.
- Wood, P.S., Grant, C.C., Du Toit, P.J., & Fletcher, L. (2017). Effect of Mixed Basic Military Training on the Physical Fitness of Male and Female Soldiers. *Mil Med*, 182(7), 1771-1779.
- Wong, D.P., & Wong, S.H.S. (2009). Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1383-1390.

# Evaluación de la huella plantar con la aplicación Print and Exercise

# 3

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.03>

**July Paola Moreno Alvarado**

**Leonardo Rodríguez Perdomo**

*Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA*

**Resumen.** Este capítulo evalúa la huella plantar por dos métodos de ejercicio físico con el uso de la aplicación Print and Exercise. Metodología: Estudio descriptivo transversal, en una población a conveniencia de 16 mujeres futbolistas (edad  $20,7 \pm 1,7$  años, talla  $1,63 \pm 10,8$  m y un peso corporal  $63,1 \pm 10,8$  kg). Se tomó la huella plantar teniendo en cuenta dos métodos, el primero tradicional de Hernández Corvo y el segundo con el uso de la aplicación Print and Exercise, se hicieron registros en estado de reposo previos a las intervenciones, la primera intervención de tipo aeróbico durante 15 min en una pista de 400 m y la segunda intervención de pliometría a ambos pies en un banco de 15 cm. Se concluye correlación significativa entre los dos métodos para determinar la huella plantar en la población de estudio.

**Palabras clave:** aplicación móvil; ejercicio físico; evaluación; huella plantar

**July Paola Moreno Alvarado**

Magíster en Analítica de Datos. Ingeniera en Sistemas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3609-0055> - Contacto: [jmorenoa10@ucentral.edu.co](mailto:jmorenoa10@ucentral.edu.co)

**Leonardo Rodríguez Perdomo**

Magíster en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física. Profesional en Cultura Física y Deporte, Profundización en el Área de la Fuerza.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-7168> - Contacto: [leonardpersonal@misena.edu.co](mailto:leonardpersonal@misena.edu.co)

**Citación APA:** Moreno Alvarado, J. P., & Rodríguez Perdomo, L. (2024). Evaluación de la huella plantar con la aplicación Print and Exercise. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 79-93). Sello Editorial ESMIC.  
<https://doi.org/10.21830/9786289640205.03>

**Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

El pie, en conjunto con el tobillo, es considerado por algunos como el último segmento articular; pero para muchos es reportado como el primero y uno de los más importantes, cuando se refiere a estabilidad y cadenas cinéticas dentro del miembro inferior (Taş & Çetin, 2019). El pie es la parte de contacto más importante con cualquier superficie, en una postura erguida primordialmente. Está compuesto por una disposición estructural y articular que permite un grado de flexibilidad y rigidez, según la fase de apoyo y marcha (Sahrmann et al., 2017).

Durante el desarrollo y maduración del ser humano, el pie presenta cambios en su morfología y dimensión, lo cual es afectado por el paso del tiempo, lugar de vivienda, edad, raza y género frente a las características del arco longitudinal medial (Inui et al., 2017). Se han definido diferentes tipos de pie. Un primer pie normal o con alineación normal es aquel en el que la bisección de la parte posterior del calcáneo es perpendicular al suelo y la altura de su arco presenta un rango de normalidad. Un segundo pie con bajo arco o en pronación o más conocido como *pie plano* en el que el calcáneo está revertido y el arco es demasiado bajo y en algunos casos es totalmente ausente. Y un tercer pie arqueado supino es aquel donde el calcáneo está de forma invertida y su arco es demasiado alto o pronunciado (Costea et al., 2017; Alcacer et al., 2020).

Estudios reportan que la deformación del arco del pie es decisiva para generar una transferencia de fuerza y una excelente absorción del impacto después de un salto o una acción de carrera de velocidad (Chang et al., 2010). Se ha reportado que la extrema modificación del arco plantar, tanto alto como bajo, se asocia con mayor riesgo de lesiones en deportistas o personas físicamente activos (Tong & Kong, 2013). Poder medir el arco de pie en deportistas o personas activas físicamente. Inmediatamente o después de lapsos de tiempo del esfuerzo, de forma fácil, entregaría información muy importante para tomar decisiones en calzado o disposición de lesión (López-López et al., 2018).

Sin embargo, los actuales sistemas validados para medir la huella plantar son demasiado costosos y son de uso muchas veces para labora-

torio, lo cual restringe el acceso a muchos entrenadores, tanto en el área del deporte como en el ejercicio físico. Por lo tanto, se propone, en una primera fase, la creación de una aplicación para Smartphone, llamada *Print and Exercise* (en proceso de registro), desarrollada en el sistema operativo Android y que, basada en *software* libre, rentable y ágil, permite el uso de diferentes lenguajes de programación como Java, Kotlin y XML (Oliveira et al., 2020). Se adapta o se extiende a cualquier tipo de dispositivo móvil y permite la transmisión directa de datos entre Google y la terminal con acceso a diferentes servicios (Robledo, 2014; Thomas et al., 2020), con el objetivo de la toma de la huella plantar de forma fácil y asequible para entrenadores, fisioterapeutas y áreas de la salud.

Esta investigación busca evaluar los resultados en la toma de la huella plantar bajo el método tradicional y con el aplicativo móvil *Print and Exercise* en las 16 futbolistas intervenidas, pos dos ejercicios en diferentes momentos y determinar la correlación que exista en los dos métodos utilizados.

## Metodología

### Tipo de estudio

Experimental observacional, orientado a determinar la morfología de la huella plantar del pie, tanto en estado de reposo y después de dos intervenciones en diferentes momentos, una de trabajo aeróbico y otro de trabajo pliométrico.

### Población

La muestra se seleccionó a conveniencia, con un grupo de 16 mujeres futbolistas con edades comprendidas entre los 18 y 23 años ( $\text{Desv} \pm 1,8$ ), muestra apoyada en el estudio de Medina (2017). Sujetos aparentemente sanos que realizan ejercicio físico mínimo tres veces por semana. Como criterios de exclusión se verificó que la población no presentara ninguna lesión de tipo musculoesquelético, articular o que haya reportado lesiones que aún no se han tratado, amputación de alguna extremidad o afectaciones posturales diagnosticadas por área médica especialista, patología metabólica y

cardiovascular y afectaciones de tipo cognitivo. Posteriormente, se aplicó un consentimiento informado, con el fin de que se cumplieran todas las normas de investigación según la Carta de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 1964).

## Procedimiento

La población estudio fue citada en horas de la mañana; previo a comenzar las evaluaciones se les preguntó lo relacionado con el cumplimiento de los requisitos para realizar el test, por lo cual, debían haber dormido de 7 a 8 horas, no haber realizado ningún tipo de ejercicio físico en las últimas 24 horas, consumo cero de estimulantes que generen alteraciones del sistema nervioso; se prohibió el consumo de tabaco, café o energizante.

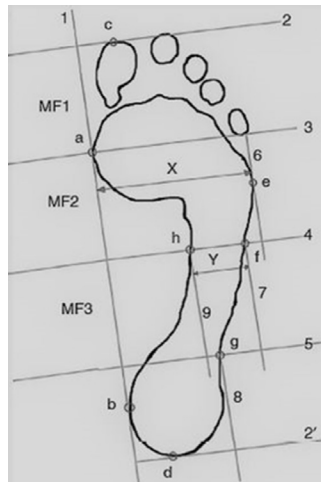
Las evaluaciones se separaron en dos días. El primer día se tomaron pruebas de composición corporal, se evaluó la huella plantar en ambos pies en estado de reposo, posición “erguido” con el método tradicional sobre papel y con el otro método se realizó con el uso de la aplicación Print and Exercise en posición de decúbito para tomar la foto de la huella plantar. Después de este proceso, se procedió a ejecutar la intervención de tipo aeróbico, la cual consistía en correr en una pista de 400 m durante 15 min, controlando la intensidad con la escala de percepción de esfuerzo de Borg entre el nivel 13 y 15 (Cabral et al., 2020). Luego se procedió a tomar la huella plantar de los dos pies en posición erguido con el método tradicional sobre papel; después, en posición de decúbito dorsal con la aplicación Print and Exercise y se hace la toma de la foto de ambos pies. El segundo día, se realizó toma de la huella plantar en reposo en posición erguido de ambos pies con el método tradicional sobre papel y con la aplicación Print and Exercise en posición de decúbito. Luego se dio instrucciones para ejecutar la intervención para pliometría, la cual consistía en hacer saltos a un cajón de 15 cm de alto por 15 min, manteniendo la intensidad con la escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES entre el nivel 6 y 8, permitiendo pausas de descanso según cada sujeto. Luego se procederá a repetir la toma de la huella plantar de ambos pies con la aplicación Print and Exercise.

## Instrumentos

El peso corporal se tomó con una Tanita BC585F (Rincón et al., 2020). La talla se tomó con un estadiómetro de pared, se tomó el perímetro de cintura con una cinta marca Rosscraft para antropometría según protocolo de ISAK (Perona et al., 2019). Las pruebas de huella plantar se realizaron con el uso de dos métodos, el primer método fue el Índice de Hernández Corvo 1987 (Ramírez, 2017),

$$IHC = (X - Y) \cdot 100 / X$$

Dónde: X es el ancho del metatarsiano, Y es la distancia existente entre los arcos (Y) y 100 es una constante, para luego aplicar la siguiente fórmula en la toma de la huella plantar del método tradicional y de la foto tomada con la aplicación Print and Exercise. Según el resultado de la fórmula, se clasificaron las huellas de cada pie y de ambos métodos (Figura 1).



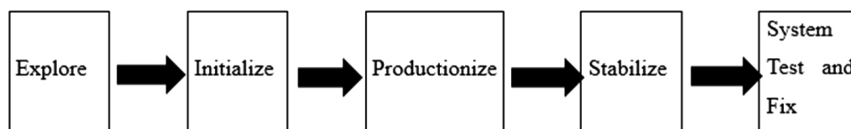
Foot Assessment	
0-34 %	Flatfoot
35-39%	Normal flat
40-54%	Normal
55-59%	Normal cavus
60-74%	Cavus
75-84%	Strong cavus
85-100%	Extreme cavus

**Figura 1.** Índice de Hernández Corvo (IHC)

Fuente: elaboración propia con base en Sánchez (2017).



El segundo procedimiento registrado con la aplicación Print and Exercise, mediante la captura de imagen de la huella plantar, toma de forma automática las medidas establecidas de acuerdo con el Índice de Hernández Corvo 1987, para determinar los parámetros en la distribución porcentual de la huella y sus modificaciones influenciadas por el tipo de actividad física o deportiva (Bardales-Cahua et al., 2020). Esta se crea bajo la metodología Mobile-D específica para el desarrollo de *software* basado en dispositivos móviles, para conseguir ciclos de desarrollo rápidos basados en metodologías estrictas como extreme programming y Crystal Methodologies (Mathur & Satapathy, 2019) (Figura 2).



**Figura 2.** Fases de la metodología Mobile-D

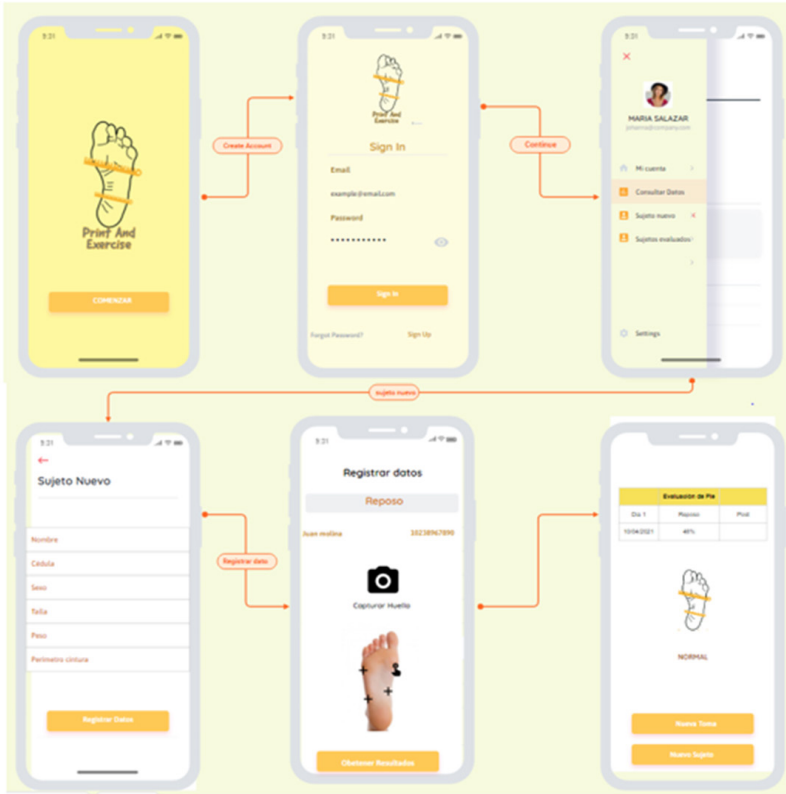
Fuente: Saputri y Amorita (2020).

A continuación, se muestran los resultados de visualización del diseño del aplicativo móvil basado en la arquitectura propuesta. Por medio de Wireframes, se evaluaron aspectos de navegación e interacción proporcionando una vista más clara del diseño, sus características y maquetación (Sutipitakwong & Jamsri, 2020) (Figura 3).

## Fase de prueba

Esta fase se encuentra en ejecución con el fin de validar el resultado del primer procedimiento para la toma de la huella plantar. Para esto se evaluarán:

- Criterios de aprobación y rechazo que permitan la identificación de errores leves, medios o graves.
- Prueba de usabilidad que evaluará la facilidad de interacción del usuario con el aplicativo.
- Estrategia de pruebas aplicada a funcionalidades de los módulos creados para cada interfaz, para validar los requerimientos funcio-



**Figura 3.** Mockup de panel de usuario y menú

Fuente: elaboración propia.

nales y no funcionales que abarcan desde la instalación hasta la comprobación de los resultados de la primera toma del procedimiento de la huella plantar.

- Por último, se hará un seguimiento y verificación de los posibles errores detectados en cada fase.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el *software* SPSS, versión 25 (Chicago, IL, USA). Se presentaron pruebas de normalidad y descriptivos en medias, desviación estándar, mínimo y máximo.

## Resultados

Se presentan pruebas de normalidad para el componente morfológico, con valor estadístico  $p > 0.05$  y descriptivos, método para reportar resultados según Domínguez (2018) en medias, desviación estándar, mínimo y máximo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Prueba de normalidad

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	$p > 0,05$
<b>Edad años</b>	18	23	20,7	1,7	,005*
<b>Peso (kg)</b>	45	80	63,1	10,8	0,155
<b>Talla (m)</b>	1,53	1,75	1,63	0,07	0,235
<b>IMC</b>	18,9	31,6	23,9	4,6	0,033
<b>Cintura (cm)</b>	58	95	76,9	11,5	0,64
<b>Índice cintura</b>	0,35	0,59	0,47	0,08	0,233
<b>Talla</b>	1,53	1,75	1,63	0,06	0,235

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de huella plantar de las fases de reposo e intervención con el método de resistencia aeróbica de ambos pies se presentan, según pruebas de normalidad, con valor estadístico  $p > 0.05$  y descriptivos en medias, desviación estándar, mínimo y máximo, de los resultados (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descriptivos y prueba de normalidad

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación	$p > 0,05$
<b>Pie Derecho reposo</b>	36,6	72,3	57,9	11,7	0,134
<b>Valor X reposo</b>	7,5	10,5	63,1	9,1	0,162
<b>Valor Y reposo</b>	2,6	6,3	4,1	1,1	0,270
<b>Pie Izquierdo reposo</b>	26	72,3	49,5	17,3	0,270
<b>Valor X reposo</b>	7,5	10,3	8,9	0,8	0,342
<b>Valor Y reposo</b>	2,6	7,4	4,9	1,7	0,056

Continúa tabla...

<b>Intervención Resistencia a 15 min en 400 m</b>					
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>p=&gt;0,05</b>
<b>Pie Derecho</b>	22,2	87,7	48,3	20,4	0,146
<b>Valor X</b>	5,4	10	8,4	1,4	0,029
<b>Valor Y</b>	3,2	7,5	4,9	1,6	0,019
<b>Pie Izquierdo</b>	22,6	62,3	45,1	15,7	0,006
<b>Valor X</b>	5,4	9,8	8,3	1,3	0,012
<b>Valor Y</b>	3,1	7,2	4,8	1,7	0,004

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 muestra los valores de huella plantar de las fases de reposo e intervención con el método de polimetría en banco de 15 cm de ambos pies, según pruebas de normalidad con valor estadístico  $p > 0.05$  y descriptivos en medias, desviación estándar, mínimo y máximo, de los resultados.

**Tabla 3.** Descriptivos y prueba de normalidad

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>p=&gt;0,05</b>
<b>Pie Derecho reposo</b>	12	72,2	52,7	19	0,013
<b>Valor X reposo</b>	7,7	10,5	8,6	0,8	0,001
<b>Valor Y reposo</b>	3	7,6	4,3	1,4	0,001
<b>Pie Izquierdo reposo</b>	19,5	7,2	53	16,7	0,011
<b>Valor X reposo</b>	7,5	9,6	8,4	0,6	0,236
<b>Valor Y reposo</b>	2,7	7,9	4,2	1,6	0,003
<b>Intervención de polimetría a 15 min en banco de 15 cm</b>					
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>p=&gt;0,05</b>
<b>Pie Derecho</b>	14,1	66,6	48,5	18,6	0,012
<b>Valor X</b>	5,3	9,5	8,1	1,2	0,003
<b>Valor Y</b>	2,5	7,3	4,4	1,7	0,022
<b>Pie Izquierdo</b>	15,5	66,2	47,5	16,5	0,052
<b>Valor X</b>	5,5	9	7,9	1,1	0,005
<b>Valor Y</b>	2,5	7,8	4,4	1,7	0,073

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra los niveles de correlación existentes en la primera prueba piloto de la aplicación Print and Exercise, frente al método tradicional para la toma de huella plantar.

**Tabla 4.** Correlación de *Pearson*. Prueba tradicional frente a prueba con *Print and Exercise*

		Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)
<b>Pie Derecho tradicional</b>	<b>Pie</b>	1,000**	0,000
<b>derecho Aplicación</b>			
<b>Pie Izquierdo tradicional</b>	<b>Pie</b>	1,000**	0,000
<b>Izquierdo Aplicación</b>			

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Estudios publicados por Lira y Ángel (2019) evidencian el uso de la prueba tradicional de huella plantar como una herramienta técnica para la valoración del comportamiento del pie, tanto en estados de reposo, como en posestados de entrenamiento, resultados que también se manifiestan en criterios de ergonomía y confort del sujeto. En este sentido, resalta la importancia de la distribución de las cargas corporales en la base de sustento del cuerpo.

Estudios como el de Cu et al. (2019) reportan la importancia del uso de la tecnología para generar procesos más eficientes dentro de la toma de huella plantar, no solo en su velocidad de análisis, sino también en su confiabilidad en los resultados y validez, lo cual soporta la relevancia de los resultados de la presente investigación, donde se entrega una primera prueba piloto arrojando un alto nivel de correlación entre el método tradicional y la aplicación Print and Exercise.

Se refleja así que es de suma importancia incluir cada día más el uso de la tecnología portátil en las mediciones, tanto funcionales como morfológicas del pie, dejando como evidencia la realización de tomas en estados de reposo y en estados posintervención de alguna acción física, así sea de perfil glucolítico como de perfil mitocondrial (Flockhart et al., 2021).

De acuerdo con lo anterior, se evidencia que la modificación de la huella plantar presenta cambios estructurales en sus ángulos y medidas después de una intervención física, lo cual modifica toda la mecánica de movimiento del sujeto, tanto la absorción de fuerza como su desempeño en las eficiencias técnicas de trabajo. Algunos estudios, realizados donde se evidencia el uso de la tecnología para la evaluación de la huella plantar, ya sugieren tener en cuenta los cambios morfológicos del pie según los atletas y sus acciones físicas (Zhang et al., 2020). Es claro que deben tenerse en cuenta factores bilógicos como la edad y factores morfológicos como el peso, perímetros de cintura y más componentes para ver la influencia de estos en la huella plantar.

La utilización de la aplicación Print and Exercise permitirá realizar tanto en el trabajo de campo, como bajo techo una captura mucha más rápida y eficiente de la huella plantar, para deportistas y personas que realicen actividad física. Esto cuando es comparada frente a los dos métodos más utilizados; uno tradicional, aplicado por muchos años, pero que presenta una logística muy engorrosa para entrenadores, estudiantes del área y personas evaluadas; y otro que se realizaría en laboratorio, lo cual implica una inversión económica mucho más alta en todo su procedimiento, en un país donde existen pocos espacios de ingreso libre para su utilización.

## Conclusión

Es importante descifrar con precaución los resultados de estudio y la toma de decisiones frente a este, ya que esta es una primera prueba para la validar y determinar un alto nivel de confiabilidad de la aplicación Print and Exercise. Aunque se presentan resultados con un alto nivel de confiabilidad y validez en los reportes de correlación de Pearson, también es claro que la población de estudio fue una muestra a conveniencia experimental basada en el estudio de Medina et al. (2017) con una población similar. Se enfatiza que se buscará ampliar la muestra para obtener rangos mucho más fuertes y válidos para el uso y posicionamiento de la aplicación referenciada. Se recomienda, así mismo, tener en cuenta los factores morfológicos, biológicos y funcionales, ya que durante las pruebas se evidencia que este tipo de factores

influyen en el comportamiento de la morfología de la huella de pie (Portilla & Zevallos, 2020).

## Referencias

- Alcacer, A., Epifanio, I., Ibáñez, M. V., Simó, A., & Ballester, A. (2020). A data-driven classification of 3D foot types by archetypal shapes based on landmarks. *Plos one*, *15*(1), e0228016.
- Asadi, A. (2014). Monitoring plyometric exercise intensity using rating of perceived exertion scale. *Physical Activity Review*, *2*, 10-15.
- Bardales-Cahua, M. A., Bardales-Vásquez, C. B., Rodríguez-Salvatierra, A. D., Rodríguez-Plasencia, C. C., & León-Torres, C. A. (2020). Influence of the Type of Sport in the Plantar Footprint, Peruvian Sports Institute-Trujillo Subsidiary. *The FASEB Journal*, *34*(S1), 1-1.
- Cabral, L. L., Nakamura, F. Y., Stefanello, J. M., Pessoa, L. C., Smirmaul, B. P., & Pereira, G. (2020). Initial validity and reliability of the Portuguese Borg rating of perceived exertion 6-20 scale. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *24*(2), 103-114.
- Chang, Y.W., Hung, W., Wu, H.W., Chiu, Y.C., & Hsu, H.C. (2010). Measurements of foot arch in standing, level walking, vertical jump, and sprint start. *International Journal of Sport and Exercise Science*, *2*(2), 31-38.
- Costea, M., Sarghie, B., Mihai, A., & Rezus, E. (2017). Classification of the elderly foot types based on plantar footprints. *Procedia engineering*, *181*, 36-43.
- Cu, L. A. F., López, S. C., González, H. R., & Lara, M. C. (2019). Interface for Contour Extraction and Determination of Morphologic Parameters in Digital Images of Footprints Based on Hernandez-Corvo Protocol. *Latin American Conference on Biomedical Engineering*, 367-376.
- Dominguez-Lara, S. (2018). Magnitud del efecto para pruebas de normalidad en investigación en salud. *Investigación en educación médica*, *7*(27), 92-93.
- Flockhart, M., Nilsson, L. C., Tais, S., Ekblom, B., Apró, W., & Larsen, F. J. (2021). Excessive exercise training causes mitochondrial functional impairment and decreases glucose tolerance in healthy volunteers. *Cell Metabolism*.
- Inui, K., Ikoma, K., Imai, K., Ohashi, S., Maki, M., Kido, M., Hara, Y., Oka, Y., Fujiwara, H., & Kubo, T. (2017). Examination of the correlation between foot morphology measurements using pedography and radiographic measurements. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, *56*(2), 298-303.
- Lira, A., & Angel, L. (2019). *Caracterización de la Huella Plantar del Personal Militar del Agrupamiento de Comunicaciones José Olaya-Tiabaya, Arequipa 2019*.
- Mathur, B., & Satapathy, S. M. (2019). An analytical comparison of mobile application development using agile methodologies. *2019 3<sup>rd</sup> International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 1147-1152.

- Medina, R., Zeas, A. L., Morocho, V., & Bautista, S. (2017). Footprint analysis using a low cost photo-podoscope. *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, 1-6.
- Naclerio, F., & Larumbe-Zabala, E. (2017). Relative load prediction by velocity and the OMNI-RES 0–10 scale in parallel squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(6), 1585-1591.
- Oliveira, V., Teixeira, L., & Ebert, F. (2020). On the adoption of kotlin on android development: A triangulation study. *2020 IEEE 27th International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)*, 206-216.
- Perona, J. S., Schmidt Rio-Valle, J., Ramírez-Vélez, R., Correa-Rodríguez, M., Fernández-Aparicio, Á., & González-Jiménez, E. (2019). Waist circumference and abdominal volume index are the strongest anthropometric discriminators of metabolic syndrome in Spanish adolescents. *European journal of clinical investigation*, *49*(3), e13060.
- Portilla Bartolo, A. C., & Zevallos Vivas, K. P. (2020). *Asociación entre índice de masa corporal y el arco de pie en niños de 6 a 10 años de la Institución Educativa Nuestra Señora de las Mercedes, 2019*.
- Ramírez, C. S. (2017). Análisis de dos métodos de evaluación de la huella plantar: Índice de Hernández Corvo vs. Arch Index de Cavanagh y Rodgers. *Fisioterapia*, *39*(5), 209-215.
- Rincón, C. A. Y., Perdomo, L. R., & Vargas, M. E. S. (2020). Correlación entre la fuerza abdominal determinada mediante dos pruebas y la composición corporal. *Revista Siembra CBA*, *1*, 97-103.
- Robledo Fernández, D. (2014). *Desarrollo de aplicaciones para Android II*. Ministerio de Educación.
- Sahrman, S., Azevedo, D.C., & Van Dillen, L. (2017). Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Brazilian journal of physical therapy*, *21*(6), 391-399.
- Saputri, N. A. O., & Amorita, E. (2020). E-Lelang Barang Antik Berbasis Mobile Pada Komunitas Pecinta Antik Kreatif Sriwijaya Palembang Menggunakan Metode Mobile-D. *Jurnal Pengembangan Sistem Informasi dan Informatika*, *1*(2), 128-137.
- Setuain, I., González-Izal, M., Alfaro, J., Gorostiaga, E., & Izquierdo, M. (2015). Acceleration and orientation jumping performance differences among elite professional male handball players with or without previous ACL reconstruction: An inertial sensor unit-based study. *PM&R*, *7*(12), 1243-1253.
- Sutipitakwong, S., & Jamsri, P. (2020). Pros and Cons of Tangible and Digital Wireframes. *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1-5.
- Taş, S., & Çetin, A. (2019). An investigation of the relationship between plantar pressure distribution and the morphologic and mechanic properties of the intrinsic foot muscles and plantar fascia. *Gait & posture*, *72*, 217-221.
- Thomas, P. J., Delía, L. N., Corbalán, L. C., Cáseres, G., Fernández Sosa, J., Tesone, F., Aguirre, V., Olsowy, V., & Pesado, P. M. (2020). Enfoques y tendencias en el desa-



rollo de aplicaciones para dispositivos móviles. 22.º *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2020, El Calafate, Santa Cruz)*.

- Tong, J. W., & Kong, P. W. (2013). Association between foot type and lower extremity injuries: Systematic literature review with meta-analysis. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 43(10), 700-714.
- Zhang, L., Yu, D., Lei, L., Gao, Y., Dong, J., Yu, Z., & Yuan, Y. (2020). Validity of Two-Dimensional Static Footprint in Medial Longitudinal Arch Evaluation and the Characteristics of Athletes' Footprints. *bioRxiv*.



## **PARTE 2**

# **Ejercicio físico y salud**



# Introducción

**Francisco Javier Rodríguez Valero**  
**Milena Santamaría Romero**

*Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"*

La sociedad moderna, a la par de su desarrollo, ha traído consigo nuevas realidades en torno de los conceptos de salud y enfermedad. Así, en las últimas décadas, se ha centrado la atención global hacia los conceptos de promoción de la salud y prevención de la enfermedad, encaminándolos hacia el paradigma de bienestar. De acuerdo con la definición de la OMS "la salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades". Esta definición nos ubica en un ser humano complejo, donde el cuerpo físico representa solo una parte de su integridad y los componentes mental y social juegan un rol importante en la salud.

Atendiendo a esto, cobra relevancia la idea de centrar los esfuerzos en brindar elementos que aporten en la discusión de las políticas públicas la promoción de la salud como estrategia de prevención de la enfermedad, mediante la creación de hábitos de vida saludable. La primera, incentivando aspectos positivos hacia el mantenimiento de los estándares necesarios para mantener nuestra condición natural de equilibrio y, la segunda, en función del análisis de las condiciones de desequilibrio del organismo propiciando una disminución de las capacidades funcionales y laborales, pero que además afectan aspectos económicos en el sistema de salud, el sistema productivo y, sobre todo, en el bienestar del individuo y su entorno.

La promoción de la salud trae de forma directa el diseño de políticas públicas en salud y la promoción de hábitos de vida saludables, como pueden ser la determinación de aspectos esenciales para una alimentación sana, el fortalecimiento de programas de actividad física, la disminución en el consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillo y el manejo del estrés, la ansiedad y, en general, las respuestas a los desafíos cotidianos. A su vez, la prevención de la enfermedad suele ocuparse de la identificación de factores de riesgo, la prevalencia de ciertas condiciones consecuencia de las malas prácticas o el no desarrollo de hábitos saludables desde edades tempranas. La sinergia en la implementación conjunta de estos dos factores genera la necesidad de comenzar a implementar dinámicas preventivas de manera sistemática, para que cada vez, se necesite invertir menos recursos humanos y económicos en las respuestas correctivas. Todo esto guiando los procesos de nuestra sociedad hacia la toma de conciencia en el beneficio que genera el prevenir sobre el corregir, siendo de esta fórmula una inversión, más que un gasto en políticas de Estado.

El ámbito educativo cumple una función esencial en la creación de esos hábitos necesarios para cultivar y promover la salud y el bienestar en la sociedad. Esto es posible de llevarse a cabo con el apoyo de las instituciones y el conocimiento de los profesionales que se desenvuelven en el ámbito de la salud. En este orden de ideas, las instituciones de educación superior son las llamadas a liderar procesos de formación en sus programas académicos y en sus proyectos de investigación, que contribuyan a la generación de un nuevo orden en el conocimiento, sensibilización y conciencia en los futuros profesionales que se forman en las diferentes áreas de conocimiento, direccionadas a la cultura del autocuidado y en las áreas de formación donde el cuerpo y la corporeidad son eje y objeto de estudio.

El papel del educador físico debe ser protagonista directo de los procesos de reflexión y ejecución que giran en torno que giran en torno a la promoción de la salud. Puesto que su rol profesional impacta, impacta, tanto el ámbito educativo, la salud, así como en el entorno laboral; él o ella encontrará en su ejercicio docente (donde el movimiento se presenta como herramienta de conocimiento primordial) un escenario ideal para abordar el cuerpo y al ser humano desde un lugar integral, aportando elementos que

desde y hacia el cuerpo permitan en sus estudiantes una consciencia de prevención y cuidado de sí mismos, del otro y de su entorno.

En respuesta a la necesidad de abordar la promoción de la salud y el ejercicio físico como temáticas capaces de cambiar paradigmas socioculturales y de políticas institucionales, de concebir las universidades como semilleros de proyectos de investigación que aporten a este objetivo (primero de forma local y después, con alcances más ambiciosos) y por último, entendiendo que todas estas acciones deben dar respuesta a las características específicas de los contextos particulares, como por ejemplo los cambios físicos, socioemocionales y comportamentales que sobre la sociedad tienen eventos como la pandemia generada por el COVID-19 o el impacto de las Enfermedades No Trasmisibles (ENT) que afectan en gran medida a buena parte de la población de países latinoamericanos y particularmente al nuestro, donde se ha incrementado de forma progresiva, tanto en la población infantil, como en los adultos jóvenes, presentamos en esta publicación seis artículos que, desde varias perspectivas y abordando diferentes temáticas, abren caminos que nos acercan a la construcción de conocimiento en el área de la promoción en salud.

El capítulo 4, “Pandemia por coronavirus: impacto en los niveles de ansiedad en escolares de Bogotá, Colombia”, es un estudio descriptivo, transversal y cuantitativo del impacto de la pandemia del COVID-19 sobre los niveles de ansiedad en la población escolar entre los 12 y los 17 años de la localidad de Suba, mediante la aplicación del cuestionario Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo, para la determinación de los niveles de Ansiedad-Estado (A/E) y Ansiedad-Rasgo (A/R). Frente a A/E, son los hombres quienes presentan casos con nivel alto en esta variable. En los niveles de A/R, los hombres tienen mayor presencia que las mujeres en bajo nivel, pero cambia con mayor número de mujeres en la categoría moderada; el nivel alto se comporta de manera similar para ambos. Se concluye que toda la población presenta algún nivel de ansiedad y los hombres presentan los niveles más altos en A/E y A/R.

El capítulo 5, “Perfil de actividad física juvenil en escolares en confinamiento, Zipaquirá, Colombia”, busca establecer el perfil de actividad física juvenil en adolescentes escolares para fomentar estrategias de promoción

de la salud durante el confinamiento; este estudio se aplicó a tres grupos etarios en estudiantes entre los 12 y los 17 años, dejando en evidencia una disminución en la práctica de actividades de intensidad moderada a vigorosa (MVPA) en los adolescentes a medida que la edad se incrementa.

El capítulo 6, “Obesidad total y central y fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos” explicita los hallazgos de la investigación Relación entre la obesidad total y central con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos de 5 años, la cual busca determinar la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y el perímetro de cintura (PC) con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos, mediante la valoración de la obesidad total con el IMC y la obesidad central partiendo del PC, mientras que el fitness cardiorrespiratorio se evaluó con el PREFIT 20 m shuttle run test. Se concluye que la obesidad total y central no se relacionan con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos. Esta investigación forma parte del proyecto “Valoración de la coordinación motriz e indicadores de riesgo cardiovascular en escolares de la ciudad de Cúcuta”.

El capítulo 7, “Evaluación de la actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia”, estudia los niveles de actividad física de habitantes de la localidad 11, por medio de un cuestionario estandarizado (IPAQ); la población se selecciona de forma aleatoria por conveniencia, con un total de 2000 personas (1048 hombres y 952 mujeres); esta información se reúne a partir de datos antropométricos. Se recolectó la información sobre sexo, edad, nivel escolar, sistema de salud, condición motora, antecedentes familiares, con las cuales se determinó el Índice de Masa Corporal (IMC). Se concluye que la tendencia de desarrollo a generar obesidad por parte de la población, que actualmente es más prevalente en hombres que en mujeres, genera la necesidad de desarrollar programas de prevención y promoción para adherir estilos de vida más saludables y mitigar la aparición de enfermedades en el tiempo. Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación de intervención en actividad física de la localidad 11, en el Distrito Capital del Grupo de Investigación Ciencias del Deporte y la Actividad Física, de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

El capítulo 8, “Riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia”, examina el riesgo cardiovascular en el COBB, a



2600 metros sobre el nivel del mar, por medio de la determinación de variables morfológicas, una encuesta de recordación alimentaria y de la fuerza prensil como el primer predictor de riesgo en esta población con diferentes biomarcadores. Concluye que la asociación entre fuerza prensil, sobrepeso-obesidad y perímetro de cintura muestra un OR mayor a 1, presentando intervalos de confianza significativos. Con la variable bioquímica, el colesterol total presenta asociación OR más alta que las demás variables, demostrando que valores bajos de fuerza prensil representan 1,6 veces más riesgo de presentar valores altos de colesterol total en esta población. Esta investigación hace parte del Grupo de Investigación en Actividad Física y Deporte SENA Bogotá, del Centro de Formación en Actividad Física y Cultura SENA.

El capítulo 9, “Factores de riesgo cardiovascular y ejercicio físico en trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia”, analiza la relación entre la práctica de ejercicio físico y la prevalencia de factores de riesgo cardiovascular en trabajadores de dicho ministerio en Bogotá. Se contó con un total de 1149 datos y se logró identificar los beneficios generados en los funcionarios del citado ministerio, tras la implementación y participación de estos en un programa de actividad física programada, con un impacto significativo en la reducción de hábitos no saludables y la reducción de enfermedad cardiovascular. Este capítulo hace parte de los resultados del proyecto de investigación “IMC vs. Factores de riesgo en trabajadores del Ministerio de Transporte, sede Bogotá”, del Grupo de Investigación Cuerpo, Sujeto y Educación de la Universidad Santo Tomás.



# Pandemia por coronavirus: impacto en los niveles de ansiedad en escolares de Bogotá, Colombia

# 4

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.04>

**Francisco Javier Rodríguez Valero**

*Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"*

**Resumen.** Este capítulo analiza el impacto de la pandemia por el COVID-19 en los niveles de ansiedad en escolares de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia. Metodología: a una muestra de 120 hombres y 134 mujeres, en edades entre 12 y 18 años, se aplicó el cuestionario Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo, para la determinar los niveles de Ansiedad-Estado (A/E) y Ansiedad-Rasgo (A/R). Resultados: frente a A/E, más hombres que mujeres presentan bajos niveles, cambiando en el nivel moderado con 39 mujeres y 10 hombres. En los niveles de A/R, los hombres tienen mayor presencia en bajo nivel, pero cambia con mayor número de mujeres en la categoría moderada. Se concluye que, aunque toda la población presenta ansiedad, los hombres muestran los niveles más altos en A/E y A/R.

**Palabras clave:** aislamiento social; ansiedad; coronavirus; escolares; pandemia

### Francisco Javier Rodríguez Valero

Magíster en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física, Universidad Manuela Beltrán, Colombia. Especialista en Biometodología del Entrenamiento Deportivo, UDCA, Colombia. Licenciado en Educación Física, Recreación y Deportes, Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5808-4572> - Contacto: [francisco.rodriguez@esmic.edu.co](mailto:francisco.rodriguez@esmic.edu.co)

**Citación APA:** Rodríguez Valero, F. J. (2024). Pandemia por coronavirus: impacto en los niveles de ansiedad en escolares de Bogotá, Colombia. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 103-120). Sello Editorial ESMIC.  
<https://doi.org/10.21830/9786289640205.04>

### Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova"

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

El sector educativo de la ciudad de Bogotá (Colombia), donde se vinculan alrededor de 2242 instituciones públicas y privadas que se encuentran en diferentes niveles de formación, 386 de estas, distritales y 1846, privadas, ha sido uno de los segmentos donde la población más afectada ha sido por todas las secuelas de lo vivido durante 2020, por la pandemia del COVID-19 (SARSCOV-2), situación mundial para la cual nadie estaba preparado, y que, junto a las decisiones tomadas por las entidades gubernamentales, propició situaciones de aislamiento individual y confinamiento obligatorio (AICO), durante largos periodos de tiempo.

Según Virues (2005), debido a lo inesperado de la situación, las distintas acciones que se desarrollaron para reducir el efecto inmediato que la pandemia provocaba, intentando controlar la velocidad en la propagación del virus, el número de contagios y de muertes nos expuso a diferentes escenarios poco manejables, como el aislamiento y el encerramiento, generando un gran impacto en todos los componentes de la salud de los individuos.

La sociedad actual, con su agitado ritmo de vida, ha propiciado la presencia de enfermedades físicas y psicológicas, condiciones de salud adversas generadas por factores, como la competitividad laboral, la productividad o el consumismo de sociedades eminentemente capitalistas. Así, la Organización Mundial de la Salud (2001) reconoce la ansiedad como un trastorno mental propio de la sociedad moderna y de presencia frecuente en toda la población alrededor del mundo, con cifras de 450 millones de personas con algún tipo o nivel de trastorno mental.

De acuerdo con lo anterior, la ansiedad se presenta en gran parte de los individuos, aunque su desarrollo depende del nivel de activación del sistema nervioso (Virues, 2005), entendiéndose que la exposición a la situación actual vivida generará niveles fuera de lo normal debido al tiempo de exposición ante el estímulo. Según estudios, como el realizado por la American Psychiatric Association (APA) (2013), los trastornos de ansiedad pueden ir desde estados paroxísticos ansiosos como los ataques de pánico y las crisis de angustia, hasta la presencia de temores, miedos irracionales o preocupaciones excesivas de manera que se pueden clasificar de formas diferentes.

Las decisiones de las instituciones gubernamentales produjeron situaciones atípicas, de modo que la convivencia, los niveles de salud física, la salud mental y el cambio en el ámbito laboral generaron grandes dificultades a todos los individuos en general, pero, de manera directa, a los niños, jóvenes y adolescentes en la ciudad, motivo por el cual este estudio pretende establecer cuáles son los niveles de ansiedad causados por la pandemia de COVID-19 sobre la población escolar de la localidad de Suba (11) en el norte de la ciudad de Bogotá, D.C.

## Marco teórico

Según la OMS (2001), la salud mental abarca varios aspectos tales como el bienestar subjetivo, los niveles de percepción de la eficacia propia, la competencia, la autonomía, la dependencia entre las generaciones y la realización personal, tanto de la capacidad emocional, como la intelectual, sin llegar a un concepto global, de tal forma que teniendo en cuenta la incidencia de todos los factores mencionados, puede asumirse que la salud mental será resultado del equilibrio de estos.

Los trastornos mentales, según la Organización Panamericana de la Salud (1992), se caracterizan por la combinación de las anomalías de los procesos de pensamiento, el manejo de las emociones, las formas de comportamiento y las relaciones con los demás; de la misma forma, ubica la ansiedad dentro de la categoría de los trastornos neuróticos, trastornos relacionados con el estrés y trastornos somatomorfos. Desde el punto de vista de la salud mental, la ansiedad es uno de los problemas de tipo psicológico con mayor prevalencia en la sociedad; esta patología es a veces asociada a otras condiciones como la angustia, la inquietud o el miedo, por lo que es importante establecer su concepto.

Para López y Valdés (1995), la ansiedad se establece como un estado emocional, no placentero acompañado de diferentes reacciones cognitivas, junto a las adaptaciones tanto fisiológicas como comportamentales, lo cual es corroborado por APA (2000, 2013). Según Sarudiansky (2013), la primera diferenciación que se presenta entre la ansiedad, la angustia y la inquietud está relacionada con la capacidad que tiene el individuo para

generar sufrimiento; así, para definir la ansiedad, debe tenerse en cuenta si esta es de carácter circunstancial (aguda o transitoria) o de carácter permanente (crónico).

Para identificar el nivel de ansiedad, determinar si corresponde a una condición de estado o de rasgo, el instrumento más utilizado es el State-Trait Anxiety Inventory (STAI), desarrollado por Spielberger, Gorsuch y Lushene entre 1964 y 1970 (Spielberger, 1994; Vera et al., 2007), donde se estructuran dos escalas, cada una de 20 ítems, las cuales evalúan los niveles de estado y rasgo de ansiedad; separando la intensidad de la experiencia transitoria de una situación específica, o en un lapso de tiempo determinado de las diferencias individuales en la similitud de la forma de experimentar ansiedad, en diferentes momentos o situaciones.

Posteriormente, se realizó la validación del cuestionario en su versión española en 1982 (Universidad Complutense de Madrid, 2006), versión adaptada a la población chilena (Pérez, 1991) y, en Colombia, se ha utilizado el instrumento aplicándolo en diferentes estudios, donde se realizó la validación del cuestionario para el contexto nacional, como el estudio realizado por Del Río et al. (2018), en población drogodependiente contrastando los datos con grupos control; otro de los estudios realizó la validación del Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo, en escolares (Castrillón et al., 2005), así como el realizado por Ocampo (2007), para establecer el análisis correlacional del cuestionario en adolescentes y universitarios en Medellín, entre otros.

La presencia de circunstancias para las cuales el individuo no está preparado y de forma natural no ha experimentado, como AICO, provocadas por las decisiones tomadas en un intento de contención de los contagios y muertes producidas por el COVID-19 (Díaz-Castrillón, 2020; Aragón-Nogales, 2020), favorece que se presente una desestabilización de los diferentes sistemas, alterando las condiciones normales del estado de salud mental. De hecho, es importante establecer que, si en los adultos estas condiciones no naturales generan altos niveles de ansiedad, el impacto que puede generar en los escolares es aún mayor ya que poseen menos elementos para poder manejar y afrontar dicha condición.

En condiciones normales, llevar a cabo diversas actividades dentro de la rutina diaria permitirá que los escolares, que en su mayoría son adolescentes, puedan establecer y fortalecer sus relaciones sociales (personales y familiares), favorecer su crecimiento y desarrollo físico, logrando establecer su personalidad, tal como lo refiere Güemes et al. (2017); pero con las condiciones dadas durante la pandemia, de aislamiento y confinamiento (AICO), puede incrementarse la presencia de enfermedades relacionadas con el sedentarismo, debido a la baja posibilidad de realizar ejercicio o actividad física, dificultades en los procesos de socialización. Sin embargo, el impacto más significativo puede establecerse en la estabilidad emocional, particularmente, en los niveles de ansiedad que la presencia continua de un estímulo negativo haya podido causar producto del AICO al que fueron sometidos por más de seis meses.

Ese mismo confinamiento y aislamiento también favoreció la presencia de inactividad física, aspecto que en el medio y largo plazo puede significar un aumento en las tasas de Enfermedades No Transmisibles (ENT), enfermedades que se originan por aspectos diferentes a una infección aguda, generando consecuencias para la salud a largo plazo y creando necesidad de tratamiento y cuidados, definido así por la Organización Panamericana de la Salud (2017); situación esta ya preocupante, teniendo en cuenta las cifras de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN) en Colombia (ICBF, 2015), donde menos del 50 % de los colombianos realiza el mínimo de actividad física recomendada. Respecto de los datos obtenidos en Bogotá, se identificaron cambios negativos; se evidenció que los niños de 5 a 17 años presentaron condición de sobrepeso en un 16,4 % y obesidad en un 4,6 % de los casos, es decir, cerca de un 21 % presentan exceso de peso, dato que comparativamente con el 2005 aumentó, pues estaba en 17,4 %.

De la misma forma, como factor adicional se incrementó la presencia de actividades pasivas como ver televisión o hacer uso de los diferentes elementos tecnológicos como el computador o el celular, lo cual, frente a los datos de la misma ENSIN, que refleja que la población de niños y adolescentes en Bogotá que se encuentran en las edades comprendidas entre 5 y 12 años en un 69,9 % dedican más de dos horas a ver televisión y a los video-



juegos, cifra que solo es superada por la región de Cundinamarca. Bogotá presentó una prevalencia de sobrepeso en los niños y adolescentes del 76,6 %, comprendidos en las edades entre 13 a 17 años; mientras que en las personas adultas de 18 a 64 años cumplen con las recomendaciones de la OMS al acumular 150 min semanales de AF, donde un 18,3 % realiza estas tareas en su tiempo libre, el 45,5 % lo realiza por actividades de caminata y 4,3 % emplea la bicicleta como su medio de transporte respectivamente (Fajardo, 2012).

En relación con lo anterior, los habitantes de Bogotá presentan altos índices de inactividad física y aumento en los indicadores de sobrepeso y obesidad, así que la promoción de la salud mediante programas institucionales se ha hecho fundamental para combatir este problema, con programas, como Muévete Bogotá, que buscan implementar estrategias pedagógicas, promocionales así como de intervención para modificar las condiciones y estilo de vida de quienes habitan el Distrito Capital, con la acumulación de por lo menos 150 min de AF a la semana en los adultos y la realización de 1 hora al día en niños y adolescentes, buscando mejorar la calidad y expectativa de vida (Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte [SCRD], 2013). La localidad (11) de Suba no es la excepción, al implementar programas desde la administración local. Mediante el programa “Deporte, Actividad Física y Recreación para Suba”, ha emplazado algunos escenarios para la práctica deportiva que permiten la inclusión de toda la comunidad, teniendo en cuenta aquellos sectores vulnerables que no contaban con la posibilidad de ejercitarse por la falta de espacios y programas que incentivan la práctica de actividad física (González et al., 2014). Según datos de la Secretaría de Planeación Distrital (2009), sobre aspectos físicos, con datos demográficos y socioeconómicos propios de la localidad, se encontró que existen 21 equipamientos recreativos y deportivos, 1 centro hípico, 15 clubes privados y 1 coliseo. En relación con parques, según la base de datos aportada por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD), en esta localidad se encuentran 801 parques que suman 3.718.019 m<sup>2</sup>, espacio que corresponde a 3,7 m<sup>2</sup> por habitante, el noveno indicador más bajo respecto del promedio que presentan las demás localidades, por debajo del promedio en que se ubica la ciudad que registra 4,3 m<sup>2</sup>/habitante.

Teniendo en cuenta lo descrito, la inactividad física, el incremento en el uso y realización de actividades pasivas, un AICO durante un largo periodo han sido elementos propicios para que se incrementen los niveles de estrés, ya que los adolescentes durante ese lapso no tuvieran mecanismos para descargar el alto grado de tensión, frustración e incomodidad que les generaba la condición vivida, esto sin considerar el impacto del incremento de las tensiones intrafamiliares por el forzado ejercicio de la convivencia 24 horas al día, siete días a la semana. Así, mediante este estudio se pretende determinar cuáles son los niveles de Ansiedad-Estado (nivel de afectación) y Ansiedad-Rasgo (frecuencia de ocurrencia) en los escolares de secundaria de la IED Nueva Zelandia, en la localidad de Suba.

## Objetivo general

Determinar el nivel de ansiedad causado por la pandemia de COVID-19 sobre la población escolar de la IED Nueva Zelandia, en la localidad de Suba en Bogotá, D.C.

## Metodología

### Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo, ya que el interés fundamental es describir la condición de Ansiedad Estado-Rasgo de los escolares de una institución de carácter público de Bogotá; de corte transversal (Hernández, 2000), pues la finalidad es conocer la prevalencia de cierta variable en un momento determinado; con un diseño metodológico de tipo cuantitativo, pues se establecerán los niveles de Ansiedad Estado-Rasgo de los participantes.

### Población

La población objeto de estudio está conformada por 254 escolares matriculados en la Institución Educativa Distrital Nueva Zelandia, de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia; la muestra se determinó compuesta por 120 hombres (47,2 %) y 134 mujeres (52,8 %), en edades comprendidas entre

los 12 y los 18 años, con una edad promedio de 14,5 años, que cumplían con los criterios de inclusión, todo el proceso se realizó de forma virtual teniendo en cuenta que se desarrolló en el segundo semestre de 2020, cuando recién se vislumbraba la posibilidad de salir del aislamiento y el confinamiento (AICO).

## **Métodos**

Para esta investigación se utilizó el cuestionario STAI, consistente en dos escalas, cada una de 20 ítems, que permiten evaluar los niveles de estado y rasgo de ansiedad. La primera escala de la Ansiedad-Estado (Spielberger, 1966) se refiere al estado transitorio de ansiedad, que, de manera consciente, se percibe por el individuo, lo cual genera el aumento de la actividad en el sistema nervioso autónomo. La segunda escala de Ansiedad-Rasgo se refiere al comportamiento de predisposición que presenta el individuo para percibir diversas situaciones como amenazantes, situaciones que son permanentes en el tiempo (Spielberger, 1966).

Para la aplicación del instrumento, en el contexto de aislamiento, se hizo uso de la herramienta Google Forms, mediante la cual se presentó el cuestionario STAI para su diligenciamiento, una vez los escolares hubieran cumplido con los criterios de inclusión; en el procesamiento de los datos se utilizó el *software* Microsoft Excel y *Software* estadístico SPSS versión 25 para el desarrollo del proceso estadístico. Aplicado el cuestionario STAI, se procedió a categorizar la población sujeto de estudio

## **Criterios de inclusión**

1. Diligenciar los formatos completos (consentimiento y asentimiento informados).
2. Estar oficialmente matriculados como estudiantes regulares de la institución educativa.
3. Tener diligenciadas completamente las dos escalas que evalúan la condición de Estado-Rasgo de Ansiedad.

## Criterios de exclusión

4. No completar el proceso de diligenciamiento de las dos escalas de evaluación en la condición Estado-Rasgo de Ansiedad.
5. No haber firmado uno o los dos documentos de autorización (consentimiento y asentimiento informado).
6. Tener condición médica específica relacionada con situaciones psicológicas que tengan en tratamiento al estudiante.

## Consideraciones éticas

El estudio se desarrolló dando cumplimiento a todos los parámetros establecidos para investigaciones con seres humanos por la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) y cumpliendo con toda la normatividad colombiana, legal, vigente establecida para regular la investigación clínica en humanos (MinSalud, 1993) que establece que la investigación es de bajo riesgo para los participantes.

Todos los participantes del estudio firmaron el consentimiento informado y a su vez se les solicitó a sus padres, el diligenciamiento de dicho consentimiento, que contenía el objetivo del estudio, la explicación del proceso, la descripción de los riesgos, beneficios y aportes que se obtendrían con el desarrollo de la investigación. El autor declara no tener ningún conflicto de intereses para adelantar la investigación.

## Resultados

Los datos obtenidos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS Statistics, versión 26, con un nivel de confianza del 95 % y un p-valor del 0,05. La conformación de la muestra es de 254 participantes, de los cuales 134 son mujeres y 120, hombres (Tabla 1), distribuidos por edad; el rango de edad va desde los 12 hasta los 18 años, con una media de 14,52 y una desviación estándar de 1,374; la edad de 18 años es la que menos presencia tiene en el grupo con 2 sujetos, mientras que entre los 13 a 15 años se presenta la mayor cantidad de participantes. (Tabla 2).

**Tabla 1.** Conformación de la población objeto de estudio

Género		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Femenino	134	52,8	52,8	52,8
	Masculino	120	47,2	47,2	100,0
<b>Total</b>		<b>254</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.** Distribución por edad de la población objeto de estudio

Edad		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	12	16	6,3	6,3	6,3
	13	49	19,3	19,3	25,6
	14	59	23,2	23,2	48,8
	15	70	27,6	27,6	76,4
	16	38	15,0	15,0	91,3
	17	20	7,9	7,9	99,2
	18	2	,8	,8	100,0
<b>Total</b>		<b>254</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: elaboración propia.

La institución en la cual se desarrolló el estudio cuenta con población desde el grado séptimo hasta el grado undécimo, tal como lo muestra la Tabla 3. Tienen mayor número de participantes los grados octavo y noveno a diferencia de los grados séptimo y undécimo cuya participación fue baja.

**Tabla 3.** Participación por grado de la población objeto de estudio

Grado		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Séptimo	25	9,8	9,8	9,8
	Octavo	88	34,6	34,6	44,5
	Noveno	79	31,1	31,1	75,6
	Décimo	44	17,3	17,3	92,9
	Undécimo	18	7,1	7,1	100,0
<b>Total</b>		<b>254</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4.** Ansiedad-Estado por género de la población objeto de estudio

Género*AE		Recuento			
Baja		AEF Moderada	Alta		Total
Género	Femenino	95	39	0	134
	Masculino	106	10	4	120
	<b>Total</b>	<b>201</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>254</b>

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de la A/E por género, las mujeres presentan una baja presencia de esta ansiedad (95) mientras que los hombres en esta categoría están en mayor número con un total de 106. Sin embargo, en la categoría moderada, aumenta la presencia femenina (39) es mayor que la masculina (10), como aspecto significativo se identificaron 4 casos que presentan una categoría alta en el grupo de los hombres, donde las mujeres no ubican a ninguna de las participantes, como se observa en la Tabla 4.

En cuanto al análisis de la A/R por género, la Tabla 5 muestra que los hombres (99) tienen una mayor presencia en la categoría de baja ansiedad que las mujeres (86), caso contrario sucede en la categoría moderada, donde las mujeres con 43 participantes tienen mayor presencia que los hombres con 16; en relación con la categoría alta, se evidencia un número similar en ambos géneros con 5 participantes.

**Tabla 5.** Ansiedad-Rasgo por género de la población objeto de estudio

Género*AR		Recuento			
Baja		AR Moderada	Alta		Total
Género	Femenino	86	43	5	134
	Masculino	99	16	5	120
	<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>59</b>	<b>10</b>	<b>254</b>

Fuente: elaboración propia.

En el análisis de la A/E por edad, los rangos de 15 años con 52 casos, 14 años con 47 casos y 13 años con 46 casos son las edades con mayor presencia en la categoría baja; con relación a la categoría moderada, las edades de 14 a 16 años son las que presentan mayor población con 10, 17

y 14 participantes respectivamente; en la categoría alta, en el rango de 15 y 17 se presenta un caso y en los 14 años se encuentran 2 casos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Ansiedad-Estado por edad de la población objeto de estudio

Edad*AE					
Baja	AEF Moderada		Alta	Total	
Edad	12	14	2	0	16
	13	46	3	0	49
	14	47	10	2	59
	15	52	17	1	70
	16	24	14	0	38
	17	16	3	1	20
	18	2	0	0	2
<b>Total</b>	<b>201</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>254</b>	

Fuente: elaboración propia.

El análisis de la A/R por edad, los rangos de 15 años con 46 casos, 14 años con 44 casos y 13 años con 40 casos son las edades con mayor presencia en la categoría baja, con un total de 185 participantes en esta condición; con relación a la categoría moderada la edad de 15 años con 21 participantes es la que presenta mayor población con 21 casos, seguida de los 14 y 16 años con 10 participantes y un total de 59 participantes ubicados en esta; en la categoría alta, las edades de 16 años con 2, 15 años con 3 y 14 años con 5 son las que presentan casos, siendo un total de 10 casos los identificados para la categoría (Tabla 7).

**Tabla 7.** Ansiedad-Rasgo por edad de la población objeto de estudio

Edad*AR					
Recuento					
Baja	AR Moderada		Alta	Total	
Edad	12	15	1	0	16
	13	40	9	0	49
	14	44	10	5	59
	15	46	21	3	70
	16	26	10	2	38
	17	13	7	0	20
	18	1	1	0	2
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>59</b>	<b>10</b>	<b>254</b>	

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

Teniendo en cuenta que el protocolo de aplicación de la prueba establece de forma específica que se debe aplicar primero la parte A/E y posteriormente la parte A/R, es importante destacar que desde el diseño la parte A/E será susceptible a las condiciones propiciadas por la atmósfera emocional del sujeto (Spielberg et al, 1997); al ser la población escolar en su mayoría adolescente es importante considerar, tal como lo define Latorre (2004), que esta etapa se caracteriza por grandes cambios en los aspectos psico-sociales, cognitivos, físicos pero sobre todo emocionales, siendo determinantes en otras etapas de la vida; así mismo, se convierte la estabilidad emocional en factor reductor del riesgo ante el consumo de alcohol o de drogas ya que el desarrollo de la capacidad de control de las emociones permitirá una mejor gestión de aspectos como la tristeza, la frustración y la decepción, entre otras.

Para Contreras et al. (2005), la ansiedad es ante todo una respuesta o conjunto de respuestas producto de un alto nivel de excitación del sistema nervioso autónomo que se expresa con comportamientos poco ajustados a la realidad y escasamente adaptativos a la misma; siendo esta capacidad de adaptación la que favorecerá o no la presencia de los diferentes niveles de ansiedad. De forma particular, en la situación propiciada por la pandemia de COVID-19, como lo plantea Cardozo (2021), aquellos individuos que presentan altos niveles de ansiedad podrían interpretar sensaciones corporales inofensivas como en extremo amenazantes como lo sería poder infectarse con un virus desconocido afectando su capacidad para tomar decisiones racionales y propiciando conductas desadaptadas de la realidad.

En adición a lo anterior, la presencia de nuevas formas de enseñanza ante las cuales no se está habituado se presenta como motivo directo para la presencia de cierto grado de tensión, lo cual puede conllevar presencia de estrés y ansiedad, puesto que puede favorecer la presencia de condiciones particulares tales como el cansancio, el aburrimiento y en algunos casos miedo, el estudio evidencia que aunque no se presentan valores altos de ansiedad si se presenta ansiedad en algún grado en toda la población objeto de estudio



En cuanto a los niveles de A/E y A/R en relación con el género se puede definir que hay presencia de niveles altos con 4 casos en la primera y 10 casos en la segunda, presentándose para la A/R la misma relación en hombres que en mujeres con 5 casos identificando la presencia de una mayor predisposición a la ansiedad como una respuesta a experimentar mayor número de situaciones, que para otros serían “normales”, como amenazantes tal como lo pudo ser el impacto que tiene la situación de aislamiento vivida al momento del estudio.

Frente al análisis de A/E y A/R en relación con la edad se puede definir que hay presencia en la categoría alta, de las edades de 16 años con 2, 15 años con 3 y 14 años con 5, identificando que es la franja de edades de transición hacia la adolescencia en donde se ubican los casos, etapa en la cual el individuo se somete a diversos cambios (físicos, sociales, psicológicos) que pueden generar estrés o ansiedad, tal como los describe Latorre (2004), la determinación del nivel de A/R es fundamental para identificar el impacto en el afrontamiento de situaciones conflictivas o estresantes, que se presentan en la adolescencia, etapa propicia también para la aparición de problemas emocionales (Caballo, 2013) y la gestión de los recursos del individuo para afrontar las diferentes situaciones relacionadas con el ámbito escolar, desde el aspecto emocional y motivacional (Gaeta, 2009).

Contrario a lo planteado por Ingles et al (2010), Gómez-Ortiz (2016) y Cardozo (2021), entre otros, en donde los hombres son quienes tienen mayor estabilidad presentando índices de ansiedad bajos y son las mujeres las que presentan niveles altos, los resultados identificados en este estudio reflejan un mayor impacto en los hombres en la A/E y un nivel parejo de hombres y mujeres en la A/R.

## Conclusiones

- Los resultados obtenidos desde la investigación permiten establecer la presencia de Ansiedad E/A y E/R en algún grado de impacto en todos los escolares.
- Frente a la Ansiedad Estado-Rasgo por género, en 10 casos hay presencia de escolares con la tendencia a experimentar ansiedad

al asumir como amenazantes situaciones que los demás, situación que se debe poner en conocimiento del área de orientación para manejo profesional y profundización de los análisis que permitan establecer el nivel de gravedad de la situación.

- El cuestionario STAI permite identificar los casos de escolares que por su contexto presentan un mayor riesgo de padecer la ansiedad como acción predisponente a percibir situaciones como amenazantes, convirtiéndose en una herramienta de diagnóstico en el ámbito escolar para la detección de casos.
- Dentro de la comunidad académica objeto de estudio se presenta una normalidad en la condición A/E, con 250 participantes en niveles bajo o moderado y solamente 4 casos en nivel alto; situación que se comporta similar en la condición A/R con 244 participantes en niveles bajo o moderado y 10 casos en nivel alto.
- Aunque la manifestación de ansiedad en niveles altos no es grande, será importante extender el estudio a toda la comunidad escolar para identificar la existencia de esta condición en las etapas iniciales para establecer seguimiento frente a la población que pueda presentarla.
- El impacto de las condiciones de confinamiento ha tenido incidencia en los escolares, pero no representa signo de alarma pues en la mayoría se da en niveles bajos o moderados.

## Referencias

- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-IV)*. American Psychiatric Publishing.
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)*. American Psychiatric Publishing.
- Ansorena, A., Cobo, J., & Romero, I. (1983). El constructo Ansiedad en Psicología: Una revisión. *Estudios de Psicología*, 16. 31-45.
- Aragón-Nogales, R., Vargas-Almanza, I., & Miranda-Novales, M. (2020). COVID-19 por SARS-CoV-2: La nueva emergencia de salud. *Revista Mexicana de Pediatría*, 86(6), 213-218. <https://dx.doi.org/10.35366/91871>

- Asociación Americana de Psiquiatría. (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5*. Asociación Americana de Psiquiatría.
- Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. <https://n9.cl/978m>
- Caballo, V., & Simón, M. (2013). *Manual de psicología clínica infantil y del adolescente. Trastornos generales*. Ed. Pirámide.
- Cardozo, D. (2021). *Determinación de la condición de ansiedad Estado-Rasgo provocada por el segundo brote de la pandemia COVID-19 en estudiantes de tercer semestre de la Escuela Militar "General José María Córdova" y de la Fundación Universitaria del Área Andina*. Facultad de Educación Física.
- Castrillón, D., & Borrero, P. (2005). Validación del inventario de Ansiedad Estado-Rasgo (STAI) en niños escolarizados entre los 8 y 15 años. *Acta Colombiana de Psicología*, 13, 79-90.
- Contreras, F., Espinosa, J., Esguerra, G., Haikal, A., Polania, A., & Rodríguez, A. (2005). Autoeficacia, ansiedad y rendimiento académico en adolescentes. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 1(2), 183-194.
- Del Río Olvera, F. J., Cabello Santamaría, F., Cabello García, M. A., & Aragón Vela, J. (2018). Cuestionario de Ansiedad Estado Rasgo (STAI): análisis psicométrico y funcionamiento en una muestra de drogodependientes y controles. *Universitas Psychologica*, 17(1), 1-10. <https://n9.cl/xu9al>
- Díaz-Castrillón, F., & Toro-Montoya, A. (2020). SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia. *Medicina & Laboratorio*, 24(3), 183-205.
- Fajardo, E., & Ángel, L. (2012). Prevalencia de sobrepeso y obesidad, consumo de alimento y patrón de actividad física en una población de niños escolares de la ciudad de Bogotá. *Revista Facultad de Medicina*, 101-116.
- Gaeta, M., & Martín, P. (2009). Estrés y adolescencia: Estrategias de afrontamiento y autorregulación en el contexto escolar. *Studium. Revista de Humanidades*, 15, 327-344.
- Gómez-Ortiz, O., Casas, C., & Ortega-Ruiz, R. (2016). Ansiedad social en la adolescencia: Factores psicoevolutivos y de contexto familiar. *Psicología conductual*, 24(1), 29-49.
- González, S., Sarmiento, O., Lozano, O., Ramírez, A., & Grijalba, C. (2014). Niveles de actividad física de la población colombiana: desigualdades por sexo y condición socioeconómica. *Biomédica*, 447-459.
- Güemes-Hidalgo, M., Ceñal, M., & Hidalgo, M. Desarrollo durante la adolescencia. Aspectos físicos, psicológicos y sociales. *Pediatría Integral*, 21(4), 233-244.
- Hernández, B., & Velasco-Mondragón, H. (2000). Encuestas transversales. *Salud pública de México*, 42(5), 447-455.
- Inglés, C., Piqueras, J., García-Fernández, J., García-López, L., Delgado, B., & Ruíz-Esteban, C. (2010). Diferencias de género y edad en respuestas cognitivas, psicofisiológicas y motoras de ansiedad social en la adolescencia. *Psicothema*, 22(3), 2010. 376-381.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud. (2015). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

- Latorre, J., Montañés, J. (2004). Ansiedad, inteligencia emocional y salud en la adolescencia. *Ansiedad y Estrés*, 10(1), 111-115.
- López-Ibor, J., & Valdés, M. (1995). *DSM-IV Manual Diagnóstico y Estadístico de los trastornos mentales*. 129-130. Masson.
- Ministerio de Salud. (1993). *Resolución 8430 de 1993*. Por medio de la cual se establecen normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. <https://n9.cl/8i171>
- Ocampo, L. (2007). Análisis correlacional del cuestionario de Depresión Estado/Rasgo con una muestra de adolescentes y universitarios de la ciudad de Medellín. *Psicología desde el Caribe. Revista del Programa de Psicología Universidad del Norte*, 20.
- Organización Mundial de la Salud. (2001). *Informe sobre la salud en el mundo. Salud mental: nuevos conocimientos, nuevas esperanzas*. OMS.
- Organización Panamericana de la Salud. (1992). Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud. 10.ª Revisión. (CIE-10). OPS.
- Organización Panamericana de la Salud. (2017). Enfermedades no transmisibles. Enfermedades no transmisibles. OPS/OMS.
- Pérez, A., & Sepúlveda, V. (1991). *Estandarización de las Escalas de Evitación y Ansiedad social (SAD) y Temor a la Evaluación negativa (FNE) y la relación entre la ansiedad social y los comportamientos asertivo y agresivo* [Tesis doctoral no publicada]. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago.
- Saduriansky, M. (2013) Ansiedad, angustia y neurosis. Antecedentes conceptuales e históricos. *Psicología Iberoamericana*, 21(2).
- Secretaría de Cultura Recreación y Deporte. (2013). *Políticas de actividad física para la ciudad de Bogotá*. SCRCD.
- Secretaría de Planeación Distrital. (2009). *Conociendo a Suba: diagnóstico de los aspectos físicos demográficos y socioeconómicos*. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Spielberger, C. (1966). Theory and Research on Anxiety. En C.D. Spielberger (Ed.) *Anxiety and Behavior*, pp. 3-20. Academic Press.
- Spielberger, C., & Sydeman, S. (1994). State-Trait Anxiety Inventory and State-Trait Anger Expression Inventory. *The use of psychological testing for treatment planning and outcome assessment*. vol. 1, 292-321. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0943>
- Spielberger, C., Gorsuch, R., & Lushene, R. STAI. (1997). *Cuestionario de Ansiedad Estado-Rasgo*. Manual 4.ª Edición. TEA Ediciones S.A.
- Universidad Complutense de Madrid (2006). *Proyecto de apoyo a la Evaluación Psicológica Clínica. Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo*. UCM.
- Vera-Villaruel, P., Celis-Atenas, K., Córdoba-Rubio, N., Buela-Casal, G., & Spielberger, C. (2007). Análisis Preliminar y Datos Normativos del Cuestionario de Ansiedad Estado-Rasgo en Adolescentes y Adultos de la Ciudad de Santiago de Chile. *Terapia Psicológica* 2007, 25(2), 155-162.
- Virues, R. (2005). *Estudio sobre ansiedad. Psicología Clínica y Psicoterapia*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

# Perfil de actividad física juvenil en escolares en confinamiento, Zipaquirá, Colombia

# 5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.05>

Edgar Herrera Cubillos

Diana Marcela Zapata Torres

Danny Wilson Sanjuanelo Corredor

*Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA*

**Resumen.** este capítulo examina el perfil de actividad física juvenil de adolescentes escolares, para el fomento de estrategias de promoción de la salud en confinamiento. Método: estudio descriptivo, enfoque cuantitativo, transversal. Variables primarias nivel de actividad física moderado y vigoroso: durante jornada escolar, fuera de la jornada escolar, en tiempo libre, fin de semana y comportamiento sedentario, incluyendo variables secundarias edad, sexo, grado. En los tres grupos etarios se reporta un bajo nivel de actividad física: 12-13 años, 5,71 %; 14-15 años, 19,51 %, y 16-17 años, 22,31 %, por debajo de la recomendación OMS. Se concluye que hay una disminución en la práctica de actividad física moderada a vigorosa (MVPA) en adolescentes a medida que se incrementa la edad.

**Palabras clave:** actividad motora; adolescentes; escolares; confinamiento; salud

### **Edgar Herrera Cubillos**

Maestrante en Ciencias del Deporte UDCA, Colombia. Profesional en Ciencias del Deporte, UDCA. Maestrante en Ciencias del Deporte, UDCA.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3873-132X> - Contacto: [eherrera@udca.edu.co](mailto:eherrera@udca.edu.co)

### **Diana Marcela Zapata Torres**

Magíster en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, Universidad Nacional de Colombia. Magíster en Salud y Seguridad en el Trabajo, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Ejercicio Físico para la Salud. Fisioterapeuta.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9640-1890> - Contacto: [diazapata@udca.edu.co](mailto:diazapata@udca.edu.co)

### **Danny Wilson Sanjuanelo Corredor**

Especialista en Docencia para la Educación Superior, U.D.C.A. Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2729-1234> - Contacto: [dsanjuanelo@udca.edu.co](mailto:dsanjuanelo@udca.edu.co)

**Citación APA:** Herrera Cubillos, E., Zapata Torres, D.M., & Sanjuanelo Corredor, D.W. (2024). Perfil de actividad física juvenil en escolares en confinamiento, Zipaquirá, Colombia. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 121-136). Sello Editorial ESMIC. <https://doi.org/10.21830/9786289640205.05>

## **Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada).

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

En periodos de confinamiento, la actividad física (AF) se ha convertido en un elemento fundamental para la sociedad, relacionado con los hábitos de salud y estilos de vida saludables, que promueve aspectos esenciales como la alimentación, el movimiento y el sueño adecuado según grupo etario. En el caso de los adolescentes, se reporta como nivel de alarma un incremento excesivo en el tiempo de inactividad física diaria, aspecto que se relaciona de forma directa con la dedicación de mayor tiempo al desarrollo de actividades relacionadas con la virtualidad que a actividades espontáneas de AF y deportes. Esta relación tiene soporte teórico reportado por Guthold et al. (2020), quienes determinan que menos del 20 % de los adolescentes es físicamente activo en los procesos de confinamiento generados por la pandemia del COVID-19 (Guthold et al., 2020).

La condición de salud mundial genera cada día una alerta en el estado de alarma por los incrementos que ha desencadenado la infección respiratoria aguda clasificada como COVID-19 ocasionando en los adolescentes alteraciones psicológicas, como ansiedad y depresión, que oscilan en niveles entre el 37 % y el 48 % (Chi et al., 2021). Así, la Organización Mundial de la Salud (OMS), frente a estos comportamientos generados por las medidas estrictas de confinamiento preventivo, requiere de estrategias poblacionales que den respuesta oportuna a la divulgación de hábitos saludables que, desde la práctica de AF, fortalezca la promoción de acciones en el hogar, al aire libre, en espacios extraescolares y fines de semana, vigorizando la dinámica de las clases de Educación Física (EF), toda vez que estos entornos son escenarios habilitados para la divulgación de estrategias de promoción de la salud (Zhan et al., 2021).

En este ámbito, se resalta la importancia del entorno escolar para la modificación de dinámicas de formación académica, promovidas mediante la virtualidad, generando cada vez más, conductas de bajo movimiento por el tiempo de exposición a pantallas, conducta que tiene mayor repercusión en aquellos adolescentes que no realizan actividades extracurriculares de tipo deportivo o con estructura de AF (Ozturk & Yalçin, 2021).

La transformación de los escenarios deportivos habilitados para práctica de deporte cursa, con una serie de restricciones relacionadas a la distancia

mínima de 2 m, a inhabilitar el uso de equipos o dispositivos que se encuentren en proximidad y generar una serie de lineamientos que permitan prácticas seguras que respeten la norma de distancia y promuevan ambientes saludables, generando así el incremento de uso de espacios cerrados y cotidianos como el hogar, uno de los escenarios de uso cotidiano para la práctica de actividad física en el contexto familiar (García et al., 2021).

Esta dinámica ambiental desencadena actualmente permanencia en el hogar, lo que está asociado a periodos obligatorios de confinamiento poblacional, modificando significativamente conductas de cambios comportamentales, por lo cual se hace necesario medir de forma objetiva los niveles de actividad acorde con el contexto educativo, dadas las conductas de restricción de circulación y asistencia en escenarios educativo (MinSalud, 2021).

Para una medición de forma objetiva, según el uso de disponibilidad de conectividad, se propone a nivel educativo el uso de cuestionarios, direccionados desde plataformas académicas, pues estos presentan un alto nivel de evidencia de la conducta del movimiento y permiten la recolección de la información a gran escala a nivel comunitario, debido a que proporcionan información detallada del comportamiento de la actividad, mientras se captura información contextual importante (Fairclough et al., 2019).

Por el diseño del contexto investigativo, se propone un alcance documental a nivel municipal en el cual, acorde con las características poblacionales, se prioriza como objeto de estudio establecer el perfil de actividad física juvenil (YAPS, por Youth Activity Profile Spanish) que ha sido validado a nivel internacional y busca determinar conductas de AF y de comportamiento sedentario (SB) dentro y fuera de la escuela incluyendo fines de semana (Saint Maurice et al., 2017). Se establece como grupo poblacional escolares con un rango de edad entre los 12 y los 17 años, vinculados a la Institución Educativa Técnico Industrial del municipio de Zipaquirá, quienes, por normativa nacional, han venido desarrollando sus estudios de manera virtual desde inicio de confinamiento escolar en 2020 (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2020).

La documentación de los niveles de actividad física en periodos de confinamiento en adolescentes permitirá el diseño óptimo de programas de interven-



ción basados en el contexto actual de actividad física para un regreso progresivo a los espacios escolares. Tal documentación proporcionará herramientas para el diseño de fomento de AF, de forma integral y autónoma o que puedan dinamizar los procesos en las clases de EF, identificando intervenciones específicas en casos de inactividad física y proceso de promoción de mantenimiento de las cualidades físicas en escolares activos (Zhan et al., 2021).

Identificar el comportamiento de actividad física y el comportamiento sedentario permite, desde el contexto epidemiológico, señalar factores de riesgo en la salud de los escolares, de forma temprana, para prevenir SB y predecir los riesgos en la aparición de enfermedades crónicas que pueden presentarse progresivamente en la edad adulta, relacionadas de forma directa con los cambios drásticos de confinamiento por pandemia de salud pública en el siglo XXI (Arévalo et al., 2020).

## Marco teórico

Como objeto de estudio se resaltan algunos aspectos relacionados con la AF, a partir de la revisión documental de los parámetros establecidos por la OMS y por los efectos generados en la humanidad consecuente al diagnóstico de pandémica por COVID-19, ocasionando a nivel comportamental cambios en los estilos y hábitos cotidianos de la población en general (García et al., 2021). La OMS emite definición de la AF, como una actividad en la cual se lleva a cabo movimiento muscular y óseo que genera un gasto energético significativo, donde se consideran los entornos cotidianos y aquellos en los cuales se interactúa de manera intermitente, además actividades sencillas, tales como caminar (OMS, 2020).

La revisión literaria afirma que la AF, tanto moderada como intensa, genera beneficios para la salud. Actualmente, desde entes gubernamentales, se han direccionado recomendaciones específicas, generadas por la pandemia para la práctica segura de AF, la cual generó una incidencia directa en la conducta y componentes de las clases de EF, relacionada principalmente con la modificación de la conducta, desde la ubicación de escenarios que permitan una expresión de movimiento, dinámico, sistemático,

regular e integral cumpliendo con las recomendaciones generadas para este grupo de edad (Sanabria et al., 2020).

La OMS sugiere que los niños y niñas en rango de edad entre los 5 y 17 años deben llevar actividades de intensidad moderada a vigorosa (MVPA), por lo menos por 60 min al día, con una frecuencia semanal mínima de 3 veces; promoviendo actividades de tipo aeróbico, las cuales pueden enmarcarse en la práctica de deportes, tanto individuales como de conjunto, incluyendo ejercicios de fuerza, resistencia, velocidad, agilidad y coordinación, entre otros, siendo estos los principales elementos de la aptitud física que se deben potencializar en edad escolar (Duarte et al., 2020).

La práctica regular de AF en edad escolar genera una serie de beneficios relacionados con factores de percepción desde el enfoque de buena salud. En estos se incluyen: desarrollo muscular, óseo y aspectos esenciales como salud mental, cohesión social, derivados en su conjunto en un peso corporal ideal y un esquema corporal óptimo (OMS, 2020).

A partir de la declaración de pandemia por diagnóstico de COVID-19 a nivel mundial, con registro de 11 de marzo de 2020 (OMS, 2020), esta organización generó indicaciones en todos los países buscando mitigar el riesgo de contagio por este virus, a partir de parámetros que cada Gobierno debía fomentar con el fin de detener la propagación de esta enfermedad. En Colombia, estas orientaciones comenzaron a implementarse con medidas restrictivas a partir del 23 de marzo de 2020 (MinSalud, 2020), ordenándose un cierre de las instituciones educativas a todo nivel para establecer un confinamiento preventivo, el cual se ha prolongado a partir de la Circular 020 de 2020.

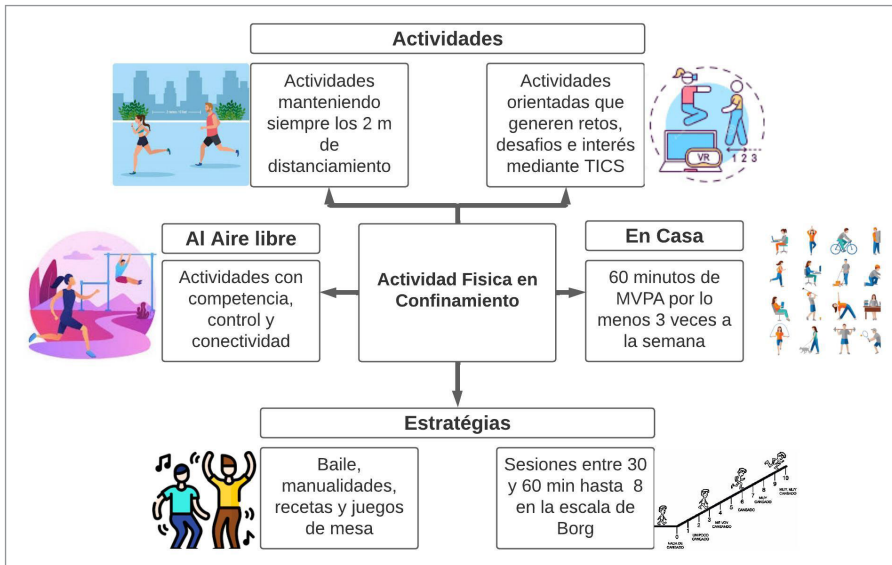
Esta situación ha generado un sinnúmero de cambios en la forma de vida, hábitos y conductas en el núcleo familiar, en entornos laborales y escenarios comunitarios, entre otros, repercutiendo en la población adolescente en déficit del gasto energético por práctica de actividad física diaria; esta condición incrementa los riesgos cardiometabólicos en esta población, con consecuente probabilidad de enfermedades en edad adulta como obesidad, enfermedades cardiovasculares y enfermedades crónicas, las cuales se

pueden desencadenar desde etapas de formación y crecimiento hasta edad avanzada.

Estos cambios conductuales han incrementado de forma directa el tiempo de exposición a pantallas en un 71,7 % (Ozturk & Yalçin, 2021) y las SB. Estas dos conductas se priorizan sobre el nivel de riesgo de enfermedad mundial, alterando de forma directa fases sensibles de movimiento en el crecimiento y maduración del tejido corporal a nivel fisiológico, generando desde el contexto de salud, alteraciones sistemáticas por bajo gasto energético, conductas sedentarias, componentes hipocinéticos y otros que son el gran desafío de las instituciones de salud, educativas y deportivas, para limitar las consecuencias negativas de la inactividad mundial (Chambonniere et al., 2021).

En este contexto, se consideran también los factores psicológicos que se ven reflejados en algunos casos reportados, los cuales incluyen el estrés postraumático por el encierro, ansiedad, pérdida del sueño, trastornos en la alimentación y depresión que pueden derivarse de la ausencia de interacción con otros y temas de aburrimiento agudizados por la falencia de relación social en el cual el acompañamiento psicológico o psiquiátrico por parte del sistema de salud desencadenó incremento masivo en el número de consultas por alteraciones psicoemocionales en el hogar, con una agravante mayor en aquellos casos donde los adolescentes tienen pérdidas familiares producto del fallecimiento por el COVID-19 (Chi et al., 2021).

Estos patrones han generado modificación en la conducta de actividades cotidianas de los adolescentes en edad escolar; la más significativa de estas se relaciona con el manejo de las actividades académicas y físicas que se pueden desarrollar en condiciones de confinamiento, a lo cual la Asociación de Medicina del Deporte de Colombia (Amedco), con consenso de expertos a nivel nacional, establece recomendaciones en 2020 para dosificar la práctica de AF al aire libre y en condiciones de confinamiento (Figura 1), con el fin de disminuir las posibilidades de contagio y reducir de manera significativa las SB (Sanabria et al., 2020).



**Figura 1.** Recomendaciones actividad física, Consenso Amedco

Fuente: Consenso de la Amedco (2020).

El esquema de AF en confinamiento, expuesto en la Figura 1, representa una serie de recomendaciones dadas por la Amedco en pro de incrementar la práctica de AF en espacios abiertos y cerrados considerando las necesidades de los adolescentes y realizando las sugerencias de acuerdo con el espacio en que se van a desarrollar, teniendo en cuenta intensidad, frecuencia, tiempo y actividades alternativas (Sanabria et al., 2020).

## Metodología

El presente estudio es de tipo descriptivo; se direcciona en especificar propiedades, características y rasgos importantes de la población (Hernández & Mendoza, 2018), de la Institución Educativa Municipal (IEM) Técnico Industrial en Zapaquirá, Cundinamarca, respecto de la práctica de AF y las SB durante periodos de confinamiento. Como enfoque del estudio, un abordaje cuantitativo relacionado con las diferentes variables que indican de forma numérica días a la semana, tiempo en minutos y otros comportamientos de medición, los cuales permiten un procesamiento estadístico que establezca el perfil de AF de la población objeto de estudio.

Se plantea como propósito de estudio, establecer el perfil de actividad física juvenil de adolescentes escolares, para el fomento de estrategias de promoción de la salud, direccionado desde la clase de educación física y del uso del tiempo libre en confinamiento.

Para el desarrollo del contexto investigativo, se proponen variables primarias determinadas por la herramienta YAPS, definidas como: nivel de actividad física moderado y vigoroso (MVPA) durante jornada escolar, fuera de la jornada escolar, en tiempo libre y fin de semana y comportamiento sedentario, incluyendo como variables secundarias las cuales incluyen: edad, sexo, curso.

La segunda fase incluyó actividades de sensibilización y orientación a los estudiantes para el desarrollo del cuestionario, buscando siempre brindar una información clara y precisa con el fin de evitar errores al momento del diligenciamiento. También se procedió a socializar el proyecto con la comunidad educativa, compartiendo el documento en básica secundaria y la media vocacional (sexto a undécimo grado).

La tercera fase consistió en la recolección de información, elaboración de base de datos, tratamiento a los datos obtenidos, mediante el método basado en la validación (Activity Levels at School, n.d.), y el Apéndice Calibración y validación del perfil de actividad de los jóvenes: el estudio FLASHE (Saint-Maurice & Cole, 2014) tendiente a cuantificar y establecer el perfil de práctica de AF en adolescentes, procesamiento de la información con el lenguaje de programación R (R Core Team, 2021), finalizando con la elaboración de productos, tablas y gráficos, que agrupan los resultados cuantitativos del desarrollo del estudio, discusión, diseño de estrategias de intervención y conclusiones y presentación de resultados: a la institución y a los padres de familia en eventos académicos.

## Resultados

Un total de 715 cuestionarios fue diligenciado por los escolares pertenecientes al Técnico Industrial de Zipaquirá; se descartaron 131 por fallas en la información completa para un total de 584 cuestionarios; los resultados por participación general se evidencian en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de la muestra: edad, grado escolar, género

Grado Escolar	Edad						Género		
	12	13	14	15	16	17	Total	Fem	Mas
Sexto	24	11	2	1	0	0	38	21	17
Séptimo	75	46	22	8	1	1	153	68	85
Octavo	15	65	58	37	12	3	190	84	106
Noveno	0	2	32	32	21	8	95	44	51
Décimo	0	0	1	38	21	5	65	30	35
Undécimo	0	0	0	3	21	19	43	15	28
<b>TOTAL</b>	<b>114</b>	<b>124</b>	<b>115</b>	<b>119</b>	<b>76</b>	<b>36</b>	<b>584</b>	<b>262</b>	<b>322</b>

Fuente: elaboración propia.

Para el esquema de presentación, se dividen los resultados, según el grupo etario, con la siguiente distribución: 12 a 13 años, en la Tabla 2<sup>1</sup>; 14 a 15 años, en la Tabla 3 y 16 a 17 años, en la Tabla 4; se representa el número de participantes del estudio por rango de edad y se describe el reporte de resultados en las variables objeto de estudio, realizando el cálculo de cuestionario YAPS, asociado al comportamiento de cada variable.

**Tabla 2.** Grupo etario 12-13 años

	N.º	Prom	Desv es	mediana	Min	Máx	Rango	simetría	Error est
MVPAmAS	232	56,57	6,34	56,00	43,84	76,31	32,48	0,65	0,42
TAoS	232	14,95	1,11	14,95	11,60	18,48	6,89	0,13	0,07
MVPApAS	232	14,95	1,11	14,95	11,60	18,48	6,89	0,13	0,07
TAS	236	378,42	32,05	368,00	348,00	438,00	90,00	1,12	2,09
YAPSh	236	0,00	0,41	0,00	-1,20	1,00	2,20	0,04	0,03
YAPSoS	236	0,71	0,42	1,00	-0,60	1,00	1,60	-1,61	0,03
YAPSc	232	-0,81	0,46	-0,83	-2,33	0,50	2,83	0,00	0,03

Fuente: elaboración propia.

1 MVPAmAS: actividad física de moderada a vigorosa en minutos en el colegio; MVPApAS: actividad física de moderada a vigorosa en porcentaje en el colegio; TAS: tiempo disponible en el colegio; TAoS: tiempo disponible fuera del colegio YAPSh: perfil de actividad física juvenil hábitos sedentarios; YAPSoS: perfil de actividad física juvenil fuera del colegio; YAPSc: perfil de actividad física juvenil en el colegio.

En el grupo etario de 12 a 13, se encontró que la actividad física moderada a vigorosa en minutos en la escuela (MVPAmAS) registró un valor de  $56.57 \pm 6.34^2$  en promedio al día; en algunos casos, los escolares están por debajo de la práctica de AF sugerida por la OMS y en otros están por encima en este grupo, con un límite inferior de 43,84 minutos y un máximo de 76,31 minutos por día, lo que evidencia una carencia en la práctica AF enmarcada en primer lugar por el confinamiento.

En la tabla 3 se reporta el comportamiento de las variables objeto de estudio en el grupo etario en rango entre 14-15 años:

**Tabla 3.** Grupo etario 14-15 años

	N.º	Prom	Desv es	mediana	min	máx	rango	simetría	Error des
<b>MVPAmAS</b>	231	46,08	5,48	45,53	35,19	61,43	26,24	0,73	0,36
<b>TAoS</b>	231	12,10	0,96	11,97	9,31	14,26	4,95	0,14	0,06
<b>MVPApaS</b>	231	12,10	0,96	11,97	9,31	14,26	4,95	0,14	0,06
<b>TAS</b>	234	381,29	33,91	368,00	348,00	438,00	90,00	0,91	2,22
<b>YAPSh</b>	234	-0,07	0,43	0,00	-1,20	1,00	2,20	0,02	0,03
<b>YASPos</b>	234	0,63	0,50	0,80	-0,60	1,00	1,60	-1,36	0,03
<b>YAPSc</b>	231	-0,87	0,47	-0,83	-2,83	0,17	3,00	-0,25	0,03

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la distribución de la Tabla 3, en el grupo de edad entre 14-15 años, el valor del promedio de la MVPAmAS es de  $46.08 \pm 5.48$  lo que indica que en este grupo se presenta una disminución en el tiempo diario de MVPA y la relación directa con la virtualidad, que en confinamiento se convirtió en la única posibilidad de socializar e intercambiar información con sus pares. Por último, se registra en la Tabla 4 el comportamiento del grupo etario entre 16- 17 años.

2 Promedio  $\pm$  desviación estándar.

**Tabla 4.** Grupo etario 16-17 años

	N.º	prom	Desv es	mediana	min	máx	rango	simetría	Error des
<b>MVPAmas</b>	110	35,80	4,01	35,55	28,35	46,02	17,68	0,41	0,38
<b>TAoS</b>	110	9,40	0,68	9,68	7,96	10,75	2,78	-0,43	0,06
<b>MVPapas</b>	110	9,40	0,68	9,68	7,96	10,75	2,78	-0,43	0,06
<b>TAS</b>	112	381,39	33,60	368,00	348,00	438,00	90,00	0,89	3,17
<b>YAPSh</b>	112	-0,10	0,40	-0,20	-1,00	0,60	1,60	-0,09	0,04
<b>YASPos</b>	112	0,59	0,53	0,80	-0,60	1,00	1,60	-1,23	0,05
<b>YAPSc</b>	110	-1,18	0,46	-1,17	-2,67	0,17	2,83	-0,01	0,04

Fuente: elaboración propia.

Para el grupo etario entre 16-17, como se representa en la Tabla 4, el promedio en la MVPAmas es de  $35.80 \pm 4.01$  donde se evidencia una disminución en el tiempo diario en un 41 % de AF en relación con lo sugerido por la OMS y un incremento en las SB con relación a las demás, lo que genera un indicador de las tendencias de los adolescentes con mayor edad hacia el sedentarismo.

Finalmente, realizando un comparativo entre los tres grupos etarios, es importante entender que el grupo 12 -13 años está en un 5,71 % por debajo de la recomendación de práctica de AF diaria dada por la OMS; el grupo etario 14 -15 se encuentra un 19,51 % por debajo del grupo etario anterior y un 25,23 % por debajo de la recomendación de la OMS y, por último, el grupo etario 16-17 está un 22,31 % por debajo del grupo etario anterior y un 43,34 % por debajo de la recomendación OMS.

## Discusión

Este estudio transversal tiene como objetivo determinar el perfil de AF de los adolescentes escolares de la IEM Técnico Industrial en Zipaquirá, en medio del confinamiento por la pandemia ocasionada por el COVID-19, teniendo en cuenta que la población objeto de estudio se encontró desarrollando sus actividades académicas de una manera 100 % virtual, a partir de la declaración de calamidad pública en marzo 2020 (Decreto 126, 2020). En estas condiciones, se evidenciaron valores bajos de AF relacionados con la inten-



sidad horaria en la cual la institución educativa desarrolló únicamente 1 hora de EF a la semana en cada grado (Decreto 2011 ,227) y a partir del confinamiento, por condiciones de salud, se cerraron todas las actividades extracurriculares en todo el contexto de educación básica y secundaria.

En estudio realizado por Zhan et al. (2021) en 50 países de bajos ingresos, donde la edad media de los escolares fue  $14,6 \pm 1,2$  años, relacionando la AF con la EF se sugiere que la AF incrementa en la medida en que haya más clases de EF. Este resultado muestra un comportamiento diferencial, dado por los aspectos curriculares en los cuales la intensidad de clase de EF genera un mínimo de movimiento correspondiente a 60 min, realizándose esta formación con un único estímulo por semana, siendo insuficiente la orientación que se requiere desde el contexto escolar, para fortalecer aspectos fundamentales de hábitos y estilos de vida hacia el movimiento.

Uno de los elementos más relevantes en la disminución de AF por la situación de confinamiento es el comportamiento sedentario; los adolescentes ya no se trasladan al colegio y con las características sociodemográficas, donde anteriormente debía recorrer largos periodos de tiempo para llegar a la institución educativa, se ha disminuido de forma drástica el uso de medio para ese transporte como eran desplazamientos a pie o en bicicleta emulando el programa de Bogotá "Al colegio en bici" (Secretaria Distrital de Educación, 2020) donde se complementa la actividad del aula con los espacios fuera de ella. Estos cambios comportamentales hacia una conducta de bajo movimiento han generado la disminución directa en el nivel de actividad física diario.

En este mismo contexto, un estudio realizado en 116 estudiantes con un promedio de edad de 13 años planteó la importancia de desarrollar 10 min de AF de cualquier tipo antes del inicio de las clases, relacionado con la estimulación, la concentración e incremento de los niveles de atención y el rendimiento académico en los estudiantes (Pinto & Martínez, 2019), al asociarse con el presente trabajo investigativo, en época de confinamiento no se presenta de forma directa esta conducta. Sin embargo, en periodos de presencialidad, podría existir una relación en los resultados académicos argumentado desde el tiempo que se emplea para desplazarse al colegio

en el cual el promedio es superior a 15 min utilizando cualquier medio de transporte desde el hogar hacia el colegio.

Otro factor importante es el tiempo de receso y pausas activas de los escolares durante la formación académica, al reportarse con menor disponibilidad, en el número de actividades que programa el colegio; los espacios del día en los cuales se desarrolla más AF son entre las 2:00 p.m. a 6:00 p.m., donde se evidencia que 533 participantes utilizan esta zona horaria para incrementar el desarrollo de acciones de movimiento, de forma espontánea, la cual fomenta el rango de actividad física diaria.

Viciano et al. (2019) identificaron también niveles mayores de actividad física en horarios siguientes a la jornada escolar, en comparación con los fines de semana; resultado que se puede observar en el presente estudio considerando que 533 estudiantes realizaron AF después de la jornada escolar y 413 en fin de semana (Viciano et al., 2019), lo que da un valor agregado a todas aquellas actividades extracurriculares en AF y en deportes que direccionan conductas saludables en los participantes.

Se deben cumplir las recomendaciones en actividad física de la OMS e incluir 3 días de AF, controlando la intensidad con la escala de percepción del esfuerzo (Correa et al., 2020). Por otro lado, es preciso tener en cuenta lo planteado por la Amedco de realizar AF dentro y fuera de casa manteniendo las precauciones en pro de prevenir la infección por COVID-19 (Sanabria et al., 2020).

## Conclusión

Se evidencia como elemento principal una disminución en la práctica de MVPA en los adolescentes a medida que la edad se incrementa, soportado desde la dinámica de confinamiento que llevó a los adolescentes a permanecer, por periodos prolongados, expuestos a pantallas, con incremento en el uso del celular, computador y otros dispositivos, en los cuales se reportan alertas importantes en el incumplimiento de actividad física diaria y semanales en los participantes del estudio.

## Recomendación

Comparar los resultados de AF en confinamiento, contra AF en alternancia o presencialidad, con el propósito de realizar un seguimiento y control que permita monitorear la conducta de actividad física, como estrategia esencial en la formación escolar de los adolescentes.

## Referencias

*Activity Levels - at School.* (n.d.).

Amedco, 2020. Actividad Física en población infantil y adolescente. Recuperado en: <https://www.Amedco.org.co/>

Arévalo, H., Triana, M. U., & Santacruz, J. C. (2020). Impact of mandatory preventive isolation on daily physical activity and weight of children during the SARS-cov-2 pandemic. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27(6), 575–582. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.09.003>

Chambonniere, C., Lambert, C., Fearnbach, N., Tardieu, M., Fillon, A., Genin, P., Larras, B., Melsens, P., Bois, J., Pereira, B., Tremblay, A., Thivel, D., & Duclos, M. (2021). Effect of the COVID-19 lockdown on physical activity and sedentary behaviors in French children and adolescents: New results from the ONAPS national survey. *European Journal of Integrative Medicine*, 43(December 2020), 101308. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2021.101308>

Chi, X., Liang, K., Chen, S. T., Huang, Q., Huang, L., Yu, Q., Jiao, C., Guo, T., Stubbs, B., Hossain, M. M., Yeung, A., Kong, Z., & Zou, L. (2021). Mental health problems among Chinese adolescents during the COVID-19: The importance of nutrition and physical activity. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 21(3), 100218. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2020.100218>

Duarte-Romero, V., González, M., Parra-Patiño, J., Sarmiento, A., & Javier-Tafur, L. (2020). Actividad Física en casa en población sin riesgo de complicaciones graves por infección COVID-19 entre los 18 y los 60 años: una declaración de consenso de Amedco. *Asociación de Medicina del Deporte de Colombia* (Vol. 57, Issue 350).

Fairclough, S. J., Christian, D. L., Saint-Maurice, P. F., Hibbing, P. R., Noonan, R. J., Welk, G. J., Dixon, P. M., & Boddy, L. M. (2019). Calibration and validation of the youth activity profile as a physical activity and sedentary behaviour surveillance tool for english youth. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph16193711>

García-tascón, M., Mendaña-cuervo, C., & Sahelices-pinto, C. (2021). *Repercusión en la calidad de vida , salud y práctica de actividad física del confinamiento por COVID-19 en España* *Effects on quality of life , health and practice of physical activity of COVID-19 confinement in Spain.* 2041, 684–695.

- Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *The Lancet Child and Adolescent Health*, 4(1), 23-35. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2)
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 6.ª edición. McGraw Hill.
- Ministerio de Educacion Nacional. (2020). *Circular 020 de 2020. Medidas adicionales y complementarias para el manejo, control y prevencion del coronavirus COVID-19*. MEN.
- Ministerio de Salud y Proteccion Social (2020). *Resolución 385*. Por medio de la cual se declara la emergencia sanitaria por causa del COVID-19 y se adoptan medidas para hacer frente al virus.
- Ministerio de Salud y Proteccion Social (2021). *Resolución 777*. Por medio de la cual se definen los criterios y condiciones para el desarrollo de las actividades economicas, sociales y del Estado y se adopta el protocolo de bioseguridad para la ejecucion de estas.
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Actividad física definición y recomendaciones*. OMS.
- Ozturk Eyimaya, A., & Yalçin Irmak, A. (2021). Relationship between parenting practices and children's screen time during the COVID-19 Pandemic in Turkey. *Journal of Pediatric Nursing*, 56, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsn.2020.10.002>
- Pinto, T., & Martínez, O. (2019). Ten Minutes of Interdisciplinary Physical Activity Improve Academic Performance. *Apunts: Educació Física I Esports*, 138.
- Sanabria, J. M. C., Velásquez, M. A. Q., & Rocío, C. (2020). *Recomendaciones de actividad física en niñas , niños y adolescentes durante la pandemia en Colombia: una declaración de consenso de Amedco*. 57(350).
- Secretaría de Educación de Bogotá. (2020). Reactivación de “Al colegio en bici” y “Ciempiés” ha beneficiado a más de 1100 estudiantes. <https://n9.cl/qwsis>
- Secretaria de Educacion de Zipaquirá. (2004). Resolución 00766 de de aprobacion oficial de funcionamiento IEM Técnico Industrial de Zipaquirá.
- Viciana, J., Mayorga, D. & Parra, M. (2019). Within and between-day differences in adolescents' objectively measured physical activity and sedentary behavior. *Kinesiology*, 51(2), 2
- Zhan, X., Clark, C. C. T., Bao, R., Duncan, M., Hong, J. T., & Chen, S. T. (2021). Association between physical education classes and physical activity among 187,386 adolescents aged 13-17 years from 50 low- and middle-income countries. *Jornal de Pediatria*, 97(5), 571-578.

# Relación del fitness cardiorrespiratorio con la obesidad total y central en preescolares colombianos

# 6

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.06>

**Brian Johan Bustos-Viviescas**

*Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA*

**Danny Daniel Carrillo-Benitez**

*Institución Universitaria Tecnológica de Antioquia*

**Andrés Alonso Acevedo Mindiola**

*Universidad de Pamplona*

**Juan Camilo Quintero Gómez**

*Fundación Diversidad, Medellín, Colombia*

**Rafael Enrique Lozano Zapata**

*Universidad de Pamplona*

**Carlos Enrique García Yarena**

*Universidad del Magdalena*

**Resumen.** Este capítulo analiza la relación entre el índice de masa corporal (IMC) y el perímetro de cintura (PC) con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos. Método: se valoró la obesidad total con IMC; la obesidad central con PC, y el fitness cardiorrespiratorio con PREFIT 20 m shuttle run test. Se utilizó SPSS V. 25 (Demo) (nivel de confianza del 95 % y un p-valor del 0,05) y se empleó la prueba de Shapiro-Wilk y el coeficiente correlacional de Spearman. Resultados: se identificó que el fitness cardiorrespiratorio no obtuvo distribución normal ( $p < 0,05$ ) y que la relación entre el IMC y el perímetro de cintura con el fitness cardiorrespiratorio fue baja ( $r < 0,30$ ) y no significativa ( $p > 0,05$ ). Se concluye que la obesidad total y central no se relacionan con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos.

**Palabras clave:** aptitud física; fitness cardiorrespiratorio; Índice de Masa Corporal; obesidad; preescolares

**Brian Johan Bustos-Viviescas**

Doctorando en Salud Pública, Universidad Cuauhtémoc, México. Magíster en Actividad Física y Entrenamiento Deportivo, Universidad Monter, México. Especialista en Métodos y Técnicas de Investigación en las Ciencias Sociales, Fundación Universitaria Claretiana, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4720-9018> - Contacto: [bjbustos@sena.edu.co](mailto:bjbustos@sena.edu.co)

**Danny Daniel Carrillo-Benitez**

Magíster en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Pamplona, Colombia. Especialista en Educación para la Recreación Comunitaria, Universidad de Pamplona, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2851-2935> - Contacto: [danny.carrillo@unipamplona.edu.co](mailto:danny.carrillo@unipamplona.edu.co)

**Andrés Alonso Acevedo Mindiola**

Especialista (f) en Métodos y Técnicas de Investigación en las Ciencias Sociales, Fundación Universitaria Claretiana, Colombia. Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Física, Recreación y Deportes, Universidad de Pamplona, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125-7265> - Contacto: [andres.acevedo@unipamplona.edu.co](mailto:andres.acevedo@unipamplona.edu.co)

**Juan Camilo Quintero Gómez**

Maestrante en Epidemiología y Salud Pública, Universidad Internacional de Valencia, España. Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo, Universidad Católica de Manizales, Colombia. Fisioterapeuta, Universidad de Santander, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4414-165X> - Contacto: [fisio2@fundiversidad.org](mailto:fisio2@fundiversidad.org)

**Rafael Enrique Lozano Zapata**

Ph. D. en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de León, España. Magíster en Educación Física mención en Fisiología del Ejercicio, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6239-5883> - Contacto: [rafaenzo@unipamplona.edu.co](mailto:rafaenzo@unipamplona.edu.co)

**Carlos Enrique García Yerena**

Doctorando en Ciencias de la Educación, Universidad Cuauhtémoc, México. Licenciado en Educación Física, Recreación y Deportes. Universidad de Pamplona, Colombia. Magíster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Pamplona, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9973-552X> - Contacto: [cgarcia44@cuc.edu.co](mailto:cgarcia44@cuc.edu.co)

**Citación APA:** Bustos-Viviescas, B.J., Carrillo-Benitez, D.D., Acevedo Mindiola, A.A., Quintero Gómez, J. A., Lozano Zapata, R.E., & García Yerena, C.E. (2024). Relación del fitness cardiorrespiratorio con la obesidad total y central en preescolares colombianos. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 137-150). Sello Editorial ESMIC.

<https://doi.org/10.21830/9786289640205.06>

**Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

La obesidad infantil es uno de los problemas más grandes que afronta la salud pública en el siglo XXI en todas las regiones del mundo. En la primera infancia, las interacciones entre estos actores frente al desarrollo cerebral y biológico determinan la situación en salud (Duncan & Matthews, 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el sobrepeso y la obesidad se han convertido en uno de los problemas de salud pública más importantes de los últimos años (OMS, 2019a). Entre 1990 y 2016, el número de lactantes y niños entre 0 y 5 años pasó de 32 millones a 41 millones y se espera que para 2025 esta cifra aumente a 70 millones; la prevalencia de obesidad infantil en países en vía de desarrollo supera el 30 % (OMS, 2019b). Entre algunas de las complicaciones por obesidad en primera infancia se encuentra el desarrollo de cardiopatías, resistencia a la insulina, trastornos osteomusculares, cáncer y discapacidad, entre otros (Högström et al., 2014); las enfermedades cardiovasculares representan la primera causa de mortalidad a nivel mundial.

En la población infantil, la ingesta de grasas y carbohidratos, adherido a la insuficiente actividad física, hace parte de las principales causas para el desarrollo de sobrepeso y obesidad en esta población. Así mismo, la obesidad infantil representa el principal factor de riesgo para la ocurrencia de eventos cardiovasculares en la infancia; actualmente las enfermedades cardiovasculares en esta población son más frecuentes (Jankowski et al., 2017).

La condición física hace parte de la condición cardiorrespiratoria como una expresión del potencial humano (Cadenas-Sánchez et al., 2014). Algunos estudios asocian la aptitud cardiorrespiratoria en niños con el riesgo de mortalidad por trastornos cardiometabólicos en la edad adulta (Cadenas-Sánchez et al., 2016; 2018). De esta manera, la respuesta del cuerpo ante el ejercicio físico permite estimar el estado del fitness cardiorrespiratorio (Jankowski et al., 2017).

Es así como la evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria en población infantil como estimador de la salud física y el riesgo de mortalidad adulta precisa de nuevas medidas, fáciles y reproducibles en esta población. En la

actualidad, existen escasos métodos de evaluación de la capacidad cardiorespiratoria en esta población; es así como este estudio pretende determinar la relación entre el índice de masa corporal y el perímetro de cintura con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos.

## Marco teórico

En el mundo, la región de América registra la mayor tasa de niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad. De la misma manera, la Organización Para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estima que para 2020, más de dos terceras partes de la población alrededor del mundo desarrollarán sobrepeso u obesidad (OCDE, 2017). Por otro lado, la población infantil y adolescente con sobrepeso y obesidad ha pasado de 11 millones a 216 millones en los últimos 40 años, 38 millones de niños alrededor de los 5 años viven con estas condiciones; México ocupa el primer lugar con mayor prevalencia de obesidad infantil en el mundo (Abarca-Gómez et al., 2017).

La obesidad es la causa de diversas alteraciones a nivel del organismo que ponen en riesgo la salud de los seres humanos. Algunas de las alteraciones que causan la obesidad son trastornos metabólicos y hormonales, lo que puede conllevar a enfermedades como insuficiencia cardíaca, hipertensión arterial, diabetes e incluso accidente cerebrovascular. Así, la congruencia entre la obesidad y el estado cardiovascular se ve mediado por la inflamación subclínica y la activación neurohormonal. Es así como concentraciones mayores de glucosa y ácidos grasos promueven el estrés oxidativo, lo que aumenta la secreción de citoquinas y agentes proinflamatorios. Estos agentes son los causantes de daño vascular, donde los monocitos se adhieren al endotelio y producen metaloproteinasas, rompiendo la capa del endotelio propiamente y dando origen a la enfermedad cardiovascular (UNICEF et al., 2018).

En las escuelas, la evaluación antropométrica es un método económico que puede ser utilizable para la valoración nutricional, puesto que determina problemas en salud y mejora los hábitos saludables en los escolares (Gotthelf & Mendes, 2012), debido a que muchos aspectos como el tejido graso y el tejido magro son predictivos de las características físicas en la edad adulta (Gómez et al., 2013).



En este caso, el Índice de Masa Corporal (IMC) es el indicador más utilizado para cuantificar la obesidad (Moreno, 2010). Igualmente, se suele utilizar el perímetro de cintura, ya que es la única variable antropométrica que permite estimar la grasa abdominal de la cintura (Pajuelo et al., 2016). Ahora bien, en cuanto a trabajos desarrollados se ha evidenciado que la obesidad afecta negativamente la capacidad aeróbica (Fiori et al., 2020) y que los niños en edad preescolar con exceso de grasa corporal tuvieron un fitness cardiorrespiratorio significativamente más bajo (Tuan et al., 2019).

## Metodología

Este estudio es un resultado secundario del proyecto “Valoración de la coordinación motriz e indicadores de riesgo cardiovascular en escolares de la ciudad de Cúcuta”.

### Tipo de estudio

Descriptivo, de tipo correlacional, con enfoque cuantitativo y una muestra a conveniencia.

### Diseño

Se desarrolló un estudio descriptivo de tipo correlacional con enfoque cuantitativo y diseño de campo con preescolares de Cúcuta, Colombia.

### Población

Se seleccionó la muestra a conveniencia compuesta por 44 hombres y 34 mujeres con 5 años de edad y pertenecientes a los grados preescolar del Instituto Técnico Guaimaral, de la ciudad de Cúcuta.

### Criterios de inclusión

Ser preescolares de 5 años de edad y firmar el consentimiento informado por el representante legal. Para ser excluido, se debía cumplir alguna de las siguientes condiciones: 1) presentar algún tipo de patología o trastorno cardiovascular o metabólico que pudiera afectar el desempeño en las pruebas, 2) presentar alguna patología, lesión o alteración y 3) tener sensación de molestia o dolor durante la evaluación.

Cabe resaltar que los participantes podían, en cualquier momento, manifestar su intención de retiro del estudio o de otro modo, en caso de que durante el desarrollo del estudio los participantes manifestarán alguna alteración cardiovascular, hemodinámica, neurológico u osteomuscular que le impidiera continuar en el estudio.

La invitación se envió en forma de carta dentro de la agenda escolar, detallando, entre otras cosas, las pruebas por realizar y el propósito del estudio.

## Métodos

El fitness cardiorrespiratorio fue valorado por medio del 20-m shuttle-run test adaptado para preescolares propuesto por el Grupo de Investigación PROFITH “Promoting Fitness and Health through Physical Activity” y empleado en diferentes investigaciones con preescolares entre los 3 y 5 años (Cadenas-Sánchez et al., 2014; Cadenas-Sanchez et al., 2016; Martinez-Tellez et al., 2016; Labayen et al., 2018).

Este test consiste en que el participante debe desplazarse de una línea a otra situadas a 20 m de distancia y haciendo el cambio de sentido acorde al ritmo impuesto por la señal sonora, la cual va incrementando la velocidad de forma progresiva mediante una grabadora, y esta culminaría cuando a juicio del examinador el participante no sea capaz de llegar dos veces consecutivas a las líneas con la señal sonora o cuando se retire por fatiga. En este sentido, el 20-m shutte-run para preescolares la velocidad inicial es de 6,5 km/h y cada periodo tiene una duración de 1 min, de modo que cada periodo la velocidad incrementaba en 0,5 k/h, y, para esta investigación, se registró el número de periodos completados para obtener la máxima velocidad alcanzada y, por otro lado, se estimó el consumo máximo de oxígeno mediante la ecuación propuesta por Mora-Gonzalez et al., (2017) para estas edades:

$$VO_2\text{máx } 20\text{mSRT-PREFIT} = 44,657 + 1,795X1 - 2,601X2 + 0,0852X1X2$$

Dónde X1 es la velocidad máxima alcanzada en el 20mSRT-PREFIT (km h-1) y X2 es la edad de los participantes.

Las mediciones de los parámetros antropométricos fueron realizadas por los autores de este trabajo, teniendo en cuenta la literatura de consenso del Grupo Español de Cinantropometría (GREC) (Alvero et al., 2010), utilizando las siguientes herramientas: báscula Tanita BC-730 (precisión de 100 g), tallímetro de pared Seca 206 (0-220 cm; precisión 1 mm) y cinta métrica para medición corporal Seca 201 (205 cm).

De igual forma, siguiendo a Vasques et al., (2010), se recogieron datos de masa corporal, talla e índice de masa corporal con las siguientes indicaciones:

- Masa corporal: los participantes se colocan descalzos en el centro de la báscula, mirando al frente y manteniendo los brazos a lo largo del cuerpo sin moverse.
- Altura: el evaluado se ubica erguido, los talones tocándose, los brazos a los lados, la parte superior de la espalda, los glúteos y los talones en contacto con la cinta métrica, mientras se asegura de que la cabeza esté nivelada con la parte superior del cuerpo; el pabellón auricular y el borde inferior de la órbita (plano de Frankfort).
- Índice de masa corporal: muestra la masa corporal en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).
- Circunferencia de la cintura: para estas medidas, el participante permanece de pie con el abdomen relajado y los brazos cruzados frente al tórax, entre la última costilla y la cresta ilíaca.

## Plan de análisis

El análisis estadístico se llevó a cabo en el paquete estadístico SPSS V. 25 (Demo) en el cual se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el coeficiente correlacional de Spearman (95 % de confianza y p-valor de 0,05).

## Consideraciones éticas

Este estudio fue formulado teniendo en cuenta los parámetros establecidos para la investigación en humanos en la Declaración de Helsinki (Asociación

Médica Mundial, 2013) y los estándares éticos establecidos para la investigación del ejercicio y las ciencias del deporte (Harriss & Atkinson, 2013). Estudio avalado por el comité de ética e impacto ambiental de la Universidad de Pamplona, con el Acta N° 002 del 04 de marzo de 2019.

## Resultados

En la Tabla 1 se puede identificar la masa corporal, talla, índice de masa corporal y perímetro de cintura de los participantes por sexo.

**Tabla 1.** Características generales de los participantes

Participantes		Masa corporal (kg)	Talla (m)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Cintura (cm)
<b>Niñas (n = 34)</b>	Promedio	18,00	1,13	14,05	53,65
	Desv. Est.	2,48	0,05	1,62	2,63
<b>Niños (n = 44)</b>	Promedio	19,04	1,16	14,03	52,69
	Desv. Est.	3,11	0,05	2,01	8,94
<b>Total (n = 78)</b>	Promedio	18,59	1,15	54,22	54,22
	Desv. Est.	2,88	0,05	3,37	1,84

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, en la Tabla 2 se evidencia por sexo los periodos completados, el consumo máximo de oxígeno y la velocidad final alcanzada.

**Tabla 2.** Datos obtenidos en el 20-m shuttle-run PreFit

Participantes		Periodos completados	VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min)	Velocidad final (km/h)
<b>Niñas (n = 34)</b>	Promedio	4,64	50,13	8,32
	Desv. Est.	1,80	2,00	0,90
<b>Niños (n = 44)</b>	Promedio	4,91	50,43	8,45
	Desv. Est.	1,69	1,87	0,84
<b>Total (n = 78)</b>	Promedio	4,79	50,30	8,39
	Desv. Est.	1,73	1,92	0,87

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3 se evidencia que en ambos sexos el consumo máximo de oxígeno y la velocidad final no obtuvieron distribución normal ( $p < 0,05$ ); así

mismo, el perímetro de cintura no presentó distribución normal en mujeres ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 3.** Normalidad de las variables

Normalidad	IMC	Cintura	VO <sub>2</sub> máx	Veloc. Final
<b>Niñas (n = 34)</b> Shapiro-Wilk	0,32	0,11	0,00	0,00
<b>Niños (n = 44)</b> Shapiro-Wilk	0,13	0,02	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

En mujeres, la relación entre el IMC y el perímetro de cintura con el consumo máximo de oxígeno que presentaron fue negativa, pero baja ( $r < 0,30$ ) y no significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Relación entre la obesidad total y central con el fitness cardiorespiratorio en mujeres

Niñas		VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min)	Velocidad final (km/h)
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Coef. Spearman	-0,08	-0,05
	Sig. Bilateral	0,65	0,77
<b>Perímetro de cintura (cm)</b>	Coef. Spearman	-0,03	-0,03
	Sig. Bilateral	0,88	0,93

Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo, en los hombres, la relación entre el perímetro de cintura con el consumo máximo de oxígeno que presentó fue negativa, pero baja ( $r < 0,30$ ) y con el IMC una asociación positiva ( $r < 0,30$ ). Sin embargo, en ambos casos fue no significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Relación entre la obesidad total y central con el fitness cardiorespiratorio en hombres

Niños		VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min)	Velocidad final (km/h)
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	Coef. Spearman	0,12	0,13
	Sig. Bilateral	0,44	0,40
<b>Perímetro de cintura (cm)</b>	Coef. Spearman	-0,15	-0,14
	Sig. Bilateral	0,34	0,37

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre el índice de masa corporal y el perímetro de cintura con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares. Entre los resultados más significativos, se evidenció la no relación entre las variables de IMC y perímetro de cintura con el  $VO_2$ máx y la velocidad final alcanzada en la prueba por los participantes.

A partir de los resultados obtenidos, el IMC y el perímetro de cintura fue similar para ambos sexos, al comparar con otras investigaciones se obtuvieron resultados más bajos en IMC en preescolares de China ( $16,5 \pm 1,9$  kg/m<sup>2</sup> niños;  $15,9 \pm 1,8$  kg/m<sup>2</sup> niñas) (Quan et al., 2018) y España (Mora-Gonzalez et al., 2017; Labayen et al., 2018).

Por otro lado, los hombres presentaron mejores valores de la velocidad final alcanzada con respecto a las mujeres, estos datos fueron inferiores al comparar con otras investigaciones con preescolares españoles (Cadenas-Sánchez, 2014; 2016; Martínez-Tellez et al., 2016) y superiores comparando con preescolares chinos (Quan et al., 2018). Del mismo modo, el  $VO_2$ máx obtuvo mejores valores en hombres, además los datos presentados en ambos sexos fueron superiores a los encontrados con preescolares españoles del estudio (48,38 ml.kg.min) (Mora-Gonzalez et al., 2017).

Igualmente, y puesto que las vueltas obtenidas por los participantes de este estudio fueron en promedio 26 y las de este estudio de referencia fueron entre 27 a 35 vueltas, al representar una velocidad final de 8,5 km/h, categoriza a los preescolares de este estudio en unos valores inferiores al percentil 50 propuesto por Cadenas-Sánchez et al., (2018) para estas edades.

Por otra parte, entre los escasos estudios similares que han relacionado la obesidad total y central en preescolares con el fitness cardiorrespiratorio se han realizado con preescolares españoles indicando una asociación significativa y negativa del IMC ( $\beta = -0,14$ ) y el perímetro de cintura ( $\beta = -0,10$ ) con las vueltas en el PREFIT 20 m shuttle run test ( $p < 0,05$ ) (Labayen et al., 2018); así mismo, el IMC ( $\beta = -0,03$ ) y el perímetro de cintura ( $\beta = -0,10$ ) con el PREFIT 20 m shuttle run test (Martínez-Tellez et al., 2016).

Del mismo modo, recientemente se evidenció una asociación significativa entre la obesidad abdominal con un test de resistencia aeróbica en

preescolares chilenos (test de 10×20 m) (Latorre-Román et al., 2022), igualmente, los valores de adiposidad abdominal fueron más bajos en los preescolares españoles con una aptitud física más alta informada por los padres de familia mediante la Escala Internacional de Fitness (IFIS) (Sánchez-López et al., 2022).

Además, los preescolares obesos de peso normal se desempeñaron de manera más baja en la prueba de aptitud cardiorrespiratoria y tuvieron una mayor preferencia por alimentos y bebidas dulces con respecto a los preescolares no obesos de peso normal (Musálek et al., 2021). Y en una revisión sistemática y metaanálisis reciente determinó que el ejercicio aeróbico puede generar cambios en las lipoproteínas, la presión arterial y las dimensiones corporales de niños obesos con síndrome metabólico (Cao et al., 2021).

Dentro de las implicaciones prácticas de este estudio y la evidencia actual respecto de la incidencia sobre la obesidad total y central en el fitness cardiorrespiratorio en preescolares, se recomienda a los profesionales de la educación física y la salud aplicar estos indicadores de adiposidad para la estratificación de riesgos e identificación de posibles marcadores tempranos de riesgo cardio-metabólico en etapas tempranas; esto con el propósito de diseñar programas de promoción de la salud en preescolares en diferentes contextos para la disminución de la prevalencia de obesidad infantil y desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles.

Por último, se sugiere para próximas investigaciones valorar una muestra más significativa de participantes, igualmente desarrollar baremos a partir de percentiles para este grupo de edades con el propósito de establecer los niveles adecuados de fitness cardiorrespiratorio en preescolares de ambos sexos, así como el análisis de puntos de cohorte de obesidad y valorar los hábitos alimenticios de los preescolares con respecto a la aptitud física.

## Conclusión

El índice de masa corporal y el perímetro de cintura no se relacionan con el fitness cardiorrespiratorio en preescolares colombianos de 5 años.

## Referencias

- Asociación Médica Mundial. (2013). *Declaración de Helsinki de la AMM - Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. AMM.
- Abarca-Gómez, L., Abdeen, Z. A., Hamid, Z. A., Abu-Rmeileh, N. M., Acosta-Cazares, B., Acuin, C., et al. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·nine million children, adolescents, and adults. *Lancet*, *390*(10113), 2627-2642. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32129-3
- Alvero Cruz, J. R., Cabañas Armesilla, D., Herrero de Lucas, A., Martínez Riaza, L., Moreno Pascual, C., Porta Manzañido, J., Sillero Quintana, M., & Sirvent Belando, J. E. (2010). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española De Medicina del Deporte (FEMEDE). Versión 2010. *Archivos De Medicina Del Deporte*, *27*(139), 330-344.
- Cadenas-Sánchez, C., Alcántara-Moral, F., Sánchez-Delgado, G., Mora-González, J., Martínez-Téllez, B., Herrador-Colmenero, M., Jiménez-Pavón, D., Femia, P., Ruiz, J. R. & Ortega, F. B. (2014). Evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria en niños preescolares: adaptación de la prueba de carrera de ida y vuelta de 20 metros. *Nutr Hosp.*, *30*(6), 1333-1343. DOI: 10.3305/nh.2014.30.6.7859
- Cadenas-Sanchez, C., Nyström, C., Sanchez-Delgado, G., Martinez-Tellez, B., Mora-Gonzalez, J., Risinger, A. S., Ruiz, J. R., Ortega, F. B. & Löf, M. (2016). Prevalence of overweight/obesity and fitness level in preschool children from the north compared with the south of Europe: an exploration with two countries. *Pediatr Obes.*, *11*(5), 403-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijpo.12079>
- Cadenas-Sanchez, C., Intemann, T., Labayen, I., Peinado, A. B., Vidal-Conti, J., Sanchis-Moysi, J., Moliner-Urdiales, D., Rodriguez Perez, M. A., Cañete Garcia-Prieto, J., Fernández-Santos, J. D. R., Martinez-Tellez, B., Vicente-Rodríguez, G., Löf, M., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., & PREFIT project group. (2019). Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project. *Journal of science and medicine in sport*, *22*(4), 430-437. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.09.227
- Cao, Y., Zhu, L., & Liu, J. (2021). Effects of aerobic exercise on obese children with metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of pediatric endocrinology & metabolism: JPEM*, *34*(9), 1069-1079. DOI: 10.1515/jpem-2021-0295
- Duncan, A. F., & Matthews, M. A. (2018). Neurodevelopmental Outcomes in Early Childhood. *Clinics in perinatology*, *45*(3), 377-392. DOI: 10.1016/j.clp.2018.05.001
- Fiori, F., Bravo, G., Parpinel, M., Messina, G., Malavolta, R. & Lazzer, S. (2020). Relationship between body mass index and physical fitness in Italian prepubertal schoolchildren. *PLoS ONE*, *15*(5), e0233362. DOI: 10.1371/journal.pone.0233362
- Gomez, Z., Romero, E., Hernandez, A., Verdin, H., Figueroa, R., Lopez, Y., et al. (2013). Estado nutricional y perfil de lípidos en adolescentes de una escuela rural. *Revista Mexicana de Pediatría*, *80*(1), 5-9.



- Gotthelf, S., & Mendes, M. (2012). Hipertensión arterial y su asociación con variables antropométricas en adolescentes escolarizados de la ciudad de Salta (Argentina). *Rev Fed Arg Cardiol*, 41(2), 96-102.
- Harriss, D. J., & Atkinson, G. (2013). Ethical standards in sport and exercise science research: 2014 update. *International journal of sports medicine*, 34(12), 1025-1028. DOI: 10.1055/s-0033-1358756
- Högström, G., Nordström, A., & Nordström, P. (2014). High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: a nationwide cohort study in men. *European heart journal*, 35(44), 3133-3140. DOI: 10.1093/eurheartj/eh527
- Jankowski, M., Niedzielska, A., Brzezinski, M., & Drabik, J. (2015). Cardiorespiratory fitness in children: a simple screening test for population studies. *Pediatric cardiology*, 36(1), 27-32. DOI: 10.1007/s00246-014-0960-0
- Labayen Goñi, I., Arenaza, L., Medrano, M., García, N., Cadenas-Sanchez, C., & Ortega, F. B. (2018). Associations between the adherence to the Mediterranean diet and cardiorespiratory fitness with total and central obesity in preschool children: the PREFIT project. *European journal of nutrition*, 57(8), 2975-2983. DOI: 10.1007/s00394-017-1571-3
- Latorre-Román, P. Á., Guzmán-Guzmán, I. P., Antonio Párraga-Montilla, J., Caamaño-Navarrete, F., Salas-Sánchez, J., Palomino-Devia, C., Reyes-Oyola, F. A., Álvarez, C., de la Casa-Pérez, A., Cardona Linares, A. J., & Delgado-Floody, P. (2022). Healthy lifestyles and physical fitness are associated with abdominal obesity among Latin-American and Spanish preschool children: A cross-cultural study. *Pediatric obesity*, 17(7), e12901. DOI: 10.1111/ijpo.12901
- Martinez-Tellez, B., Sanchez-Delgado, G., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Martín-Matillas, M., Löf, M., Ortega, F. B., & Ruiz, J. R. (2016). Health-related physical fitness is associated with total and central body fat in preschool children aged 3 to 5 years. *Pediatric obesity*, 11(6), 468-474. DOI: 10.1111/ijpo.12088
- Moreno González, M. I. (2010). Circunferencia de cintura: una medición importante y útil del riesgo cardiometabólico. *Rev Chil Cardiol.*, 29(1), 85-87.
- Musálek, M., Sedlak, P., Dvořáková, H., Vážná, A., Novák, J., Kokštejn, J., Vokounová, Š., Beránková, A., & Pařízková, J. (2021). Insufficient Physical Fitness and Deficits in Basic Eating Habits in Normal-Weight Obese Children Are Apparent from Pre-School Age or Sooner. *Nutrients*, 13(10), 3464. DOI: 10.3390/nu13103464
- Organización Mundial de la Salud. (2019a). *Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Sobrepeso y obesidad infantiles. Aumento del sobrepeso y la obesidad infantiles*. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2019b). *Comisión para acabar con la obesidad infantil. Datos y cifras sobre obesidad infantil*. OMS.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019). *Obesity Update 2017*. OCDE.

- Pajuelo Ramírez, J., Sánchez Abanto, J., Álvarez Dongo, D., Tarqui Mamani, C., & Bustamente Valdivia, A. (2016). La circunferencia de la cintura en adolescentes del Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 111-116.
- Sánchez-López, M., García-Hermoso, A., Ortega, F. B., Moliner-Urdiales, D., Labayen, I., Castro-Piñero, J., Benito, P. J., Vicente-Rodríguez, G., Sanchis-Moysi, J., Cantalops, J., Artero, E. G., & Martínez-Vizcaíno, V. (2022). Validity and reliability of the international fitness scale (IFIS) in preschool children. *European journal of sport science*, 1-11. DOI: 10.1080/17461391.2022.2049884
- Quan, M., Zhang, H., Zhang, J., Zhou, T., Zhang, J., Zhao, G., Fang, H., Sun, S., Wang, R., & Chen, P. (2018). Preschoolers' Technology-Assessed Physical Activity and Cognitive Function: A Cross-Sectional Study. *Journal of clinical medicine*, 7(5), 108. DOI: 10.3390/jcm7050108
- Tuan, S. H., Li, C. H., Sun, S. F., Li, M. H., Liou, I. H., Weng, T. P., Chen, I. H., & Lin, K. L. (2019). Comparison of cardiorespiratory fitness between preschool children with normal and excess body adipose ~ An observational study. *PLoS one*, 14(10), e0223907. DOI: 10.1371/journal.pone.0223907
- UNICEF-OMS-Banco Mundial. (2023). *Estimaciones conjuntas de la malnutrición infantil (JME). Niveles y tendencias*. Edición 2023. <https://n9.cl/b8k23>
- Vasques, A. C., Rosado, L., Rosado, G., Ribeiro, R. C., Franceschini, S., & Geloneze, B. (2010). Indicadores antropométricos de resistência à insulina. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 95(1), 14-23.

# Evaluación de la actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia

# 7

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.07>

**Diego Alonso Sánchez Rodríguez**

*Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA*

**Catalina Gutiérrez Gómez**

*Fundación Universitaria del Área Andina*

**Esteban Muñoz Salamanca**

**Néstor Ordoñez Saavedra**

**Jeansy Alonso Rodríguez Buitrago**

**Ana María Arias Castaño**

*Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA*

**Julie Hortencia Gómez Solano**

*Universidad Nacional Abierta y a Distancia*

**Resumen.** Este capítulo examina los niveles de actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia. Metodología: estudio descriptivo de tipo transversal, con cuestionario IPAQ. Población: 2000 personas (1048 hombres, 952 mujeres). La información se reúne a partir de datos antropométricos y análisis de la composición corporal. Resultados: se encontraron antecedentes de Enfermedades No Transmisibles (ENT) de hipertensión (19,6 %) y diabetes (26,7 %); así mismo, aumentan el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares debido al sobrepeso (17,25 %). Las actividades físicas se caracterizaron desde lo cotidiano, así como de tipo sedentario, desde los videojuegos al uso de tecnologías de tipología sedentaria. Se concluye que, aunque la actividad física en la localidad de Suba ha disminuido las ENT, se requiere de intervención para la población, en situación de discapacidad.

**Palabras clave:** actividad física; circunferencia abdominal; enfermedad no transmisible; IMC; IPAQ; localidad de Suba

**Diego Alonso Sánchez Rodríguez**

Doctorando Ciencia del Deporte, Universidad de Coimbra, Portugal. Magíster en Entrenamiento Deportivo, ISCF Manuel Fajardo, Cuba. Licenciado en Educación Física, Universidad Pedagógica Nacional.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4110-1572> - Contacto: [disanchez@udca.edu.co](mailto:disanchez@udca.edu.co)

**Catalina Gutiérrez Gómez**

Doctoranda en Salud, Ejercicio y Entrenamiento de la Universidad de Würzburg, Alemania. Magíster en Ciencias del Deporte, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Profesional en Ciencias del Deporte.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9004-2615> - Contacto: [cgutierrez35@areandina.edu.co](mailto:cgutierrez35@areandina.edu.co)

**Esteban Muñoz Salamanca**

Profesional en Ciencias del Deporte, con experiencia en actividad física, entrenamiento personal y deportes de combate, en el ámbito privado y público.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-2773> - Contacto: [estmunoz@udca.edu.co](mailto:estmunoz@udca.edu.co)

**Néstor Ordoñez Saavedra**

Magíster en Derecho, Universidad Sergio Arboleda, Colombia. Abogado.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5590-7406> - Contacto: [nordonez@udca.edu.co](mailto:nordonez@udca.edu.co)

**Jeansy Alonso Rodríguez Buitrago**

Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad Pablo de Olavide, España. Magíster en Pedagogía de la Cultura Física, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Especialista en Docencia para la Educación Superior. Especialista Biometodología del Entrenamiento Deportivo, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Profesional en Ciencias del Deporte.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3093-7198> - Contacto: [alonsor@udca.edu.co](mailto:alonsor@udca.edu.co)

**Ana María Arias Castaño**

Doctoranda en Ciencias de la Actividad física y el Deporte. Universidad Pablo de Olavide, España. Magister en Ciencias del Deporte. Profesional en Ciencias del Deporte, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1812-6544> - Contacto: [anarias@udca.edu.co](mailto:anarias@udca.edu.co)

**Julie Hortencia Gómez Solano**

Doctoranda en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad Pablo de Olavide, España. Magíster en Ciencias del Deporte. Profesional en Ciencias del Deporte, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2942-3563> - Contacto: [julie.gomez@unad.edu.co](mailto:julie.gomez@unad.edu.co)

**Citación APA:** Sánchez Rodríguez, D. A., Gutiérrez Gómez, C., Muñoz Salamanca, E., Ordoñez Saavedra, N., Rodríguez Buitrago, J. A., Arias Castaño, A. M., & Gómez Solano, J. H. (2024). Evaluación de la actividad física de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá, Colombia. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 151-167). Sello Editorial ESMIC.

<https://doi.org/10.21830/9786289640205.07>

**Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud**

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) precisa que la actividad física (AF) refleja “todo movimiento que forma parte de la vida diaria, incluyendo el trabajo, la recreación, el ejercicio y las actividades deportivas” (OMS, 2020, p. 42). De esta manera, el ejercicio físico es definido “como una AF planificada, estructurada y repetitiva que tiene como objetivo mejorar o mantener los componentes de la forma física” (Caspersen et al., 1985, p. 128); la ausencia de AF o ejercicio físico es una de las principales causas de factores del sedentarismo, siendo una de las preocupaciones a nivel mundial para la salud pública, resaltando que más del 60 % de la población mundial está inactiva físicamente (ACSM, 2014). Este factor es mucho más notorio en países desarrollados comparado con aquellos que se encuentran vía de desarrollo, donde problemáticas ambientales y sociales generan condiciones no aptas para sus habitantes, como el tráfico que daña el aire que se respira cuando se hacen actividades para ejercitar, el aumento de la pobreza, situaciones de inseguridad (Cerin et al., 2015).

La OMS (2020) determinó que existen tres factores fundamentales para que se genere esta problemática: 1) el envejecimiento de la población, 2) la urbanización rápida y no planificada y 3) la globalización. Estos factores sumados al aumento de polución de las ciudades capitales, de la movilidad vehicular ha generado reducción de los espacios públicos para desarrollar actividades físicas y actualmente se favorece la creación y ejecución de espacios privados que no son de acceso para todas las personas, debido a los elevados costos. Otro aspecto es la globalización y el consumismo, factores de los cuales se derivan hábitos no saludables en la alimentación, especialmente, en la población infantil y juvenil que se ve inmersa en esta nueva ola de comidas hipercalóricas, generando niveles altos de colesterol y triglicéridos en el organismo, lo que ha determinado que la salud física de la población mundial se deteriore (Drezner, et al., 2016)

Por lo anterior, el presente documento realiza una indagación y describe la situación de habitantes de la localidad de Suba, en Bogotá D.C., como antecedente a futuras intervenciones, así como, la posibilidad de la formulación de políticas públicas en materia de actividad física y salud.

## Marco teórico

Existen diferentes métodos para medir el nivel de esfuerzo que realiza una persona al realizar una AF o un ejercicio, entre los cuales se encuentran la medición de la frecuencia cardiaca (FC), la Escala de Percepción del Esfuerzo (EPE), como el caso de Borg y el test de esfuerzo percibido. Entre otros métodos: 1) métodos objetivos (pulsómetros, acelerómetro, podómetro) y b) métodos subjetivos (autoinformación, cuestionarios, entrevistas).

Así mismo, el Método del Equivalente Metabólico (MET), que es una unidad metabólica en la cual se determina la cantidad de energía representada por el oxígeno que el cuerpo utiliza cuando genera alguna actividad, por ejemplo, al estar sentado o leyendo un libro (Ainsworth, et al., 2000). La intensidad se puede describir como un múltiplo de este valor. Cuanto más intenso se determinen los niveles de AF, más elevado son los valores de los MET en los que se está trabajando.

- Cualquier actividad que consuma 3-6 MET se considera de intensidad moderada.
- Cualquier actividad que consuma > 6 MET se considera de intensidad vigorosa.

**Tabla 1.** Descriptores de actividades en MET

Actividad	Intensidad	Intensidad MET
<b>Planchar</b>	Leve	2,3
<b>Limpiar y quitar el polvo</b>	Leve	2,5
<b>Pasear o andar a 3-4 km/h</b>	Leve	2,5
<b>Pintar/decorar</b>	Moderada	3,0
<b>Pasear o andar a 4-6 km/h</b>	Moderada	3,3
<b>Pasar la aspiradora</b>	Moderada	3,5
<b>Golf (caminando, sacando los palos)</b>	Moderada	4,3
<b>Bádminton (por diversión)</b>	Moderada	4,5
<b>Tenis dobles</b>	Moderada	5,0
<b>Andar a paso ligero 6 km/h</b>	Moderada	5,0
<b>Cortar el césped</b>	Moderada	5,5
<b>Andar en bicicleta de 16-19 km/h</b>	Moderada	6,0
<b>Baile aeróbico</b>	Vigorosa	6,5
<b>Andar en bicicleta 19-22 km/h</b>	Vigorosa	8,0
<b>Nadar estilo crol lento a 45 m/min</b>	Vigorosa	8,0

Continúa tabla...

Actividad	Intensidad	Intensidad MET
Tenis individual	Vigorosa	8,0
Correr a 9-10 km/h	Vigorosa	10,0
Correr a 10-12 km/h	Vigorosa	11,5
Correr a 12-14 km/h	Vigorosa	13,5

Fuente: elaboración propia con base en Ainsworth, et al., (2000).

## Caracterización de la actividad física por medio del IPAQ

El International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) está interesado en averiguar los tipos de actividades físicas que las personas realizan como parte de su vida diaria. Las respuestas ayudarán a comparar los niveles de AF en los diferentes países y cuáles son las tareas que realizan, la frecuencia e intensidad con las que se ejecutan. Este cuestionario está compuesto por siete preguntas, que buscan evaluar los niveles de actividad física a partir de tareas de intensidad vigorosa, media y tiempo de caminata durante los últimos siete (7) días; así mismo, analizar el estado de quietud total generado en este mismo periodo. Las tareas por desarrollar se tienen en cuenta en todos los escenarios de la vida cotidiana desde el trabajo, oficios generales del hogar, jardinería o espacios que la persona dedique directamente al ejercicio deportes (Bayraktar, et al., 2021).

## Antecedentes del IPAQ

El uso del IPAQ ha mostrado resultados positivos en varios trabajos y es empleado en diferentes poblaciones. A pesar de las ventajas del IPAQ y de la gama de poblaciones evaluadas, como por ejemplo niños y adolescentes, se analizó la práctica regular de AF mediante cuestionarios aplicados en población educativa, verificando que esta representa un hábito que tiene una alta relación estadísticamente significativa con una alimentación saludable, bajo consumo de bebidas alcohólicas y cigarrillo (Craig, et al., 2003).

La AF y el ejercicio se componen de cuatro factores relevantes para el desarrollo y organización: 1) la intensidad o nivel de esfuerzo, 2) la frecuencia que se refleja en la cantidad de repeticiones, 3) el tiempo que

hace referencia a la duración y 4) el tipo que indica las clases de actividad que se realizan (Loprinzi et al., 2013). Con frecuencia, esta dosis se expresa en términos de gasto de energía (consumo de calorías), indicando si la AF es más intensa o si el individuo puede gastar calorías de forma más rápida, lo que puede reducir la cantidad de tiempo empleado para quemar una cantidad establecida de calorías (Medina et al., 2013).

El estudio realizado en la ciudad de Buenos Aires para la población adulta de 35 a 69 años con una muestra total de 174 personas, de ellas el 52,02 % correspondieron al sexo femenino y el 47,98 % al masculino, determinó que el 30,64 % realiza una actividad que le reporta beneficios a la salud, conociendo el nivel de AF, se determinó que las personas inactivas y mínimamente activas generan la prevalencia a Diabetes Mellitus II, hipercolesterolemia, hipertensión hipertrigliceridemia y sobrepeso, en comparación que el otro grupo (Echegaray & Bazán, 2008). En la ciudad de Bogotá, se realizó un estudio en la Universidad Nacional, con el objetivo de determinar la relación entre el nivel de AF, la percepción de los beneficios, las barreras y la autoeficacia en un grupo de empleados de 18 a 65 años con factores de riesgo cardiovascular; la población conformada por 243 empleados, representados con el 65,8 %, quienes eran activos físicamente, los hombres 70,9 % y las mujeres 61,7 %. Se concluyó que los hombres son más activos físicamente que las mujeres, los niveles de AF se elevan con la edad y disminuyen cuando aumenta el nivel educativo (Becerra & Díaz, 2012).

En Colombia, desde 2009, las principales causas de mortalidad han sido las enfermedades cardiovasculares (14,6 %), enfermedades cerebrovasculares (7,4 %), las agresiones (homicidios) (7,1 %), las enfermedades de vías respiratorias (5,7 %), cambiando notoriamente cifras descritas en la década anterior (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2010).

La Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN, 2015) reveló que el 35 % de la población consume exceso de carbohidratos y el 25,8 % tiene una dieta con exceso de grasas saturadas; el consumo de alcohol y cigarrillo aumenta al 10,3 % y 13 %; menos del 50 % de los colombianos realiza el mínimo de AF recomendada. En relación con los



datos obtenidos en la ciudad de Bogotá, se evidenció cambios negativos, mostrando que los niños de 5 a 17 años presentaron un 16,4 % de sobrepeso y 4,6 % de obesidad, es decir, cerca de un 21 % presenta exceso de peso, incrementando comparativamente con el 2005 que era de 17,4 %. Otros resultados reflejaron que el 69,9 % de los niños de Bogotá, entre 5 a 12 años, dedica más de dos horas a ver televisión y a los videos juegos, cifra solo superada por Cundinamarca. Bogotá presentó una prevalencia al sobrepeso del 76,6 % en niños y adolescentes de 13 a 17 años; así un porcentaje importante de las personas adultas de 18 a 64 años cumple con las recomendaciones de la OMS, al acumular 150 min semanales de AF, donde un 18,3 % realiza estas tareas en su tiempo libre, el 45,5 % lo realiza por actividades de caminata y 4,3 % emplea la bicicleta como su medio de transporte respectivamente (Fajardo & Ángel, 2012).

Actualmente, los bogotanos se encuentran físicamente menos activos, lo que ha generado un aumento del sobrepeso y la obesidad en la ciudad; la promoción de nuevos medios para que la población realice más AF en su tiempo libre es una de las preocupaciones de las entidades distritales, por lo que se desarrollan programas como “Muévete Bogotá”, el cual representa una estrategia pedagógica, promocional y de intervención que busca modificar el estilo de vida de los habitantes del distrito mediante la acumulación de por lo menos 150 min de AF a la semana en los adultos y 1 hora al día en niños y adolescentes, con el propósito de mejorar la calidad y expectativa de vida (SCRD, 2013). Por lo anterior, se han implementado programas en la mayoría de localidades de la ciudad como Suba, que por medio de la administración local y el programa “Deporte, Actividad Física y Recreación para Suba”, ha implementado escenarios para la práctica deportiva que permiten la inclusión de toda la comunidad, teniendo en cuenta aquellos sectores vulnerables donde no se contaba con la posibilidad de ejercitarse por la falta de espacios y programas que incentivan la práctica de AF (González et al., 2014). Datos de la Secretaría de Planeación sobre aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos de la localidad encontró que en la localidad se ubican 21 equipamientos recreativos y deportivos que corresponden a 4 de cajas de compensación, 1 centro hípico, 15 clubes privados y 1 coliseo.

En lo referente a parques, según la base de datos del Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD, 2010), en esta localidad se encuentran 801 parques que suman 3.718.019 m<sup>2</sup>, lo que equivale a 3,7 m<sup>2</sup> por habitante; este indicador es el noveno más bajo con respecto al promedio de las demás localidades y está por debajo del promedio de la ciudad que registra 4,3 m<sup>2</sup>/hab (Secretaría de Planeación Distrital, 2009, p. 46).

## Metodología

### Tipo de estudio

Se desarrolló un estudio descriptivo de tipo transversal, efectuado por medio del Cuestionario Internacional de la Actividad Física, IPAQ versión corta (International Physical Activity Questionnaire, IPAQ. 2022), aplicado en la localidad de Suba, de la ciudad de Bogotá (Colombia); este instrumento ha sido ampliamente empleado en otras investigaciones en el país y validado transculturalmente (Mantilla & Gómez, 2007; Angarita, 2010; Corredor & Mendoza, 2018; Arango-Vélez et al., 2020).

### Población y muestra

El estudio fue dirigido a personas entre 15 y 65 años que se encuestaron de manera aleatoria y por conveniencia, en un total de 2000 personas habitantes de la localidad de Suba de la ciudad de Bogotá (Colombia). Esta es una muestra de tipo aleatorio por conveniencia donde no se tiene en cuenta el nivel socioeconómico y ubicación geográfica, bajo participación voluntaria.

### Procedimiento

1. Se informa del objetivo de la investigación a todos los participantes, seguidamente firman el consentimiento informado y acceden al tratamiento de datos.
2. Se recolecta la información sobre sexo, edad, nivel escolar, sistema de salud, condición motora, antecedentes familiares,
3. Se toman las medidas antropométricas básicas con las cuales se determina el Índice de Masa Corporal (IMC), y de esta manera clasificar las personas por su peso (bajo, normal, sobrepeso).

4. Se aplica el cuestionario IPAQ versión corta, donde se autorreportan y evidencian los niveles de AF realizada por las personas en los últimos 7 días, tomando como referencia la actividad vigorosa, moderada o baja; adicional sobre este cuestionario se responde sobre antecedentes de enfermedades contagiosas no transmisibles (sobrepeso, diabetes y tensión arterial alta).
5. Por último, se realiza el análisis de las variables antropométricas por medio de una báscula Tanita (BC558) y una cinta métrica.
6. Posteriormente, se estructura el análisis sobre un proceso estadístico con ayuda del *software* Jeffrey's Amazing Statistics Program (JASP, versión 14.1). Se realiza un análisis de la información soportado en la estadística descriptiva (medidas de tendencia central y de dispersión). Se genera una comparación de los datos por fases etarias, por medio de la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas. Por lo tanto, se verifica la normalidad de los datos empleando una prueba de Shapiro-Wilk

## Consideraciones éticas

Para este proceso investigativo se contemplaron los procedimientos éticos emitidos en la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 de 1993 emitida por el MinSalud de Colombia; así como el aval de Comité de Ética de las instituciones participantes.

## Resultados

Los resultados del proceso investigativo se estructuran según género y rango de edades. A continuación, describimos los datos sociodemográficos, En relación con las variables de formación académica, cobertura de salud donde se especifican las condiciones sociales de la población (Tabla 2), se establecen características de nivel académico, donde se observa que los habitantes encuestados presentan diferentes niveles de formación. El 4,75 % posee formación primaria; en su mayoría, los encuestados han finalizado la secundaria (43,45 %). De esta manera, la formación de profesionales en diferentes áreas genera una marca dominante con el 51,6 %, por lo cual,

puede asociarse con la preocupación y concientización de asistir a centros de mantenimiento físico o actividades en el orden de la formación física.

**Tabla 2.** Información sociodemográfica por escolaridad

	N	Hombres	Mujeres
<b>Nivel de Escolaridad</b>	Primaria	95	43
	Bachillerato	869	356
	Técnico	290	167
	Tecnólogo	174	95
	Universitario	572	291
<b>Total</b>	<b>1048</b>	<b>952</b>	

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 resalta la relación de los antecedentes familiares y arroja que las personas medidas y encuestadas de la localidad de Suba tienen una predisposición alta a sufrir de diabetes con un 26,7 %, principalmente, seguida de la hipertensión con el 19,6 % y el sobrepeso, por último, con el 17,25 %, lo que es motivo de preocupación. Por ende, muchas de las personas analizadas pueden participar de programas de AF sistemática. De acuerdo con la OMS (2020), más del 60 % de los adultos no efectúa los niveles suficientes de AF benéficos para la salud.

**Tabla 3.** Caracterización factores de salud y antecedentes

	N	Hombres	Mujeres
<b>Salud</b>	EPS	1603	784
	Sisben	349	141
	No tiene	48	27
<b>Total</b>	<b>1048</b>	<b>952</b>	
		Hombres	Mujeres
<b>Antecedentes</b>	NS/NR	237	101
	Hipertensión	392	218
	Diabetes Mellitus	541	287
	Sobrepeso	362	128
	Enfermedad cardiovascular	214	99
	Cáncer	182	92
	EPOC	72	27
<b>Total</b>	<b>1048</b>	<b>952</b>	

Fuente: elaboración propia.

Las Tablas 4 y 5 determinan la cantidad de personas que se relacionan según el IMC de acuerdo con la clasificación de la OMS (2020).

**Tabla 4.** Caracterización del Índice de Masa Corporal de mujeres de la localidad de Suba

Mujeres	N	Peso bajo	Peso normal	Pre-obesidad	Obesidad tipo 1	Obesidad tipo 2	Obesidad tipo 3
18 a 25 años	89	10	32	12	26	7	2
26 a 35 años	379	53	157	84	57	27	1
36 a 45 años	236	18	106	59	42	7	4
46 a 55 años	141	19	58	19	38	4	2
56 a 65 años	107	5	50	20	16	11	5

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 5.** Caracterización del Índice de Masa Corporal de hombres de la localidad de Suba

Hombres	N	Peso bajo	Peso normal	Pre-obesidad	Obesidad tipo 1	Obesidad tipo 2	Obesidad tipo 3
18 a 25 años	286	21	80	84	65	31	5
26 a 35 años	200	26	40	65	52	17	0
36 a 45 años	262	14	65	105	68	5	5
46 a 55 años	187	15	34	48	69	6	16
56 a 65 años	113	7	29	41	20	13	3

Fuente: elaboración propia.

La tabla 6 determina la relación entre grupos del IMC y la Circunferencia Abdominal (CA), generando la relación de las variables con el valor de significancia  $p < 0,005$ . Los valores de la CA se determinan según los elementos relacionados por la OMS (2020), que representa para mujeres bajo riesgo con valores  $< 79$ , riesgo incrementado 80 a 87 y alto riesgo  $> 88$ ; en el caso de los hombres se refiere un bajo riesgo con valores  $< 93$ , riesgo incrementado 94 a 101 y alto riesgo  $> 102$  (WHO, 2020, p. 47).

Se evidencian diferencias estadísticamente significativas en los grupos de 18 a 25 y 46 a 55 años en las mujeres; se desarrolla una tendencia de riesgo cardiometabólico y es importante generar acciones de prevención en

estas fases etarias. En el caso de los hombres, las edades de 36 a 45 y 56 a 65 años son las de mayor prevalencia al riesgo.

**Tabla 6.** Comparación IMC y Circunferencia de Abdominal de la población de estudio

	Mujeres			Hombres		
	IMC	Circunferencia abdominal	Sig	IMC	Circunferencia abdominal	Sig
18 a 25 años	24,45 <sup>a</sup>	83,24 <sup>a</sup>	0,004*	23,34 <sup>a</sup>	89,43 <sup>a</sup>	0,021
	6,39 <sup>b</sup>	7,38 <sup>b</sup>		8,31 <sup>b</sup>	12,10 <sup>b</sup>	
26 a 35 años	25,37 <sup>a</sup>	89,12 <sup>a</sup>	0,024	27,83 <sup>a</sup>	97,64 <sup>a</sup>	0,024
	13,58 <sup>b</sup>	14,34 <sup>b</sup>		10,32 <sup>b</sup>	19,69 <sup>b</sup>	
36 a 45 años	29,74 <sup>a</sup>	78,58 <sup>a</sup>	0,084	31,45 <sup>a</sup>	98,69 <sup>a</sup>	0,001*
	11,93 <sup>b</sup>	18,49 <sup>b</sup>		19,73 <sup>b</sup>	6,38 <sup>b</sup>	
46 a 55 años	27,96 <sup>a</sup>	84,21 <sup>a</sup>	0,001*	28,41 <sup>a</sup>	103,55 <sup>a</sup>	0,017
	8,54 <sup>b</sup>	7,48 <sup>b</sup>		12,46 <sup>b</sup>	25,67 <sup>b</sup>	
56 a 65 años	26,74 <sup>a</sup>	91,49 <sup>a</sup>	0,018	27,58 <sup>a</sup>	96,38 <sup>a</sup>	0,003*
	7,92 <sup>b</sup>	22,63 <sup>b</sup>		14,27 <sup>b</sup>	10,47 <sup>b</sup>	

<sup>a</sup>Promedio, <sup>b</sup>Desviación Estándar, \*Nivel de significancia con diferencias significativa

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

En la actualidad se sabe que los buenos hábitos en la vida cotidiana como una dieta saludable, hacer actividad física regular y evitar hábitos poco saludables (fumar, consumir bebidas alcohólicas, etc.), pueden reducir el riesgo de sufrir enfermedades como la hipertensión, diabetes y el sobrepeso (Carvalho et al., 2012). Pero es importante resaltar que la predisposición genética cumple un papel fundamental para la prevalencia de enfermedades que provienen de nuestros genes, enfermedades que vamos desarrollando en diferentes etapas de nuestra vida y no están directamente relacionadas con nuestro estilo de vida. Esta predisposición genética a sufrir o no de alguna enfermedad se determina analizando la continuidad genealógica de nuestra familia, que en las generaciones precedentes han desarrollado alguna enfermedad en particular durante su vida y que debemos tener presente para poder generar acciones en nuestra vida cotidiana que nos ayuden a reducir el riesgo de desarrollar la enfermedad. Los antecedentes familiares en el presente estudio han arrojado que las personas medidas y encuestadas de

la localidad Suba tienen una predisposición alta a sufrir de diabetes con un 26,7 % principalmente, seguida de la hipertensión con el 19,6 % y el sobrepeso por último con el 17,25 %, lo que es motivo de preocupación, por ende, muchas de las personas estudiadas propenden por la realización de actividad física sistemática.

La AF en el caso femenino ayuda a prevenir este tipo de enfermedades, ya que la mitad de las muertes de mujeres se presenta por encima de los 50 años a causas de enfermedades cardiovasculares (ACSM, 2014). En su estudio, Carvalho et al. (2012) indican que la AF moderada y los cambios de hábitos alimenticios pueden prevenir más de la mitad de los casos de diabetes no insulino dependientes. De igual manera, la prevención de la osteoporosis especialmente después de la etapa de la menopausia, así como la frecuencia de la depresión que puede tener una incidencia del doble en relación con los hombres, por lo que la AF disminuye los riesgos de estrés y ansiedad.

El IMC es un estándar para conocer la situación de nuestro peso relacionada con la talla. Es importante tener en cuenta que el IMC no es un indicativo funcional para todos los grupos poblacionales; las personas menores de 18 años, las mujeres en estado de embarazo, las personas enfermas y las personas dedicadas al deporte de rendimiento (De Almeida et al., 2012), especialmente personas con un índice de masa muscular muy elevado no deben recurrir a la toma del IMC teniendo en cuenta que el dato arrojado será muy elevado (peso magro) y no estará acorde con la realidad del individuo, pero al contrario en las personas del común es un indicador de referencia. Los resultados de la toma de datos pueden determinar si se encuentran en peso bajo, peso normal, sobrepeso, obesidad y obesidad mórbida.

Seidell et al. (2011) asocian la circunferencia abdominal con enfermedades coronarias, hiperglicemias, intolerancia a la glucosa e hipertrigliceridemia, al igual que Arauzet al. (2013) que relacionan este factor con prevalencia de morbimortalidad.

Para De Almeida et al. (2012), la asociación entre la circunferencia abdominal con enfermedades coronarias, hiperglicemias, intolerancia a la glucosa e hipertrigliceridemia, afirmando las pesquisas elaboradas por la

OMS (2010), cuando se propusieron los puntos de corte (umbrales) para identificar personas en riesgo, estableciendo tres categorías, “bajo riesgo”  $\leq 79$  cm en mujeres y  $\leq 93$  cm en hombres; “riesgo incrementado” de 80 a 87 cm en mujeres y de 94 a 101 cm en hombres, y “alto riesgo”  $\geq 88$  cm en mujeres y  $\geq 102$  cm en hombres (Araúz et al., 2013). Pero hay controversia sobre los valores de corte apropiados para los diferentes grupos étnicos o raciales (Seidell et al., 2011).

Por lo tanto, se observa que los promedios de personas del estudio están en valores adecuados, lo que permite deducir un aspecto favorable para la prevención de enfermedades metabólicas y coronarias; no obstante, se debe tener cuidado, pues se presentan algunos casos extremos de circunferencias que pasan de los niveles deseados, tanto en el límite superior, como en el inferior. Se puede indicar que la relación con la calidad de vida de esta población tiene una influencia con su estado de salud, donde esta refleja los efectos funcionales de una enfermedad y su consecuente tratamiento (Cramer & Spilker, 2018; Rejeski et al., 2016).

## Conclusiones

La tendencia a la obesidad por parte de la población, que actualmente es más prevalente en hombres que en mujeres, genera la necesidad de desarrollar programas de prevención y promoción para adherir estilos de vida más saludables y mitigar la aparición de enfermedades en el tiempo.

Personas de nivel académico superior se preocupan más por realizar actividad física, con la edad se hace importante realizar actividad física sistemática; no obstante, unos porcentajes bajos de los evaluados son del grupo de adulto mayor, lo que deja ver que no hay asistencia a centros de actividad física de manera significativa de estos grupos poblacionales.

Un nivel vigoroso de actividad física se asocia con la predominancia de la circunferencia abdominal (promedio 72,18 cm), donde recomendaciones de expertos permiten establecer que hay concordancia con los niveles de actividad física hallados con la circunferencia abdominal y el IMC de los habitantes de Suba.



Se recomienda estructurar redes de actividad física en la localidad con acompañamiento de campañas de estilos de vida saludables y asesorías nutricionales.

## Referencias

- Angarita, A. (2010). *Evaluación de la reproductibilidad del International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) y del Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) en una población adulta del área urbana de Bucaramanga* (Tesis de maestría). Universidad Industrial de Santander [UIS].
- Arango-Vélez EF, Echavarría-Rodríguez AM, Aguilar-González FA, Patiño-Villada FA. (2020). Validación de dos cuestionarios para evaluar el nivel de actividad física y el tiempo sedentario en una comunidad universitaria de Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*. 38(1) DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v38n1e334156>
- Ainsworth, B., Haskell, W., Whitt, M., Irwin, M., Swartz, A., Strath, S., . . . Leon, A. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine Science and Sports Exercise*, 498-504.
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2014). Valoración de la salud y evaluación de riesgos. En A. C. *Medicine, Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio* (3ª edición ed., págs. 31-85). Barcelona: Paidotribo.
- Aráuz, A.G., Guzmán S, Roselló, M, & Núñez H. (2013). *Manual de procedimiento para la medición de la circunferencia abdominal*. España, Paidotribo.
- Bayraktar, D., Karsli, T., Kaya, D., Sarac, D., Gucenmez, S., Gercik, O., . . . Akar, S. (2021). Is the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) a valid assessment tool for measuring physical activity of patients with axial spondyloarthritis? *Musculoskeletal Science and Practice*, 1-20.
- Becerra, M., & Díaz, L. (2012). Niveles de actividad física, beneficios, barreras y auto-eficacia en un grupo de empleados oficiales. Universidad Nacional de Colombia. *Avances Enfermería*, 45-54.
- Carvalho, W.R., Dos Santos, E.D., Moreira, E.S., & Guerra-Júnior, G.R. (2012). Effect of programmed physical activity on the physical fitness of adolescent students. *Revista Brasileira de Cineantropometría e Desempenho Humano*, 12(2), 98-105.
- Caspersen, C., Powel, K., & Christenson, G. (1985). Physical activity, exercise and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Report*, 126-131.
- Cerin, E., Leslie, E., Bauman, A., & Owen, N. (2015). Levels of physical activity for colon cancer prevention compared with generic public health recommendations: population prevalence and sociodemographic correlates. *Cancer Epidemiology Biomarkers Preview*, 1000-1002.

- Craig, C., Marshall, A., Sjöström, M., Bauman, A., Booth, M., Ainsworth, B., . . . Oja, P. (2003). International Physical Activity Questionnaire: 12-Country reliability and validity. *Medicine Science Sports Exercise*, 1381-1395.
- Cramer, J.A., & Spilker, B. (2018). *Quality of Life and Pharmacoeconomics: An Introduction*. Lippincott-Raven.
- Corredor-López, D. & Mendoza-Romero, D. (2018). *Validez de constructo del cuestionario PAQ-A en adolescents de escuelas deportivas de Bogotá, Colombia* (Tesis de maestría). Universidad del Rosario.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2010). *Metodología y cifras del cálculo de defunciones nacionales*. DANE.
- De Almeida, R.T., Guimarães, M. & Araújo, T.M. (2012). Obesidade abdominal e risco cardiovascular: desempenho de indicadores antropométricos em mulheres. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 92-95.
- Drezner, J., O Connor, F., Harmon, K., Fields, K., Asplund, C., Asif, I., . . . Roberts, W. (2016). AMSSM position statement on cardiovascular preparticipation screening in athletes: current evidence, knowledge gaps, recommendations, and future directions. *Current Sports Medicine Reports*, 359-375.
- Echegaray, N., & Bazán, N. (2008). Evaluación del nivel de actividad física mediante la aplicación del cuestionario internacional de actividad física IPAQ en una muestra de población adulta (35-69 años) de la ciudad de Buenos Aires. *Revista Universidad de Ciencias Aplicadas al Deporte*, 12-16.
- Fajardo, E., & Ángel, L. (2012). Prevalencia de sobrepeso y obesidad, consumo de alimento y patrón de actividad física en una población de niños escolares de la ciudad de Bogotá. *Revista Facultad de Medicina*, 101-116.
- González, S., Sarmiento, O., Lozano, O., Ramírez, A., & Grijalba, C. (2014). Niveles de actividad física de la población colombiana: desigualdades por sexo y condición socioeconómica. *Biomédica*, 447-459.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de Salud y Protección Social, Instituto Nacional de Salud. (2015). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD). (2010). *Lineamientos de ciudad activa. Programa Muévete Bogotá*. Bogotá D.C.
- International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). (2022). Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire. IPAQ.
- Loprinzi, P., Lee, H., & Cardinal, B. (2013). Dose response association between physical activity and biological, demographic, and perceptions of health variables. *Obesity Facts*, 380-392.
- Mantilla-Tolosa, S., & Gómez-Conesa, A. (2007). El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*, 10(1), 40-52.

- Medina, C., Barquera, S., & Janssen, I. (2013). Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 21-28.
- Organización Mundial de la Salud. Mortality and global health estimates (2020). *Global Health Observatory (GHO)*, U.S. Government Printing Office.
- Rejeski, W.J., Brawley, L.R., & Shumaker, S.A. (2016). Physical activity and health related quality of life. *Exercise Sport Science Review*, 24(5) 101-108.
- Secretaria de Cultura Recreación y Deporte. (2013). *Políticas de actividad física para la ciudad de Bogotá*. SCRD.
- Secretaria de Planeación Distrital. (2009). *Conociendo a Suba: diagnóstico de los aspectos físicos demográficos y socioeconómicos*. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Seidell, J., Kahn, H., Williamson, D., Lissner, L., & Valdez, R. (2011). Report from a Centers for Disease Control and prevention Workshop on use of adult Anthropometry for public health and primary health care. *American Journal Clinical Nutrition*, 73(2), 123-126.
- World Health Organization (WHO). (2020). *WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*. World Health Organization.



# Riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia

# 8

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.08>

Leonardo Rodríguez Perdomo

Jaime Sneyder Barón Cuervo

Jaime Rodríguez Peña

*Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA*

Miller Vargas Santiago

Camilo A. Rincón Yepes

*Fundación Universitaria del Área Andina*

**Resumen.** Este capítulo analiza el riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia, con diferentes biomarcadores. Metodología: estudio descriptivo transversal, en 80 bomberos, de 27-57 años. Se registró la composición corporal con una Tanita FitScan BC-585F®; la fuerza prensil con un dinamómetro TAKEI®, y el perfil lipídico en sangre. Resultados: de dos grupos, el primero de 27-37 años, presenta IMC ( $26,9 \pm 2,8$ ), grasa  $26,1 \pm 7,66$  %, grasa visceral  $10,5 \pm 2,3$  %, perímetro de cintura  $92,4 \pm 8,3$  cm y fuerza prensil  $46,4 \pm 6,5$  kg; el segundo grupo, de 38-57 años, presenta IMC  $30 \pm 11$ , grasa  $25,8 \pm 6$  %, grasa visceral  $9,7 \pm 4,7$ , perímetro de cintura  $94 \pm 11,1$  cm y fuerza prensil  $45,6 \pm 7,5$  kg. Se determinan los OR para la asociación entre fuerza prensil, IMC, perímetro de cintura y colesterol total. Se concluye que las pruebas morfológicas, funcionales y perfil lipídico determinan riesgo cardiovascular en los miembros del COBB de 27 y 57 años.

**Palabras clave:** biomarcadores; bomberos; COBB; composición corporal; fuerza prensil; riesgo cardiovascular

**Leonardo Rodríguez Perdomo**

Magíster en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física. Profesional en Cultura Física y Deporte, Profundización en el Área de la Fuerza.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-7168> - Contacto: [disanchez@udca.edu.co](mailto:disanchez@udca.edu.co)

**Jaime Sneyder Barón Cuervo**

Profesional en Nutrición y dietética, Universidad Nacional de Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9280-2128> - Contacto: [jsbaron86@misena.edu.co](mailto:jsbaron86@misena.edu.co)

**Jaime Rodríguez Peña**

Magíster en Fisioterapia de la Actividad Física y el Deporte, España. Profesional en Fisioterapia, Universidad Manuela Beltrán, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8951-9690> - Contacto: [jorodriguezp@sena.edu.co](mailto:jorodriguezp@sena.edu.co)

**Miller Vargas Santiago**

Profesional en Entrenamiento Deportivo, Universidad del Área Andina, Colombia. Tecnólogo en Actividad Física, Centro de Formación en Actividad Física y Cultura SENA. Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5256-9918> - Contacto: [mvgas86@estudiantes.areandina.edu.co](mailto:mvgas86@estudiantes.areandina.edu.co)

**Camilo A. Rincón Yepes**

Profesional en Entrenamiento Deportivo, Universidad del Área Andina, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4081-0599> - Contacto: [crincon33@estudiantes.areandina.edu.co](mailto:crincon33@estudiantes.areandina.edu.co)

**Citación APA:** Rodríguez Perdomo, L., Barón Cuervo, J.S., Rodríguez Peña, J., Vargas Santiago, M., & Rincón Yepes, C. A. (2024). Riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 169-182). Sello Editorial ESMIC.  
<https://doi.org/10.21830/9786289640205.08>

## Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada)

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

La profesión de bombero está reconocida por un alto nivel de desempeño, físico y psicológico (Ansarimoghaddam et al., 2018). Aunque los cuerpos de bomberos a nivel mundial presentan diferentes modalidades en el campo organizacional (trabajo civil, militar o ambiental), en sus tipos de entrenamiento, rutinas de trabajo y jornadas laborales, encuentran tareas peligrosas como supresión de incendios, rescate médico, animal y catástrofes naturales, todo esto afectando su estado de salud (Nogueira et al., 2016). Dado el alto nivel de exigencia física y psicológica, estos deben poseer un buen estado tanto funcional (fuerza, resistencia, capacidad cardiovascular), como morfológico (masa muscular, porcentaje grasa, porcentaje óseo y somatotipo) (Beach et al., 2014).

El cuerpo presenta diferentes manifestaciones de tipo muscular, tales como la fuerza máxima, resistencia a la fuerza y potencia muscular (Sandal et al., 2016). Cuando se manifiesta la forma de evaluar el comportamiento de la fuerza, el uso de un dinamómetro de mano es considerado como una prueba simple, pero con un alto grado de confiabilidad y validación en la determinación del envejecimiento y el riesgo cardiovascular (Lim et al., 2019), así como un mayor riesgo de incapacidad futura (Huang et al., 2021), aparición de síndrome metabólico y déficit cognitivo (Silfee et al., 2018). La baja fuerza prensil en edad mayor incrementa el riesgo de mortalidad asociado a caída de altura y fragilidad, así como también aparición de algunos tipos de cáncer (Wu et al., 2017).

La fuerza prensil es dependiente no solo de la edad en los sujetos. Se ha encontrado que el sexo, etnia, estatura, índice de masa corporal, (IMC), estado nutricional y nivel de actividad física afectan directamente su resultado (Cooper et al., 2016). Estos determinantes están estrechamente relacionados con un perfil socioeconómico muy marcado, lo cual se refleja con un estilo de vida activo o con un comportamiento sedentario (Pengpid & Peltzer, 2018).

Esta investigación busca determinar el riesgo cardiovascular en el Cuerpo Oficial de Bomberos de la ciudad de Bogotá, a 2600 metros sobre el nivel del mar, por medio de la determinación de variables morfológicas, una

encuesta de recordación alimentaria y de la fuerza prensil como el primer predictor de riesgo en esta población.

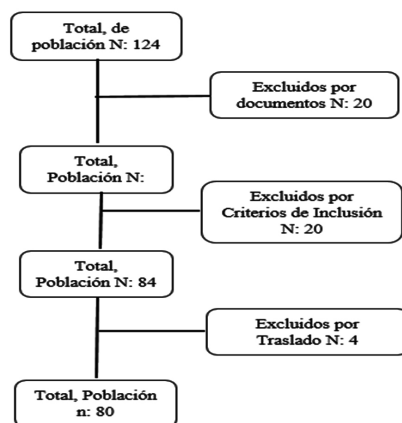
## Metodología

### Tipo de estudio

El presente es un estudio de corte transversal descriptivo (*cross-sectional*), orientado a determinar el riesgo cardiovascular del Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, Colombia (COBB).

### Participantes

Se examinaron 124 sujetos, de siete estaciones de bomberos localizados en la ciudad de Bogotá, Colombia, según coordenadas aproximadamente a 4 ° 35' 56" @ N ° 74 ° 04' 51" @ W, con una elevación de aproximadamente 2625 m (min: 2500, max: 3250) sobre el nivel del mar. De los cuales se excluyeron 20 registros por no completar la totalidad del diligenciamiento de los documentos escritos, 20 por no cumplir con los criterios de inclusión y 4 por traslado dentro de las estaciones de servicio. Fueron incluidos finalmente 80 sujetos para el estudio (Figura 1).



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la selección de la muestra en la población de estudio

Fuente: elaboración propia.



Se proyectó un tamaño de muestra significativo que cumpliera con un rango de inclusión determinado y permitiera dar soporte a los resultados de la investigación, para lo cual todos los protocolos fueron aplicados dentro de los estándares de control establecidos.

## **Criterios de inclusión**

Los criterios de inclusión considerados fueron: individuos de género masculino, con edades contenidas en el intervalo entre 27-57 años, bomberos de la ciudad de Bogotá, que se encontraran activos, que ejercieran funciones como maquinista y operario de campo, sin presencia de tratamiento farmacológico que pudiera afectar su rendimiento laboral, que no presentaran ninguna afectación metabólica u osteomuscular.

## **Procedimientos**

### **Componente morfológico**

Los registros de composición corporal fueron tomados por un evaluador certificado (ISAK); se realizaron por duplicado con un error técnico de medición de 0,34 % para estatura y perímetros, con un antropómetro marca Harpenden Holten ®; la masa corporal, porcentaje grasa, agua corporal, músculo, masa ósea y grasa visceral fueron determinados mediante impedancia eléctrica (error máximo permitido 0,1 kg) con una báscula marca Tanita FitScan BC-585F ® (Perdomo & Cuervo, 2019). El perímetro de cintura con una cinta de acero flexible marca Rosscraft® (Martínez, 2019). Todos los sujetos fueron valorados respetando al máximo las condiciones procedimentales e instrumentales definidas por ISAK e instrucciones de hidratación para el caso de la impedancia eléctrica.

### **Componente funcional**

Fuerza máxima de presión manual: se valoró con dinamómetro digital Takei® modelo SMEDLEY III T11-A, rango 1000 kg de presión, con una fiabilidad de  $\pm 5\%$ ; se realizaron dos intentos alternativos con cada mano en una posición estandarizada, sujetos en pie, con los brazos paralelos al cuerpo sin contacto alguno con ninguna superficie (Del Campo et al., 2019).

## Componente bioquímico

Las pruebas de glicemia y perfil lipídico fueron realizadas en laboratorio certificado y avalado por la Secretaría de Salud de Bogotá, siguiendo el protocolo establecido por la entidad encargada de las muestras.

**Tabla 1.** Propuesta metodológica

<b>Estaciones de bomberos</b>	Kennedy, Candelaria, Chapinero, Ferias, Fontibón, Centro, Suba y Centro de Bogotá.			
<b>Orden metodológico de valoración</b>	Valoración médica	Composición corporal	Valoración funcional	Perfil lipídico
<b>Grupo de pruebas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Valoración médica:</b> anamnesis, tensión arterial, movilidad articular y frecuencia cardíaca en reposo</li><li><b>2. Composición corporal:</b> peso, talla, IMC, % grasa, agua total, masa muscular, hueso, % grasa visceral, perímetro de cintura.</li><li><b>3. Valoración funcional:</b> fuerza prensil en ambas manos</li><li><b>4. Prueba de colesterol:</b> prueba de perfil lipídico</li></ol>			

Fuente: elaboración propia.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistical Package for Social Science® *software*, versión 22 (SPSS; Chicago, IL, EE. UU). Se efectuó una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov). Entendiendo que es un estudio de tipo transversal descriptivo (*cross-sectional transversal*) orientado a determinar el nivel de riesgo cardiovascular en el COBB; los datos son expuestos en valores promedio y desviación estándar por grupos de edad, para las variables morfológicas y funcional. Se procedió a realizar una asociación entre fuerza prensil, sobrepeso-obesidad y perímetro de cintura buscando un Odds Ratio (OR) mayor a 1, con intervalos de confianza significativos  $p < 0.05$ .

## Consideraciones éticas

El estudio y sus procedimientos fueron ajustados a los principios establecidos en la Carta de Helsinki, con un registro mínimo de acuerdo con la Resolución 8430 de 1993. Los protocolos y procedimientos fueron autorizados por el Grupo de Salud Ocupacional de la Dirección Nacional de

Bomberos de Bogotá, Colombia. En consecuencia, todos los individuos fueron informados de las características del estudio, sus objetivos, los procedimientos por aplicar, los riesgos potenciales y el uso de la información.

## Resultados

Los resultados con las variables del componente morfológico de los dos grupos de estudio según las edades seleccionadas (B1 vs. B2) son presentados en la Tabla 2. Características generales de los dos grupos. Dónde: B1: bomberos de 27-37 años, B2: bomberos de 38-57 años. Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar; no significativo (§); significativo  $p < 0.05$  (\*). Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$  y  $0.01$ ) en la variable peso e IMC; así mismo, se describen los valores promedio y desviaciones estándar para cada variable y grupo.

**Tabla 2.** Componente morfológico

Variable/Rango de edad	27 - 37 edad B1	38 - 57 años B2
<b>Peso (kg)</b>	76,6 $\pm$ 13,5	79,9 $\pm$ 13,5
<b>Talla (cm)</b>	159 $\pm$ 40,4	161 $\pm$ 37,7
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	26,9 $\pm$ 2,8	30 $\pm$ 11,2
<b>Grasa (%)</b>	26,1 $\pm$ 7,66	25,8 $\pm$ 6
<b>Agua corporal (%)</b>	53,2 $\pm$ 3,6	52,9 $\pm$ 3,3
<b>Hueso (kg)</b>	2,9 $\pm$ 0,4	2,9 $\pm$ 0,3
<b>Músculo (kg)</b>	55,2 $\pm$ 5	55,7 $\pm$ 6,5
<b>Grasa visceral (%)</b>	0,5 $\pm$ 12,3	9,7 $\pm$ 4,7
<b>Perímetro de Cintura (cm)</b>	92,4 $\pm$ 8,3	94 $\pm$ 11,1

Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar; no significativo (§); significativo  $p < 0.05$  (\*)

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se describen los resultados de las pruebas bioquímicas en valores expresados como media  $\pm$  desviación, aglomerando los datos en una sola población, sin hacer división de dos grupos por edades, las muestras se tomaron para colesterol HDL, colesterol LDL, colesterol total y triglicéridos. Así mismo, se describen los resultados de la prueba funcional de fuerza

prenil, tanto en la mano dominante como la no dominante de cada grupo (B1 vs. B2). Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar; no significativo (\$).

**Tabla 3.** Perfil de prueba de colesterol y prueba de fuerza prenil

Variable / Rango de Edad	27-37 años B1	38-57 años B2
<b>Colesterol HDL</b>		44 $\pm$ 7,7
<b>Colesterol LDL</b>		139,5 $\pm$ 49,1
<b>Colesterol Total</b>		199 $\pm$ 43,4
<b>Triglicéridos</b>		1373 $\pm$ 69,5
<b>Fuerza prenil mano dominante</b>	46,4 $\pm$ 6,5	45,6 $\pm$ 7,5
<b>Fuerza prenil mano no dominante</b>	43,4 $\pm$ 6	43,3 $\pm$ 7,8

Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar; no significativo (\$); significativo  $p < 0.05$  (\*)

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4, se describen los resultados de asociación tomando como la variable directa la fuerza prenil de la mano dominante, frente a tres variables, sobrepeso-obesidad, perímetro de cintura y colesterol total, como los datos de Odds Ratio (OR), describiendo los intervalos de confianza significativos. Se muestran los grados de significancia más fuertes ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 4.** Asociaciones de las variables y resultados de los OR, intervalos de confianza  $p < 0.05$ ).

	Rango de fuerza prenil (33-45 kg) n: 46	Rango de fuerza prenil (46-66 kg) n: 34	P > 0,05 OR	IC 95%
<b>Sobrepeso</b>	20 $\pm$ 43,3	22 $\pm$ 64,7	0,074	1,3
<b>Obesidad</b>	5 $\pm$ 10,8	13 $\pm$ 38,2	0,038	1,21 - 1,42
<b>Perímetro abdominal &lt; 90 cm</b>	20 $\pm$ 43,3	30 $\pm$ 88,2	0,031	1,2
<b>Colesterol total &lt; 200</b>	14 $\pm$ 30,4	18 $\pm$ 52,9	0,064	1,6
<b>Colesterol LDL &lt; 130</b>	12 $\pm$ 26, 08	14 $\pm$ 41,1	0,68	

Valores expresados como media  $\pm$  desviación estándar; no significativo (\$); significativo  $p < 0.05$  (\*)

Fuente: elaboración propia.

## Discusión

Según Mujika (2021), el uso de las medidas antropométricas y la composición corporal son parámetros determinantes para entender el riesgo cardiovascular y funcional de la profesión de bombero. Así mismo, el IMC, como variable evaluativa a nivel poblacional, permite identificar y asumir la posibilidad de riesgos, tanto cardiovasculares, como metabólicos; por esto, otros autores manifiestan que el control funcional, fisiológico y morfológico deben ser factores de control esenciales del desempeño del bombero, tanto para su selección laboral e indicador de una buena salud (Sánchez et al., 2013). Cuando se analizan los factores mencionados, puede interpretarse que existe una comunicación intrínseca entre estos, pues de un funcionamiento y resultados saludables de las variables aquí estudiadas, se permite llegar al juicio evaluativo indicando que el adecuado proceso en los momentos más críticos de emergencias, la preservación de longevidad funcional y la calidad humana del bombero dependen de una adecuada composición antropométrica y funcionamiento saludable de variables o unidades de estudio como las aquí mencionadas. No obstante, estudios como los de De Laet (2005) y Saremi et al. (2019) sugieren no optar por tomar el IMC como único indicador de relación con la salud en general, pues se debe discriminar de manera más profunda la composición corporal para contrastar esto con la relación en la salud global.

Desde otra perspectiva, frente al comportamiento de la variable de fuerza prensil, autores como Montoya et al. (2021) que han medido población colombiana, tanto en su mano dominante como no dominante, manifiestan resultados muy semejantes a los de este estudio, tanto por edad y sexo, pudiendo así evidenciar que por su desempeño laboral, la fuerza prensil podría pasar a desempeñar más que una variable del orden mecánico por su naturaleza de medida, una acción de control en salud, funcionalidad y vitalidad, pues como se expone en el apartado de las conclusiones, el desempeño en la labor de los sujetos de estudio depende de su fuerza manual en momentos de rescate, trabajo y comportamiento en campo. Aun así, el correlacionar esta variable solo con el IMC y el perímetro de cintura para poder determinar un riesgo cardiovascular en esta población requerirá

de abrir líneas de investigación o continuar con la amplitud de la muestra para este tipo de estudios, pues el tamaño del efecto y la potencia como estadísticos de rigor son clave al informar la magnitud del efecto y el comportamiento conjunto de los resultados de las variables analizadas tal y como lo señala Sullivan (2012).

Sin embargo, y aunque se invita a mantener medidas como el IMC, perímetro de cintura y fuerza prensil como variables cuantitativas para el control y seguimiento del riesgo cardiovascular dentro de esta población, es conveniente, dentro de la medida de las posibilidades, ampliar la selección de las variables de análisis, pues junto con el control de muestras bioquímicas las cuales, como fuente de estudio dentro de la literatura del orden nacional y aun sin poseer evidencia reproducible, pueden indicar la fuerte relación de estas con las anteriormente mencionadas y que fueron objeto de estudio. Para finalizar, según los resultados de este estudio, se pone de manifiesto el hecho de tener en cuenta y buscar una posible correlación de variables con características morfológicas y funcionales atribuyendo así la posible causalidad entre estas.

## Conclusiones

El objetivo del estudio era determinar el riesgo cardiovascular identificando el comportamiento del componente morfológico, funcional y bioquímico en el Cuerpo Oficial de Bomberos de la Ciudad de Bogotá, Colombia (COBB). Los datos obtenidos se exponen en los dos grupos de estudio (B1–B2); donde para el grupo B1, el componente morfológico que refiere al IMC presenta resultados por encima de un rango de normalidad, ( $\geq 25$  kg/m) con límites de corte superiores recomendados por la OMS, IMC ( $26,9 \pm 2,8$ ), lo cual ubica al grupo en un rango de sobrepeso. Sin embargo, no es posible determinar el nivel de obesidad solo con este determinante, debido a la falta de rigurosidad de esta variable, al estimar la composición corporal en el resto de sus componentes tal y como lo indican Saremi et al. (2019). Al revisar el porcentaje grasa ( $26,1 \pm 7,66$ ), muestra rangos superiores a la normalidad ( $\geq 20$  %), el perímetro de cintura en centímetros ( $92,4 \pm 8,3$ ) presenta rangos por encima de la normal ( $\geq 90$  cm) (International Diabetes Federation, s. f.).

En el segundo, grupo B2, el componente morfológico que refiere al IMC presenta resultados por encima de un rango de normalidad, ( $\geq 25$  kg/m) con límites superiores de corte recomendados por la OMS, IMC ( $30 \pm 11,2$ ), lo cual ubica al grupo en un rango de sobrepeso-obesidad, el porcentaje grasa ( $25,8 \pm 6$ ) muestra rangos superiores a la normalidad ( $\geq 20$  %) (Motamed et al., 2017), el perímetro de cintura en centímetros ( $94 \pm 11,1$ ) presenta rangos por encima de lo normal ( $\geq 90$  cm).

Ahora bien, aunque el uso del IMC no determina un componente exacto de la composición corporal, sí brinda información del estado de normopeso, sobrepeso o posible grado de obesidad; por lo tanto, al analizar el componente del porcentaje grasa y el perímetro de cintura se puede inferir en la existencia de un marcado riesgo cardiovascular en los dos grupos de estudio por edad, y aunque el grupo B1 presenta resultados más cercanos a la normalidad, este estadístico no los excluye de este riesgo. En el mismo orden de ideas, el grupo B2 presenta valores por encima de la media categórica saludable clasificándolos en el nivel de riesgo aumentado para la muestra de la población. En lo concerniente a los resultados de las variables bioquímicas, se obtienen valores de colesterol total en límites superiores a la normalidad, ratificando así la asociación entre una posible causalidad entre variables morfológicas y químicas.

Prosiguiendo con los análisis, en lo que respecta a la variable funcional de fuerza prensil, el grupo B1, en su mano dominante ( $46,4 \pm 6,5$ ), presenta un resultado apropiado para una población normal, igual que en su mano no dominante ( $43,4 \pm 6,02$ ); para el grupo B2, se presentó un resultado semejante, mano dominante ( $45,6 \pm 7,5$ ) y mano no dominante ( $43,3 \pm 7,8$ ). Sin embargo, se recomienda interpretar estos resultados con sumo cuidado, pues aún sin poseer datos comparativos de una mayor magnitud, se deja en entredicho si estos valores tan bajos serían los adecuados para una población que depende en altas proporciones en su desempeño funcional de la utilización de las extremidades superiores, como sustento y herramienta de trabajo.

En el mismo orden de ideas, la asociación entre fuerza prensil, sobrepeso-obesidad y perímetro de cintura mostró un OR mayor a 1, presentando intervalos de confianza significativos. Así mismo, la variable bioquímica de

colesterol total presenta asociación OR más alta que las demás variables, demostrando que valores bajos de fuerza prensil representan 1,6 veces más riesgo de presentar valores altos de colesterol total en esta población. Por consiguiente, y gracias a los resultados del estadístico OR en su orden de medida de carácter asociativa, se sugiere adelantar estudios que profundicen en los determinantes sociales en salud para la población de bomberos, con el fin de entender y comprender los riesgos latentes y ajustar así de manera adecuada y eficiente los programas de educación y promoción de la salud a nivel institucional.

Del mismo modo, los resultados de la muestra intersujetos en el comportamiento de la variable IMC presentan valores por encima de la normalidad, según lo expuesto por la OMS, y como se puede evidenciar en estudios reportados por Aspilcueta (2021), donde sus valores son muy semejantes en la población de estudio analizada y se destaca que un 70 % de registros se encuentran fuera dentro de parámetros saludables.

Por lo expuesto, el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá no se encuentra fuera del factor de riesgo reportado por la literatura científica en estudios semejantes al aquí ejecutado, dejando en evidencia el mal comportamiento de los integrantes de dicho COBB. Para finalizar, es recomendable que para entidades como la aquí investigada, se desplieguen acciones que, al contar con profesionales en áreas de la salud y el ejercicio físico altamente capacitados y ejecutando un trabajo interdisciplinario, pueda esperarse que tales acciones, desarrolladas en un marco metodológico muy bien diseñado y ejecutado, mejoren en sus diferentes aspectos áreas de la salud y funcionalidad de quienes al estar bajo el desempeño de actividades de una alta exigencia, como la profesión del bombero, ofrezcan al servicio de la sociedad sus más altas capacidades, pues del resultado de estas depende la preservación e integridad de la vida de quienes así lo requieran.

## Referencias

- Ansarimoghaddam, A., Adineh, H. A., Zareban, I., Iranpour, S., HosseinZadeh, A., & Kh, F. (2018). Prevalence of metabolic syndrome in Middle-East countries: Meta-analysis of cross-sectional studies. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 12(2), 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.11.004>



- Aspilcueta, A. G. A. (2021). Relación entre composición corporal, capacidad cardiorrespiratoria y resistencia muscular en bomberos varones peruanos. *Revista Peruana de ciencia de la actividad física y del deporte*, 8(2), 1129-1138.
- Beach, T. A., Frost, D. M., McGill, S. M., & Callaghan, J. P. (2014). Physical fitness improvements and occupational low-back loading-an exercise intervention study with firefighters. *Ergonomics*, 57(5), 744-763. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.897374>
- Cooper, A. J. M., Lamb, M. J. E., Sharp, S. J., Simmons, R. K., & Griffin, S. J. (2016). Bidirectional association between physical activity and muscular strength in older adults: Results from the UK Biobank study. *International journal of epidemiology*, <https://doi.org/10.1093/ije/dyw054>
- De Laet, C. K. (2005). Body mass index as a predictor of fracture risk: A meta-analysis. *Osteoporos Int*, 16, 1330-1338.
- Del Campo Cervantes, J. M., Cervantes, M. H. M., & Torres, R. M. (2019). Effect of a resistance training program on sarcopenia and functionality of the older adults living in a nursing home. *The journal of nutrition, health & aging*, 23(9), 829-836. DOI: 10.1007/s12603-019-1261-3
- Huang, C.-H., Hsu, C.-C., Yu, P.-C., Peng, L.-N., Lin, M.-H., & Chen, L.-K. (2021). Hospitalization-associated muscle weakness and functional outcomes among oldest old patients: A hospital-based cohort study. *Experimental Gerontology*, 111353. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111353>
- International Diabetes Federation. (s. f.). *Nueva definición mundial de la FID del síndrome metabólico: argumentos y resultados*. IDF.
- Lim, S. H., Kim, Y. H., & Lee, J. S. (2019). Normative data on grip strength in a population-based study with adjusting confounding factors: Sixth Korea national health and nutrition examination survey (2014-2015). *International journal of environmental research and public health*, 16(12), 2235. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122235>
- Martínez Valencia, M. I. (2019). *Determining the Optimal and Ideal Helmet for an Italian Scooter Used in a Smart City Considering Cranial Anthropometry and Intelligent Data Analysis*. Instituto de Arquitectura Diseño y Arte. <http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/9586>
- Montoya, L. J. S., Benavides-Cordoba, V., & Gómez, M. P. (2021). Asociación de la fuerza prensil con el riesgo cardiovascular en trabajadores sedentarios. *Revista de Salud Pública*, 23(2), 1-6. <https://doi.org/10.15446/rsap.v23n2.88354>
- Motamed, N., Khonsari, M. R., Rabiee, B., Ajdarkosh, H., Hemasi, G. R., Sohrabi, M. R., Maadi, M., & Zamani, F. (2017). Discriminatory ability of visceral adiposity index (VAI) in diagnosis of metabolic syndrome: A population-based study. *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*, 125(03), 202-207. DOI: 10.1055/s-0042-119032
- Mujika Carballo, I. (2021). *Revisión integrativa del rendimiento en bomberos*. <http://hdl.handle.net/10810/52136>

- Nogueira, E. C., Porto, L. G. G., Nogueira, R. M., Martins, W. R., Fonseca, R. M., Lunardi, C. C., & de Oliveira, R. J. (2016). Body composition is strongly associated with cardiorespiratory fitness in a large Brazilian military firefighter cohort: The Brazilian firefighter's study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 33-38. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001039
- Pengpid, S., & Peltzer, K. (2018). *Hand grip strength and its sociodemographic and health correlates among older adult men and women (50 years and older) in Indonesia*. Current gerontology and geriatrics research, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/3265041>
- Perdomo, L. R., & Cuervo, J. S. B. (2019). Función cognitiva y composición corporal en mujeres adultas mayores. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, 9(1), 45-58. <https://doi.org/10.15332/2422474x/5351>
- Sánchez, A. J. L., Franco, J. M. G., Torres-Luque, G., & Sánchez, M. L. Z. (2013). Análisis de la condición física en bomberos en función de la edad. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 48(177), 11-16. DOI: 10.1016/j.apunts.2011.11.006
- Sandal, L. F., Thorlund, J. B., & Roos, E. M. (2016). No difference in muscle strength and functional performance in middle-aged individuals with knee or hip pain undergoing 8 weeks of neuromuscular exercise therapy OR resistance training. *Abstracts/Osteoarthritis and Cartilage*, 24(S63eS534), <https://doi.org/10.1016/j.joca.2016.01.857>
- Saremi, M., Madvari, R. F., Laal, F., Noorzadeh, N., & Rahimi, E. (2019). Assessment of mental workload, workability, and musculoskeletal disorders of firefighters. *Journal of Community Health Research*. DOI. 10.18502/jchr.v8i3.1562
- Silfee, V. J., Haughton, C. F., Jake-Schoffman, D. E., Lopez-Cepero, A., May, C. N., Sreedhara, M., Rosal, M. C., & Lemon, S. C. (2018). Objective measurement of physical activity outcomes in lifestyle interventions among adults: A systematic review. *Preventive medicine reports*, 11, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2018.05.003>
- Wu, Y., Wang, W., Liu, T., & Zhang, D. (2017). Association of grip strength with risk of all-cause mortality, cardiovascular diseases, and cancer in community-dwelling populations: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of the American Medical Directors Association*, 18(6), 551-e17. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2017.11.004>

# Factores de riesgo cardiovascular y ejercicio físico en trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia

# 9

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205.09>

**Juan Sebastian Montoya Monroy**

**Giovanni Arley Mora Romero**

**Giovanny Alexander González Garzón**

**Yenny Paola Argüello Gutiérrez**

*Universidad Santo Tomas*

**Laura Elizabeth Castro Jiménez**

*Universidad Pedagógica Nacional*

**Nelsy Lorena Fonseca Torres**

*Ministerio de Transporte*

**Isabel Adriana Sánchez Rojas**

*Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud*

**Resumen.** Este capítulo examina la relación entre la práctica de ejercicio físico supervisado y los factores de riesgo cardiovascular y su prevalencia en funcionarios activos del Ministerio de Transporte de Colombia, en Bogotá. Método: estudio cuantitativo, con diseño retrospectivo-observacional, entre 2012- 2015. Se evaluaron 1149 participantes durante cuatro periodos, así: en 2012, 353; en 2013, 311; en 2014, 233, y en 2015, 252. Se recolectaron datos mediante encuesta realizada en el ministerio para seguimiento; la información se analizó con medidas de tendencia central y análisis bivariado aplicando prueba de chi-cuadrado. Resultados: hubo asociación entre las variables de hábitos de vida con la práctica de ejercicio físico programado. Se concluye que la actividad física programada conduce a la disminución de factores de riesgo cardiovascular de forma significativa.

**Palabras clave:** aptitud física; Colombia; condiciones de trabajo; ejercicio físico; MinTransporte

**Juan Sebastian Montoya Monroy**

Magíster en Actividad Física para la Salud, Universidad Santo Tomás, Colombia. Profesional en Cultura Física Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0128-3543> - Contacto: [juanmontoyam@usantotomas.edu.co](mailto:juanmontoyam@usantotomas.edu.co)

**Giovanni Arley Mora Romero**

Profesional en Cultura Física Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5933-5134> - Contacto: [giovannimora@usantotomas.edu.co](mailto:giovannimora@usantotomas.edu.co)

**Giovanni Alexander González Garzón**

Profesional en Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8370-7962> - Contacto: [giovannygonzalez@usantotomas.edu.co](mailto:giovannygonzalez@usantotomas.edu.co)

**Laura Elizabeth Castro Jiménez**

Doctora en Humanidades, Humanismo y Persona. Magíster en Salud Pública, Universidad Nacional de Colombia. Fisioterapeuta, Universidad Nacional de Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-8084> - Contacto: [lecastrj@upn.edu.co](mailto:lecastrj@upn.edu.co)

**Nelsy Lorena Fonseca Torres**

Magíster en Actividad Física para la Salud. Licenciada en Educación Física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4276-612X> - Contacto: [deportes@mintransporte.gov.co](mailto:deportes@mintransporte.gov.co)

**Yenny Paola Argüello Gutiérrez**

Magíster en Fisiología, Universidad Nacional de Colombia. Fisioterapeuta con Grado de Honor, Universidad Nacional de Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8335-4936> - Contacto: [yenniarguello@usantotomas.edu.co](mailto:yenniarguello@usantotomas.edu.co)

**Isabel Adriana Sánchez Rojas**

Magíster en Educación, Tecnológico de Monterrey, México. Especialista en Fisioterapia en Cuidado Crítico, Universidad Iberoamericana. Fisioterapeuta, Universidad Manuela Beltrán, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5545-0127> - Contacto: [iasanchez@fucs salud.edu.co](mailto:iasanchez@fucs salud.edu.co)

**Citación APA:** Montoya Monroy, J. S., Mora Romero, G. A., González Garzón, G. A., Castro Jiménez, L. E., Fonseca Torres, N.L., Argüello Gutiérrez, Y. P., & Sánchez Rojas, I. A. (2024). Factores de riesgo cardiovascular y ejercicio físico en trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia. En P. J. Melo Buitrago (Ed.), *Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud* (pp. 183-196). Sello Editorial ESMIC.  
<https://doi.org/10.21830/9786289640205.09>

## Entrenamiento y control fisiológico: efectos en el desempeño físico y la salud

ISBN impreso: 978-628-96203-9-9

ISBN digital: 978-628-96402-0-5

DOI: <https://doi.org/10.21830/9786289640205>

Colección Ciencias de la Salud

Serie Miles Doctus (Investigación formal terminada).

Sello Editorial Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdoba”

Bogotá, D.C., Colombia

2024



## Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) determinó que el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles, en especial aquellas relacionadas con las afecciones de origen cardiovascular, se han constituido en la primera causa de mortalidad en el mundo, principalmente en la población de adultos entre 18 a 64 años; por lo cual, estrategias basadas en la promoción y prevención son fundamentales y forman parte de los mecanismos de corrección primaria sobre los cuales se consideran: los hábitos de alimentación saludable incluyendo consumo de frutas, verduras y agua en cantidades y porciones adecuadas; una relación vigilia-sueño que permita el descanso óptimo de los sujetos y la práctica regular de actividad física moderada mínimo 150 min a la semana. Precisamente, los hábitos de vida poco saludables conllevan diversas complicaciones en la salud donde se incluye la presencia de cáncer entre 21-25 %, aparición de diabetes en el 27 % de los casos y las cardiopatías isquémicas en el 30 % de los sujetos. La OMS ha reportado que un 6 % de las muertes a nivel mundial son atribuidas a la inactividad física, razón por la cual, los procesos de adhesión y participación en programas de ejercicio físico se convierten en mecanismos que contrarrestan dichas complicaciones (OMS, 2009).

Pese a lo concluyente de los datos, resulta interesante comprender las razones por las cuales la población permanece sedentaria; aspectos relacionados con la falta de tiempo destinado a la realización de actividades de ocio o recreación (entre ellos, la práctica de actividad física), además de la alta carga laboral (Calvo & Gallo, 2011), y la exposición a ambientes de trabajo complejos (Chin et al., 2016) son aspectos que inciden en el comportamiento sedentario de la población. Adicionalmente, los trabajadores que ejecutan labores con altas demandas de estrés fisiológico y psicológico son menos tendientes a realizar ejercicio físico (Fransson et al., 2012).

En Colombia, la jornada laboral ordinaria consta de 8 horas diarias y 48 horas a la semana (Senado de la República de Colombia, 1995), lo que genera que exista poco tiempo por parte de los trabajadores para la práctica regular de alguna actividad física; esta situación se ve incrementada en casos en que el individuo se encuentra vinculado bajo el modelo contractual por

prestación de servicios, puesto que en cierta medida, existe un incremento en el número de horas laboradas desmejorando potencialmente el entorno laboral, sumado a los problemas estructurales y de seguridad en una ciudad donde los tiempos de desplazamiento de la casa al trabajo y viceversa son prolongados.

Por lo anterior, algunas empresas, como medida de solución a la inactividad física de los trabajadores, han implementado una variedad de programas cuyo fin es generar hábitos saludables y optimizar la calidad de vida de sus empleados; las estrategias adoptadas incluyen ajustes en los horarios de trabajo, además de la generación de espacios para la realización de actividad física que son sumados a la jornada laboral; si bien, la implementación de programas de ejercicio físico, la aplicación de acciones derivadas de la gimnasia laboral o las pausas activas incrementan de manera importante el nivel de productividad, además de contribuir a la reducción de las lesiones causadas por traumas repetitivos, otros beneficios reportados indican una reducción en el índice de enfermedades laborales e incapacidades, además de tener un impacto positivo en la disminución de factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Sánchez et al., 2020).

El Ministerio de Transporte de Colombia, en cumplimiento de la Ley 1355 de 2009 y el Decreto Único del sector Trabajo 1072 de 2015, ha sido ejemplo y gestor de programas deportivos y de actividad física con fines de salud direccionados al personal vinculado, contribuyendo con la optimización de las condiciones y el entorno laboral adecuados, además de propender por la promoción y mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los funcionarios; en virtud de lo anterior, el diseño y ejecución de programas de actividad física dentro de las empresas son considerados como ejes para la prevención de riesgos en la salud de los trabajadores (Presidencia de la República, 2015).

Tomando en consideración lo anterior, se definió como objetivo del presente estudio: determinar la relación entre la práctica de ejercicio físico programado y supervisado sobre la prevalencia de factores de riesgo para enfermedad cardiovascular, en los trabajadores vinculados al Ministerio de

Transporte de Colombia, en Bogotá D.C., de modo que pueda establecerse el impacto sobre los indicadores de salud cardiovascular en los funcionarios y la efectividad generada por estos espacios y programas en la salud física de los trabajadores.

## Marco teórico

En la actualidad, el incremento en el índice de enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) ha sido relacionado con factores de riesgo derivados de malos hábitos nutricionales y de salud, altos niveles de sedentarismo y malos hábitos de sueño, lo cual ha incrementado de manera exponencial el riesgo para desarrollar sobrepeso, obesidad, diabetes mellitus tipo 2 y enfermedad coronaria. De acuerdo con Rodríguez et al. (2017), las causas del desarrollo de enfermedades cardiovasculares obedecen a incrementos en el índice cintura-cadera e índice cintura-talla; aumentos en el perímetro abdominal y un índice de masa corporal elevado como ejes para el desarrollo de síndrome metabólico y enfermedad coronaria. Estos aspectos son más evidentes en sujetos cuya carga laboral es elevada y limita los tiempos para realizar actividad física.

Implementar un programa de actividad física en empleados de distintos sectores, basado en una adecuada planificación y rutina del ejercicio físico para la salud, conlleva resultados que favorecen la óptima salud física de los empleados, además de contribuir con otros beneficios, entre ellos, las mejoras en la condición de salud, el incremento del nivel productivo y la reducción del ausentismo laboral, a la vez que reduce de manera significativa las lesiones causadas por movimientos repetitivos (Sánchez, et al., 2020).

El diseño de programas de actividad física se vincula con las actuales políticas del entorno laboral saludable, convirtiéndose en parte de las acciones que toda empresa o entidad debe adoptar con el fin de garantizar la salud integral (física, mental y social) de sus empleados. Adicionalmente, la puesta en marcha de este tipo de estrategias permite de forma dinámica y participativa la generación de hábitos de salud y de vida individual y colectivo con impactos evidentes en la reducción del riesgo cardiovascular. Cabe resaltar que las acciones deben partir de un esquema estructurado, planifi-

cado, dinámico y motivador que permita la participación de la población en este tipo de estrategias y a la vez respondan y se adecúen a las necesidades individuales, con el fin de ser garantes en la adhesión al ejercicio físico con fines saludables. Lo anterior, con base en lo dispuesto en el Decreto 1443 de 2014, del Ministerio del Trabajo, que dicta las disposiciones del Sistema General de Salud y Seguridad en el Trabajo (SG-SST).

## Metodología

### Tipo de estudio

Estudio cuantitativo de alcance analítico, diseño retrospectivo-transversal, que incluyó información desde 2012 hasta 2015. Como unidad, fueron vinculados los trabajadores del Ministerio de Transporte de Colombia, en Bogotá D.C.

### Criterios de inclusión

Se tuvieron en cuenta aquellos participantes-trabajadores activos del Ministerio de Transporte en la ciudad de Bogotá y que accedieran a participar en el estudio de forma libre. Por lo tanto, aquellos sujetos que se negaron a participar en el estudio fueron excluidos. La población para 2012 fue de 353 participantes; para 2013, de 311; para 2014, de 233, y para 2015, de 252. El cambio del tamaño de la muestra se dio por los cambios en la contratación y vinculación de contratistas al ministerio.

### Métodos

Entre las técnicas de recolección de datos e información, se diseñó y administró, en un primer momento, una encuesta; luego se realizó la prueba piloto con test-retest que evaluó la pertinencia de los instrumentos y con estos resultados se concretó la versión final del instrumento de evaluación. Los datos obtenidos se almacenaron en una base de datos y fueron analizados con el programa IBM SPSS® Versión 25; se emplearon medidas de tendencia central para variables categóricas y análisis bivariado con la prueba de chi-cuadrado con la respectiva determinación de significancia



estadística. Las variables incluidas en la encuesta (con respuesta dicotómicas sí o no) fueron presencia de accidentes laborales, enfermedades laborales, antecedentes personales, antecedentes familiares, tabaquismo, consumo de alcohol y práctica de ejercicio físico.

## Consideraciones éticas

Se tuvieron en cuenta los preceptos establecidos en la Declaración de Helsinki y la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, por medio de la cual se considera esta investigación con un riesgo mínimo para los participantes. Se respetó la confidencialidad de la información recopilada tanto en medio físico como electrónico. Los individuos que dieron su aval de manera voluntaria para participar en el estudio firmaron el consentimiento informado.

## Resultados

La muestra final fue de 1149 datos del MinTransporte representados de la siguiente manera: de 2012, fueron 353 datos, de los cuales el 46,4 % hombres (n=164) y 53,6 % mujeres (n=189); de 2013, los 311 datos se distribuyeron en 53,1 % mujeres (n=165) y 46,9 % hombres (n=146); para 2014, fueron 233 datos siendo estos el 46,3 % hombres (n=108) y 53,7 % mujeres (n=125), y, finalmente, para 2015, el 44,1 % fueron hombres (n=111) y el 55,9 % mujeres (n=141). La Tabla 1 evidencia la relación entre la práctica de ejercicio físico y los factores de riesgo en los años 2012 a 2015.

Los valores presentados en la Tabla 1 se consiguieron a partir de un análisis bivariado aplicando la prueba de chi-cuadrado para las diferentes variables incluidas en la encuesta y así mismo se determinó su respectiva significancia.

Se evidencia que no hay una relación estadísticamente significativa entre las variables analizadas. Así mismo, existe una alta prevalencia de accidente laboral encontrando que el 43,63 % de la población presentó algún tipo de lesión que limitó su participación en la práctica de ejercicio físico y que el 49,86 % de las personas que fuman no realizan ejercicio físico.

**Tabla 1.** Análisis bivariado entre la práctica de ejercicio físico y factores de riesgo

	2012				2013				2014				2015			
	Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio		Ejercicio	
	Sí (%)	No (%)	Valor de p.	Sí (%)	No (%)	Valor de p.	Sí (%)	No (%)	Valor de p.	Sí (%)	No (%)	Valor de p.	Sí (%)	No (%)	Valor de p.	
<b>Accidentes laborales</b>	Sí	15,3	43,63	0,959	Sí	21,54	36,66	0,000	Sí	23,18	39,06	0	Sí	14,68	35,32	0
	No	10,76	30,31		No	14,47	12,86		No	12,02	25,75		No	11,11	38,49	
<b>Enfermedades laborales</b>	Sí	11,05	47,88	0,284	Sí	9,32	51,77	0	Sí	8,15	54,08	0	Sí	3,57	46,43	0
	No	9,63	31,44		No	9	30,55		No	5,15	32,62		No	3,57	46,43	
<b>Antecedentes personales</b>	Sí	58,36	0,57	0,784	Sí	60,13	0,32	0	Sí	0,43	61,8	0	Sí	46,83	3,17	0
	No	40,79	0,28		No	39,23	0,32		No	0,43	37,34		No	46,83	3,17	
<b>Antecedentes familiares</b>	Sí	43,06	15,86	0,583	Sí	46,62	14,47	0	Sí	51,5	10,73	0	Sí	38,1	11,9	0
	No	31,16	9,92		No	28,3	11,25		No	31,76	6,01		No	35,71	13,89	
<b>Tabaquismo</b>	Sí	9,07	49,86	0,678	Sí	10,29	50,8	0	Sí	10,3	51,93	0	Sí	6,35	43,65	0
	No	5,67	35,41		No	5,79	33,76		No	5,15	32,62		No	7,14	42,46	
<b>Consumo de alcohol</b>	Sí	28,9	30,03	0,07	Sí	30,87	30,23	0	Sí	30,9	31,33	0	Sí	20,63	29,37	0
	No	14,16	26,91		No	12,86	26,69		No	13,3	24,46		No	17,06	32,54	

Fuente: elaboración propia.

De 2013 en adelante, se encontró relación estadística significativa entre la práctica de ejercicio físico y los factores de riesgo. El 51,77 % de la población ha presentado un accidente laboral, así como el 50,8 % de la población que no realiza ejercicio físico tiene como hábito fumar en comparación al 10,29 % que tiene el hábito de fumar, pero sí realiza ejercicio. Cabe destacar que para 2014, el 12,02 % de la población que no presentó accidentes laborales practica ejercicio físico, mientras que el 39,06 % de los encuestados refirió haber tenido accidentes laborales a la vez que no realizó ninguna práctica de actividad física. Se mantiene la tendencia de 2013, en cuanto a la realización de ejercicio físico y el padecimiento de alguna enfermedad laboral, como también en la realización entre ejercicio físico y el consumo de tabaco.

En 2015, hubo una reducción en el consumo de tabaco de las personas que realizaron ejercicio físico el cual se modificó en un 10,3 % en 2014 a un 6,35 % en 2015, evidenciado la instauración de hábitos de vida saludable, gracias a la práctica regular de ejercicio físico. Por último, el consumo de alcohol entre 2014 y 2015 muestra una reducción importante en las personas que realizan ejercicio físico pasando de 30,9 % a 20,63 %.

## Discusión

En diferentes estudios se ha evidenciado la relación positiva entre los indicadores de rendimiento laboral y la realización de ejercicio físico de forma regular; retomando a Thogersen et al., (2005), quienes describen las mejoras reportadas entre el ejercicio físico en salud mental, especialmente en la variable de bienestar psicológico de los trabajadores además de considerarse una herramienta para la promoción de ambientes saludables en el ámbito laboral; de la misma manera que otras investigaciones lograron evidenciar el impacto sobre la variable de ausentismo laboral que tiene como consecuencia una disminución de la pérdida de productividad (Gómez, et al., 2010; Núñez et al., 2010).

Por otro lado, algunos estudios han aportado a este campo del conocimiento, ya que confirman la relación entre los padecimientos musculoesqueléticos, cardiovascular y la salud mental y los factores de riesgo laboral

ocupacional, impactando de manera negativa en el rendimiento laboral adecuado de los trabajadores, siendo esta una de las principales razones para el ausentismo; por otra parte, el sedentarismo asociado a la alta carga laboral ha conllevado la reducción en el tiempo dedicado a la realización de actividad física, siendo estos aspectos los principales desencadenantes de problemas de salud, incrementando los factores de riesgo cardiovascular o de presentar algún accidente laboral (Moya & Ruiz, 2010).

Analizando los datos obtenidos de la población, se identifica una importante asociación entre los hábitos de vida y antecedentes patológicos o traumáticos en trabajadores con bajos niveles de actividad física; no obstante, resulta interesante observar la disminución significativa de la prevalencia de accidentes laborales en aquellos funcionarios que se vincularon a algunos de los programas de actividad física en un 0,35 % para el total de los años tenidos en cuenta en esta investigación, reafirmando la importancia del papel del ejercicio físico como factor protector para el no desarrollo de lesiones asociadas con el entorno o carga laboral. Martínez y Chagín (2006) reportaron que los padecimientos músculo-esqueléticos de los odontólogos se relacionaban con la no realización de ejercicio físico, que aunado a elevados niveles de estrés y malas posturas, ocasionan molestias leves hasta enfermedades de origen laboral con un componente crónico importante a nivel musculoesquelético, motivo por el cual se insiste en una práctica regular de actividad física, con el fin de mejorar la postura favoreciendo el aumento de la fuerza muscular en los músculos que sostienen la columna vertebral así como, la elongación de las estructuras músculo-tendinosas para prevenir la presencia de lesiones de origen traumático.

Se observaron también efectos positivos en la adhesión de los trabajadores a la implementación del programa de ejercicio físico, en especial en aquellos que tenían antecedentes traumáticos reflejándose en un aumento del 6,04 % total para los años registrados. Ahora bien, considerar las alternativas de transporte que tiene la población se convierte en otro aspecto crucial que conduce y motiva al desarrollo de actividad física; por ello, estas deben considerar los gustos de todos los participantes, acorde con sus necesidades y posibilidades motoras.

Así mismo, los resultados favorables de la realización de actividad física han sido publicados en diferentes investigaciones como la propuesta por Bayego et al. (2012), quienes realizan una recopilación de los beneficios del ejercicio físico como herramienta para prevenir la mortalidad prematura relacionada con enfermedades cardiovasculares (cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular, hipertensión arterial), cáncer (de colon y mama), enfermedades metabólicas-endocrinas (diabetes tipo 2, síndrome metabólico, obesidad), osteoporosis, sarcopenia, dependencia funcional, traumas por caídas, deterioro cognitivo, ansiedad y depresión. Los efectos positivos se presentan en hombres y mujeres, cuando existe una programación adecuada en los procesos de entrenamiento.

En cuanto a la asociación obtenida frente a los estilos de vida, se evidencia un descenso en la prevalencia de consumo de tabaco y aumento progresivo de la actividad física, como ya se había mencionado, si se contrasta con los años registrados permite demostrar un incremento del 1,47 % en cuanto a las personas que realizan ejercicio físico como estrategia para la modificación de los hábitos de vida; esta relación es estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) a partir de 2013. Los resultados encontrados en el estudio fueron respaldados en la investigación de Nerin et al. (2004), quienes observaron estas modificaciones en su investigación atribuyéndolas a que el 98,8 % de la población encuestada afirma que el consumo de tabaco disminuye el rendimiento físico y el 46,3 % razón por la que quieren dejar de fumar.

Finalmente, en relación con el consumo de alcohol y ejercicio físico se encontró una disminución del consumo y un aumento progresivo en la adhesión al programa de entrenamiento en un 2,9 % durante los años. Vaquero-Cristóbal et al. (2012) afirmaron en su investigación que el incremento en la práctica de actividad física está relacionado con la disminución considerable y progresiva en el consumo de sustancias alcohólicas, relacionando el consumo de alcohol con el impacto negativo en las habilidades psicomotoras necesarias para un desempeño adecuado, ya que a medida que el consumo de alcohol decrece, la práctica regular de ejercicio físico aumenta.

## Conclusión

El presente estudio logró identificar los beneficios generados en los funcionarios del MinTransporte, tras la implementación y participación de los mismos en un programa de actividad física programada mostrando un impacto significativo en la reducción de hábitos no saludables, la reducción de enfermedad cardiovascular y la presentación de lesiones asociadas al trabajo, lo que permite concluir que la implementación de este tipo de acciones se convierten en herramientas efectivas para la prevención y tratamiento de enfermedades asociadas al trabajo, accidentes laborales, riesgo cardiovascular además de impactar en la adhesión de la población trabajadora a la actividad física.

## Recomendaciones

Se reconoce la necesidad de que todas las entidades, tanto estatales como privadas, desarrollen, implementen y contribuyan con el ingreso de sus funcionarios a programas de actividad física para la salud; el uso de incentivos como el acceso dentro de su jornada laboral aplicados de manera estratégica conllevará que no existan argumentos relacionados con la falta de tiempo y la alta carga laboral. Reforzar acciones enfocadas en la generación de hábitos saludables, cuidado de la salud y alimentación adecuada, entre otras, conduce a la sensibilización de la población trabajadora sobre el cuidado de su salud. Finalmente, se recomienda la realización de controles médicos y psicológicos de manera regular que garanticen un entorno laboral adecuado, reduciendo así el ausentismo laboral y favoreciendo la productividad en los funcionarios del Estado.

## Referencias

- Bayego, E.; Vila, G., & Martínez, I. (2012). *Prescripción de ejercicio físico: indicaciones, posología y efectos adversos*. *Med Clin (Barc)*, 138 (1), 18-24.
- Calvo, J., y Gallo, I. (2011). Efecto del ejercicio físico en la productividad laboral y el bienestar. *Rev Psicol*, 20(2), 589-604.
- Chin, D. L., Nam, S., & Lee, S. J. (2016). Occupational factors associated with obesity and leisure-time physical activity among nurses: A cross sectional study. *International journal of nursing studies*, 57, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2016.01.009>

- Fransson, E. I., Heikkilä, K., Nyberg, S. T., Zins, M., Westerlund, H., Westerholm, P., Väänänen, A., Virtanen, M., Vahtera, J., Theorell, T., Suominen, S., Singh-Manoux, A., Siegrist, J., Sabia, S., Rugulies, R., Pentti, J., Oksanen, T., Nordin, M., Nielsen, M. L., Marmot, M. G., ... Kivimäki, M. (2012). Job strain as a risk factor for leisure-time physical inactivity: an individual-participant meta-analysis of up to 170,000 men and women: the IPD-Work Consortium. *American journal of epidemiology*, 176(12), 1078-1089. <https://doi.org/10.1093/aje/kws336>
- Gómez, R., Monteiro, H., Cossio-Bolaños, M.A., Fama-Cortez, D., & Zanesco, A. (2010). El ejercicio físico y su prescripción en pacientes con enfermedades crónicas degenerativas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 27(3), 379-386.
- Martínez, N. L., y Chagín, A. L. (2006). Lesiones músculo esqueléticas en el personal odontológico. *Acta odontológica*, 44 (3).
- Ministerio de Trabajo de la República de Colombia. (2014). *Decreto 1443*. Por medio del cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Julio 31. DO. 49229.
- Moya, A. M., & Díaz Ruiz, J. A. (2010). Análisis de la calificación de pérdida de capacidad laboral por trastornos (desórdenes) músculo-esqueléticos en miembro superior en una Administradora de Riesgos Profesionales colombiana en el año 2008. *Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, 22(1), 19-26.
- Nerín, I.; Crucelaegui, A.; Novella, P.; Ramón-Cajal, P., y Sobradíel-Gericó, N. R. (2004). Encuesta sobre tabaquismo en estudiantes universitarios en relación con la práctica de ejercicio físico. *Arch Bronconeumol*, 40(1), 5-9.
- Núñez, J. L., Martín-Albo, J., & Domínguez, E. (2010). Propiedades psicométricas de la Escala de Satisfacción con la Vida en sujetos practicantes de actividad física. *Revista de Psicología del Deporte*, 19(2), 291-304.
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Global health risks mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud*. OMS.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015) *Decreto 1072 de 2015*. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Mayo 26. DO. 49523.
- Rodríguez-Reyes, R., Navarro-Zarza, J., Tello-Divicino, T., Parra-Rojas, I., Zaragoza-García, O., & Guzmán-Guzmán, I. (2017). Detección de riesgo cardiovascular en trabajadores del sector salud con base en los criterios OMS/JNC 7/ATP III. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(3),300-308.
- Sánchez, I., Ochoa, J., Romero, J & Lara, A. (2020). *Actividad física para la salud: Programa de Gimnasia Laboral*. Ed. USTA. <https://doi.org/10.15332/li.lib.2020.00223>
- Senado de la República de Colombia. (1995). Código Sustantivo del Trabajo. DO.

- Thøgersen-Ntoumani, C., Fox, K. R., & Ntoumanis, N. (2005). Relationships between exercise and three components of mental well-being in corporate employees. *Psychology of Sport and Exercise*, 6(6), 609-627. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2004.12.004>
- Vaquero-Cristóbal, R & Isorna, M.; Ruiz, C. (2012). Review about state of alcohol consumption and physical sports practice. *Journal of Sport and Health Research*, 4(3):269-288.





## Entrenamiento y control fisiológico

### Efectos en el desempeño físico y la salud

Esta obra invita al lector al conocimiento de diferentes métodos de valoración, seguimiento y control de los efectos del ejercicio sobre el funcionamiento, biomecánica y forma corporal en diferentes poblaciones a través de la investigación científica. Fue desarrollada por investigadores, docentes y profesionales que han realizado un trabajo minucioso en la búsqueda de respuestas a las necesidades actuales desde un enfoque interdisciplinario, evidenciando hallazgos significativos para la comunidad académica en general.

Su contenido se organiza en dos partes. La primera, denominada "entrenamiento y evaluación en el deporte" trata sobre prácticas y metodologías novedosas con el uso de herramientas tecnológicas y software que permiten identificar diferentes respuestas funcionales y morfológicas en la población estudio. La segunda, titulada "ejercicio físico y salud" se enfoca en los aportes del ejercicio como respuesta a la necesidad imperante de adelantar estudios que promuevan la salud en diferentes grupos poblacionales, presentando resultados en cuanto a cambios físicos, socioemocionales y comportamentales en contextos educativos, laborales y profesionales.



Accede a toda la producción académica de la Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova" mediante este código QR o ingresando a la página [www.librosmic.com](http://www.librosmic.com)

