

JESSIC

SOBRINO



MENSAJE DE

Dra. Samantha Ayala Rocha

RECTORA



Un cordial saludo a los lectores de la **Revista Científica de Universidad CDEFIS**.

Con gran entusiasmo, presentamos el **séptimo número** de nuestra revista, reafirmando la misión de CDEFIS para este 2026. El equipo editorial pone a disposición de estudiantes y profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte este ejemplar, **compuesto por 10 artículos científicos** que han servido como modalidad de titulación para sus autores en programas de **Licenciaturas y Maestría**, así como contribuciones de investigadores que acompañan a sus estudiantes de posgrado.

Con ello, **CDEFIS Revista Científica** se consolida como un espacio **dedicado a la difusión del conocimiento y la promoción** del trabajo investigativo de profesionales y científicos.



Este número **incluye 7 artículos originales y 3 de revisión**, con la contribución de **14 autores** de México, U.S.A. España y Francia. Entre ellos se encuentran **Doctores en Ciencias, Másteres en Ciencias y Licenciados en diversas áreas del conocimiento**, lo que subraya una vez más, el compromiso de nuestra revista con la excelencia en la producción científica.

Además, en esta edición se destaca la sección de **homenaje a un destacado "Atleta Deportivo"**, reconociendo la grandiosa trayectoria de la nadadora mexicana **Jessica Sobrino**, cuya participación ha trascendido tanto en competencias centro y panamericanas, así como internacionales. Seguimos elevando nuestro compromiso de trabajar arduamente en beneficio de la comunidad educativa, promoviendo el desarrollo académico y científico en las **Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte**.

¡Los alentamos a estudiar, investigar, innovar y contribuir con la publicación de sus trabajos en los próximos números de nuestra revista científica!

CONTENIDOS

CDEFIS, Volumen 4, Número 7, 2026.

EQUIPO EDITORIAL

CDEFIS Revista Científica, es una publicación semestral de carácter científico-académico especializada en temas de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, perteneciente a la Universidad CDEFIS con sede en la ciudad de Morelia, estado Michoacán, México. Los artículos publicados son de total responsabilidad de sus autores.

Directora:

Dra. C. Samantha Ayala Rocha.

Editor Responsable:

D.C. Jeni Bolaños Rebolledo.

Diseño gráfico:

Lic. José Miguel Reyes Cabrera

Traducción:

Lic. Felipe Ovando Magaña.

Web Master:

Ing. Samuel Pineda Rodríguez.

Consejo Científico Asesor:

Dr. C. Michel Oroceno Aragón. Universidad Metodista de Angola.

Dra. C. Lida de la Caridad Sánchez Ramírez. Universidad de Oriente, Cuba.

Dr. C. Luis Gustavo González Carballido. Instituto de Medicina Deportiva, Cuba.

Dr. C. Darvin Manuel Ramírez Guerra. Universidad de Holguín, Cuba.

Dr. C. José Ignacio Ruiz Sánchez. Universidad de Camagüey, Cuba.

Dr. C. Santiago René León Martínez. Universidad UCCFD, Cuba.

Dr. C. Jorge Mateo Sánchez. Universidad Central del Ecuador.

Dr. C. Antonio Jesús Pérez Sierra. Universidad de Sonora, México.

Dr. C. Diosdado Soto Barroso. Universidad Organismo Mundial de Investigación, México.

M. Sc. Alfredo Portela Sáenz. Universidad Estatal de Sonora, México.

Correo Electrónico:

revista@cdefis.edu.mx

ENLACE WEB REVISTA CIENTÍFICA CDEFIS:

<https://cdefis-revista-cientifica.cdefis.edu.mx/>

CDEFIS REVISTA CIENTÍFICA, vol 4, núm. 7, junio de 2026, es una publicación semestral editada por Universidad CDEFIS, Av. Lázaro Cárdenas 2707, Col. Chapultepec Norte, 58260, Morelia, Michoacán México. Teléfono 443 304 6643, Sitio web de la revista: <https://cdefis-revista-cientifica.cdefis.edu.mx>, correo electrónico: revista@cdefis.edu.mx Editor responsable: D.C. Jeni Bolaños Rebolledo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2025-031417544000-102, ISSN: 3122-3982, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la actualización de este sitio: Desarrollador web, Ing. Samuel Pineda Rodríguez. Intituto CDEFIS, Lázaro Cárdenas #2707 col. Chapultepec Norte 58260, Morelia, Michoacán México.

Homenaje a Jessica Sobrino.	2
Beneficios del entrenamiento de propiocepción y equilibrio en adultos mayores de la CMF ISSSTE Morelia.	5
El entrenamiento de resistencia reprograma el eje metabólico intramuscular de la vitamina D en el músculo esquelético humano envejecido.	15
Efectos del estrés de viaje transmeridiano sobre el rendimiento neuromuscular en jugadores de fireball.	30
Protocolo PROFISER (Prevención, Rehabilitación, Fisioterapia, Seguimiento y Rendimiento): evaluación funcional y prevención en deportes formativos.	45
Modelo de bloques de rotación: viabilidad operativa y financiera en centros deportivos infantiles.	55
Correlación entre hipotiroidismo y depresión en pacientes adultos mayores en ISSSTE Morelia.	68
Validez predictiva del Test de Ruffier frente al rendimiento en campo en universitarios.	79
Depresión y trastornos mentales asociados en deportistas de élite: artículo de revisión.	91
Entrenamiento basado en control de la velocidad: impacto fisiológico y rendimiento.	106
Propuesta de una bebida isotónica suplementada con creatina sabor maracuyá para mejorar el rendimiento físico de atletas.	113
Oferta académica de la UNIVERSIDAD CDEFIS.	124

El equipo editorial de **CDEFIS** Revista Científica se complace en dedicar el séptimo número a **Jessica Sobrino Mizrahi**, atleta de élite y gloria deportiva de México, ha brillado en natación artística con disciplina, elegancia y precisión. Ha sido medallista internacional y referente del alto rendimiento, acumulando más de 70 medallas en su representación a México en escenarios mundiales, consolidándose como ejemplo de constancia, excelencia y liderazgo en el deporte.



Fecha de nacimiento: 26 de mayo de 1994.

Ciudad y país: Naucalpan, Estado de México, México.

Deporte: Natación Artística.

¿Cómo se describe a sí mismo Jessica Sobrino?

“Me considero una deportista que luchó mucho para llegar a unos juegos olímpicos, una deportista muy resiliente, con perseverancia. A la que muchas veces le dijeron que NO en el camino y que no lo iba a lograr (sobretudo por su estatura, por su complexión) y al final, ¡logré todo lo que había soñado! Apoyé mucho al equipo siendo una de las líderes, fomentando siempre la buena comunicación, el trabajo en equipo, el liderazgo positivo, la responsabilidad. Creo que fui una deportistas que disfruto mucho su trayectoria deportiva, que siempre estuvo muy clara mentalmente que tenía el sueño de llegar a los juego olímpicos y que siempre tuvo metas muy altas: el poder estar dentro de las mejores del mundo, compitiendo a nivel internacional.”

RESULTADOS EN JUEGOS OLÍMPICOS

AÑO	LUGAR (ciudad y país)	RESULTADO
2024	París (Francia)	7º lugar general

RESULTADOS EN CIRCUITO INTERNACIONAL Y COPAS DEL MUNDO

AÑO	LUGAR (ciudad y país)	RESULTADO
2013	Montreux (Suiza)	3 Plata (Equipo técnico, libre y combinada)
2013	Torre Vieja (España)	1 Oro (Rutina combinada); 1 Plata (Equipo libre)
2014	España	3 Plata (Equipo técnico, libre y combinada)
2014	Budapest (Hungría)	3 Oro (Equipo técnico, libre y combinada)
2014	Quebec (Canadá)	1 Bronce (Rutina highlights)
2016	Estados Unidos	3 Plata (Rutina técnica, libre y combinada)
2017	Japón	2 Plata (Equipo técnico y libre)

2018	Siros (Grecia)	3 Oro (Equipo técnico, libre y rutina combinada)
2019	España	1 Bronce (Equipo técnico)
2023	Soma Bay Hurghada (Egipto)	2 Oro (Equipo técnico y rutina acrobática)
2024	París (Francia)	2 Oro (Equipo técnico y rutina acrobática)
2024	Budapest (Hungría)	2 Plata (Equipo técnico y libre)

RESULTADOS EN JUEGOS CENTROAMERICANOS

AÑO	LUGAR (ciudad y país)	MEDALLAS
2014	Veracruz (México)	3 Oro (Equipo técnico, libre y combinada)
2018	Barranquilla (Colombia)	3 Oro (Equipo técnico, libre y rutina combinada)
2018	Panamá (Panamá)	2 Oro (Equipo técnico y libre)
2023	San Salvador (El Salvador)	1 Oro (Equipo libre); 2 Plata (Equipo técnico y rutina acrobática)

RESULTADOS EN JUEGOS Y CAMPEONATOS PANAMERICANOS

AÑO	LUGAR (ciudad y país)	MEDALLAS
2015	Toronto (Canadá)	2 Plata (Equipo técnico y libre)
2019	Lima (Perú)	2 Plata (Equipo técnico y libre)
2023	Santiago (Chile)	1 Oro (Equipo)

¿Qué mensaje envía a los lectores de CDEFIS REVISTA CIENTÍFICA?

“A los lectores de la revista, les recomiendo tener una meta clara, enfocarse siempre en una meta para que el camino sea divertido, sencillo y se pueda disfrutar. Recordar que las cosas que más nos cuestan trabajo son las que más valen la pena al final y por supuesto que les recomiendo leer las ediciones de **CDEFIS** Revista Científica, hacer publicaciones, integrarse e involucrarse con las novedades dentro de sus áreas y nunca dejar de crecer como profesionales”



ARTÍCULOS
Originales

Beneficios del entrenamiento de propiocepción y equilibrio en adultos mayores de la CMF ISSSTE Morelia

Benefits of proprioception and balance training in the elderly population at the CMF ISSSTE Morelia

Eduardo Yacid Saucedo-Ortega¹, Luisa Sofía Pérez-Pío²,
Jorge Jafet Quintero-Maldonado³

¹Licenciado en Fisioterapia y Rehabilitación, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, FCMB "Dr. Ignacio Chávez", México. 0009-0004-4944-0418 , lalosaucedo98@gmail.com

²Licenciada en Fisioterapia y Rehabilitación, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, FCMB "Dr. Ignacio Chávez", México. 0009-0003-7784-7963 , luisa.perez@umich.mx

³Doctor en Educación, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, FCMB "Dr. Ignacio Chávez", México. 0009-0002-7212-5665 , jorge.jafet.quintero@umich.mx

RESUMEN

Las caídas en el adulto mayor constituyen un problema de salud pública de alta relevancia debido a su elevada frecuencia, su asociación con lesiones graves y su impacto en la funcionalidad y calidad de vida (Pérez, 2020). El objetivo principal fue identificar los beneficios de un programa de entrenamiento propioceptivo basado en la prescripción de ejercicios, dosificados en 15 sesiones de fisioterapia. Participaron 30 adultos mayores, hombres y mujeres, en un rango de edad de 60 a 75 años, con alteraciones en la marcha y el reporte de una caída en los últimos meses. Las mediciones se realizaron antes, durante y al finalizar el estudio, mediante la escala de Tinetti (para marcha y equilibrio) y Downton (para riesgo de caídas). El programa obtuvo resultados positivos en la prevención de caídas mejorando la funcionalidad, marcha, equilibrio y la independencia de los pacientes, realizando ejercicios en apoyo monopodal, además de estímulos propioceptivos en cadera, rodilla y tobillo con bandas elásticas.

Palabras clave: riesgo de caídas; entrenamiento propioceptivo; ejercicios de coordinación; alteraciones en la marcha; equilibrio.

ABSTRACT

Falls in older adults constitute a highly relevant public health problem due to their high frequency, their association with serious injuries, and their impact on functionality and quality of life. The main objective was to identify the benefits of a proprioceptive training program based on the prescription of exercises, administered over 15 physiotherapy sessions. The participants were 30 older adults, men and women, aged 60 to 75 years, with gait abnormalities and a reported fall in recent months.

Measurements were taken at the beginning, midpoint, and end of the study using the Tinetti scale (for gait and balance) and the Downton scale for fall risk. The program yielded positive results in preventing falls by improving the functionality, gait, balance, and independence of patients, performing exercises in single-leg support, in addition to proprioceptive stimuli in the hip, knee, and ankle with elastic bands.

Keywords: risk of falls; proprioceptive training; coordination exercises; gait alterations; balance.

Citar como: Saucedo-Ortega, E. Y., Pérez-Pío, L. S. & Quintero-Maldonado, J. J. (2026). Beneficios del entrenamiento de propiocepción y equilibrio en adultos mayores de la CMF ISSSTE MORELIA. CDEFIS Revista Científica, 4(7).



Recibido: 14 de febrero de 2026 / Aceptado: 23 de abril de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define a las caídas como acontecimientos involuntarios que hacen perder el equilibrio y que el cuerpo caiga al suelo u otra superficie firme; cualquier individuo puede sufrir una caída, pero dadas las características de la población geriátrica, es donde la proporción será mayor (Expósito, 2016). La OMS también recalca que, la edad es uno de los principales factores de riesgo para sufrir caídas, siendo los adultos mayores quienes corren mayor riesgo de morir y/o sufrir lesiones a causa de éstas (Lázaro del Nogal, 2005); el riesgo irá aumentando con la edad (Organización Mundial de la Salud, 2021). La proporción de personas mayores de 60 años está aumentando más rápidamente que cualquier otro grupo de edad en casi todos los países (Monge, 2016). Las caídas representan el 90% de los accidentes del adulto mayor, aproximadamente solo el 50% de las personas mayores de 70 años hospitalizadas después de sufrir una caída sobreviven transcurriendo un año. En México las caídas representan el 30% de las causas de muerte en mayores de 65 años (Agudelo-Botero, et. al., 2018).

En el área de fisioterapia y rehabilitación de la clínica de medicina familiar del ISSSTE Morelia se observó, al momento de hacer la valoración física, que un alto porcentaje de los pacientes geriátricos tienen un riesgo importante (6 de cada 10 pacientes presenta un riesgo moderado – alto) de sufrir una caída; esto, asociado a un déficit de movilidad en la marcha y falta de equilibrio. Al ser las caídas uno de los principales riesgos que causan la muerte en los adultos mayores, siendo el segundo puesto en todo el mundo (OMS, 2021) debido a su elevada frecuencia y elevado riesgo de lesiones secundarias asociado a ellas, constituyen un fenómeno negativo de gran importancia que culmina en lesión, incapacidad e institucionalización; por este motivo se considera el prototipo más característico de los síndromes geriátricos.

Actualmente se han desarrollado e implementado diversas estrategias de intervención para abordar estos riesgos, como lo son programas de ejercicio y programas educativos, sin embargo, dentro de estos programas existe una gran variedad de ejercicios, siendo unos más efectivos que otros. Siendo una problemática importante para los fisioterapeutas, porque a menudo el paciente geriátrico que se trata en el área puede quedar con lesiones anatómicas o funcionales que lo dificulten en todo el trayecto de su vida.

Es por ello que la investigación se enfocó en los pacientes geriátricos que presentan alteraciones funcionales, las cuales pueden llegar a desencadenar problemas en sus actividades de la vida diaria y en casos más graves llegar a la dependencia.

MÉTODOS

-Diseño y población de estudio:

El presente estudio es un diseño de investigación preexperimental, prospectivo y longitudinal, donde la población estudiada la constituyeron los pacientes geriátricos (de 60 a 75 años) adscritos al área de fisioterapia y rehabilitación de la clínica de medicina familiar del ISSSTE Morelia durante el periodo febrero a mayo del año 2023, la muestra fue de 30 pacientes adultos mayores los cuales se acogieron al estudio.

-Instrumentos de evaluación o medición:

- Historia clínica
- Escala para valorar el riesgo que presenta el paciente de sufrir una caída
 - Escala de Downton validada por la Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI)

Gutiérrez, (2022) evalúa 5 ítems: caídas previas, medicamentos, déficits sensoriales, estado mental y deambulación.

- Escala Tinetti (Alfa de Cronbach 0.95 en estudios de equilibrio) (Rodríguez,2012), para la marcha y el equilibrio.

-Criterios de inclusión:

- Pacientes de 60 a 75 años.
- Pacientes del sexo masculino o femenino.
- Pacientes que conserven la movilidad e independientes.

-Criterios de exclusión:

- Pacientes con algún tipo de prótesis en miembro inferior.
- Pacientes con alteración de la marcha que presenten algún tipo de discapacidad.

-Variables:

Variable independiente:

- Programa de entrenamiento de propiocepción y equilibrio.

Variable dependiente:

- Riesgo de caídas en los pacientes adultos mayores.

-Intervención del Programa de Entrenamiento:

La variable independiente consistió en un programa de ejercicios conformado por la fase de calentamiento, fase de entrenamiento y fase de enfriamiento (la primera y la tercera forzadas en los programas para adultos mayores) de 15 sesiones, con una frecuencia de 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Cada sesión tuvo una duración de 45 minutos, de los cuales 10 minutos fueron destinados al calentamiento (estiramiento activo de todo el cuerpo 10-12 estiramientos variables de 10-15 segundos cada uno), 25 minutos de entrenamiento dosificado en ejercicios de apoyo monopodal (con movilización del tobillo de la pierna contralateral – punta/talón, movilización de la rodilla de la pierna contralateral – flexión/extensión y, movilización de cadera de la pierna contralateral - flexión/extensión), “steps” (frontales, traseros y laterales) y desplantes con/sin banda (frontales simples, frontales seguidos con un step frontal, y, frontales secuenciales) y finalmente, 10 minutos de enfriamiento (estiramiento pasivo de miembros inferiores 8-10 estiramientos de 15-20 segundos cada uno).

-Aspectos Éticos:

Los procedimientos propuestos están de acuerdo con las normas éticas, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y con la declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas, así como los códigos y normas internacionales vigentes para las buenas prácticas en la investigación clínica.

-Recursos, Financiamiento y Factibilidad.

- Recursos humanos: Pasantes de fisioterapia, estudiante de fisioterapia.
- Equipo: Conos, aros, platillos, barras paralelas, pelota bobath, step (banco para ejercitarse), colchonetas, rampa.
- Instalaciones: Área de fisioterapia y rehabilitación CMF ISSSTE, área verde fisioterapia y rehabilitación.
- Materiales: Lapiceros, lápiz, sacapuntas, goma, corrector, plumones, hojas blancas, carpetas, clips, grapas, engrapadora, tinta para impresora, tabla portapapeles.

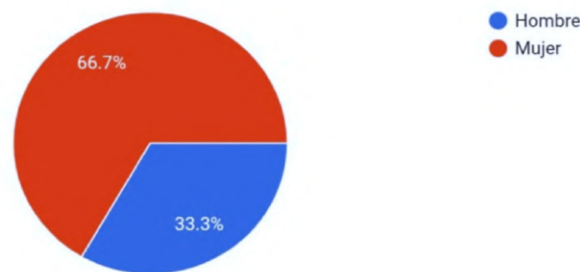
- Financiamiento: Clínica de Medicina Familiar ISSSTE Morelia.
- Factibilidad: El proyecto fue viable, ya que se contó con los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados derivados de la investigación, organizados en gráficas para responder al objetivo central. Respecto al análisis de la población de estudio, ésta se conformó por 30 pacientes adultos mayores de ambos sexos, con edades comprendidas entre 60 y 75 años, adscritos al servicio de fisioterapia y rehabilitación. En cuanto a la distribución por sexo, predominó el sexo femenino con 66.7 % (n = 20), mientras que el sexo masculino representó el 33.3 % (n = 10) (Gráfica 1).

Gráfica 1.

Distribución por sexo de los participantes en el estudio.



Se presentan en primer lugar los resultados correspondientes a la escala Downton y posteriormente los correspondientes a la escala de Tinetti.

La primera sección del análisis corresponde a la escala de riesgo de caídas de Downton, instrumento que evalúa un puntaje de 0 a 14, donde a mayor puntuación, mayor es el riesgo de caídas. En la evaluación inicial, los participantes obtuvieron un promedio de 2.67 puntos (Gráfica 2), lo que indica un riesgo inicial de caídas de nivel medio a alto, el cual fue posteriormente contrastado con la medición final tras la implementación del programa de ejercicios.

Gráfica 2.

Resultados de la aplicación de la escala Downton (inicial).



Nota: Se aplicó la escala de Downton inicial en los 30 pacientes adultos mayores de 60 a 75 años de ambos sexos, obteniendo un promedio de 2.67 puntos, antes del plan de entrenamiento propuesto (mediano - alto riesgo de caídas).

Después a la aplicación de ejercicios propioceptivos, se realizó la evaluación final en esta misma escala, obteniendo que este valor de inicio disminuyó a 2.07 puntos, ello evidencia una reducción en el riesgo de caídas posterior a la intervención con relación al resultado inicial (Gráfica 3).

Gráfica 3.

Resultados de la aplicación de la escala Downton (final).

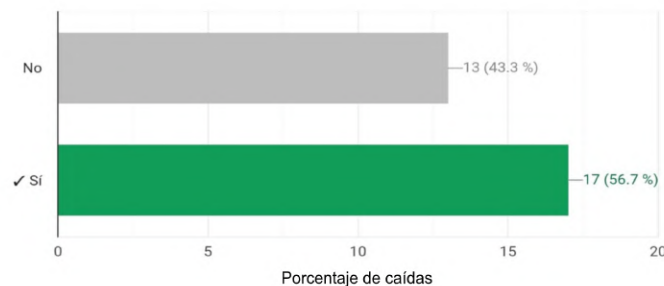


Nota: Se aplicó la escala de Downton final en los 30 pacientes, obteniendo un promedio de 2.07 puntos, después del plan de entrenamiento propuesto (mediano riesgo de caídas).

En relación con el antecedente de caídas, el 56.7% (n=17) de los pacientes adultos mayores reportó al menos una caída en los seis meses previos a la intervención (Gráfica 4), es decir más de la mitad de la población adulta evaluada en este estudio. De los 17 pacientes que si presentaron caídas 12 correspondieron al sexo femenino y 5 al sexo masculino.

Gráfica 4.

Resultados del primer ítem de valoración de la escala Downton (inicial): Caídas previas.

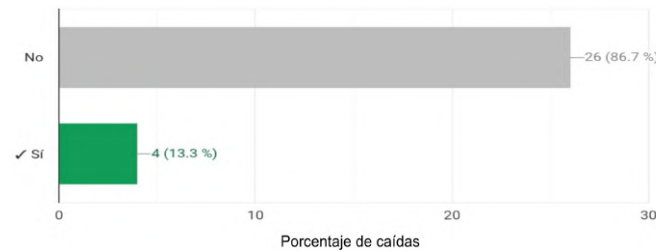


Nota: En el primer ítem de valoración, en la prueba inicial, 13 adultos mayores (43.3%) no presentaron caídas previas en los últimos 6 meses, de los cuales 8 corresponden al sexo femenino y 5 al sexo masculino.

Una vez finalizado el ciclo de ejercicios específicos, se determinó que la escala Downton detectó una disminución al 13.3% (n=4) tras el periodo de tratamiento (Gráfica 5). Estos datos muestran un contraste considerable con respecto al primer resultado. Cabe destacar que los 4 casos corresponden al sexo femenino.

Gráfica 5.

Resultados del primer ítem de valoración de la escala Downton (final): Caídas previas.

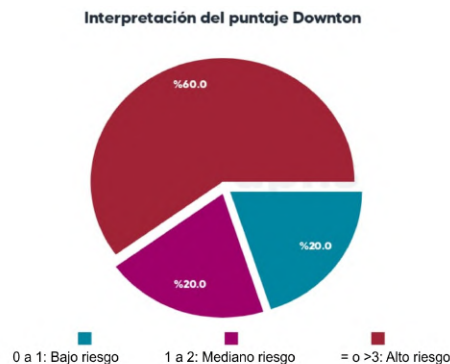


Nota: En el primer ítem de valoración, en la prueba final, 26 adultos mayores (86.7%) no presentaron caídas previas en los últimos tres meses correspondientes al plan de tratamiento propuesto, de los cuales 16 son del sexo femenino y 10 del sexo masculino.

Respecto a la clasificación global del riesgo, inicialmente el 60 % de los pacientes (n = 18) se encontraba en alto riesgo de caídas (Gráfica 6). Al finalizar la intervención, este porcentaje se redujo a 26.7 % (n = 8) (Gráfica 7). Paralelamente, el porcentaje de pacientes clasificados con bajo riesgo aumentó de 20 % (n = 6) a 33.3 % (n = 10), lo que sugiere una mejoría funcional posterior al entrenamiento.

Gráfica 6.

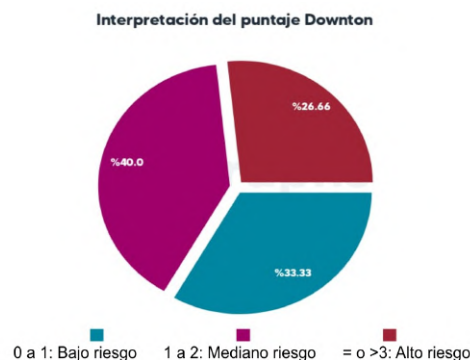
Interpretación del puntaje Downton en relación con el riesgo de caídas.



Nota: En la interpretación del puntaje de la escala Downton, 6 pacientes presentaron un bajo riesgo de caídas (0-1), 6 pacientes un mediano riesgo de caídas (1-2) y, 18 pacientes un alto riesgo de caídas (igual o mayor a 3).

Gráfica 7.

Interpretación del puntaje Downton en relación con el riesgo de caídas.



Nota: En la interpretación del puntaje de escala Downton, 10 pacientes presentaron un bajo riesgo de caídas (0-1), 12 pacientes un mediano riesgo de caídas (1-2) y, 8 pacientes un alto riesgo de caídas (igual o mayor a 3).

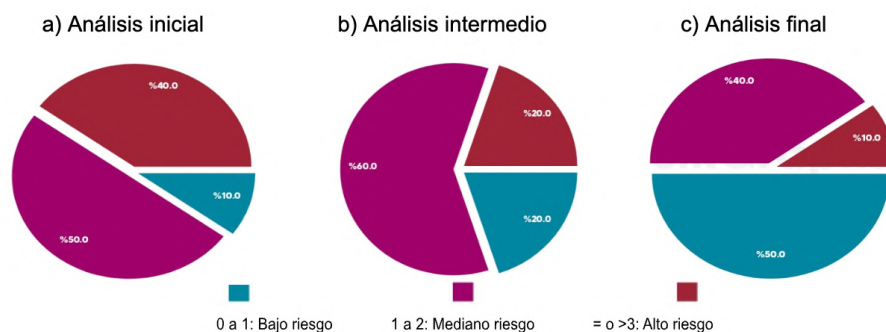
En la evaluación inicial mediante la escala de Tinetti para marcha y equilibrio, aplicada a los 10 adultos mayores masculinos de entre 60 y 75 años pertenecientes a la CMF ISSSTE Morelia, se observó que 1 participante (10 %) presentó riesgo bajo de caídas, 4 participantes (40 %) se ubicaron en riesgo medio y 5 participantes (50 %) en riesgo alto, evidenciando una condición inicial de vulnerabilidad importante en la mayoría del grupo (Gráfica 8a).

Durante la evaluación intermedia, correspondiente a la séptima sesión del programa de intervención con ejercicios propioceptivos y de equilibrio, se identificó una mejoría progresiva en los niveles de riesgo: 2 pacientes (20 %) mostraron riesgo bajo, 6 pacientes (60 %) riesgo medio y 2 pacientes (20 %) riesgo alto, lo que sugiere una reducción del número de participantes con mayor probabilidad de caídas (Gráfica 8b).

Finalmente, en la evaluación posterior a la decimoquinta sesión, los resultados mostraron una mejoría aún más evidente, con 5 pacientes (50 %) clasificados en riesgo bajo, 4 pacientes (40 %) en riesgo medio y únicamente 1 paciente (10 %) en riesgo alto. Estos hallazgos evidencian una tendencia favorable en la capacidad de marcha y equilibrio tras la intervención, reflejando los beneficios del entrenamiento propioceptivo en la disminución del riesgo de caídas en adultos mayores (Gráfica 8c).

Gráfica 8.

Resultados de la aplicación de la escala de Tinetti - hombres.



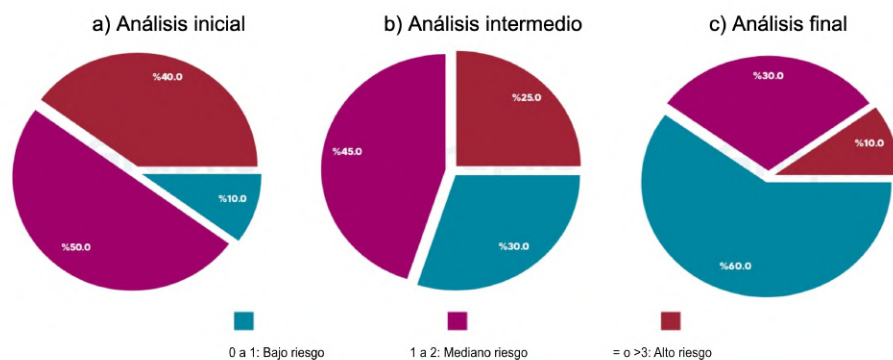
En el grupo femenino, conformado por 20 adultas mayores de 60 a 75 años, la evaluación inicial mediante la escala de Tinetti para marcha y equilibrio mostró que 2 participantes (10 %) presentaron riesgo bajo de caídas, 10 participantes (50 %) se clasificaron con riesgo medio y 8 participantes (40 %) con riesgo alto, lo que evidenció una condición inicial de compromiso funcional importante en el equilibrio y la marcha (Gráfica 9a).

En la evaluación intermedia, realizada durante la séptima sesión del tratamiento, se observó una mejoría progresiva en la distribución del riesgo: 6 pacientes (30 %) presentaron riesgo bajo, 9 pacientes (45 %) riesgo medio y 5 pacientes (25 %) riesgo alto, indicando una disminución del porcentaje de participantes con mayor probabilidad de caídas (Gráfica 9b).

Al término de la intervención, correspondiente a la decimoquinta sesión, la evaluación final evidenció una mejoría significativa en los parámetros funcionales, con 12 pacientes (60 %) clasificadas en riesgo bajo, 6 pacientes (30 %) en riesgo medio y únicamente 2 pacientes (10 %) en riesgo alto (Gráfica 9c).

Gráfica 9.

Resultados de la aplicación de la escala de Tinetti – mujeres.



DISCUSIÓN

El presente estudio de investigación justifica su intención evidenciando la importante disminución del riesgo de caídas en ambos grupos de la muestra (mujeres y hombres), así como la mejoría tanto en la marcha como en el equilibrio, entendiéndose éste como el mantenimiento del centro de masa corporal dentro de los límites de la base de sustentación (Fábrica, 2011), agrupando a la mayoría de los pacientes en el apartado de “bajo riesgo de caídas”. Naturalmente, la literatura existente concuerda y es consistente con que el riesgo de caídas puede disminuir dramáticamente si el programa de ejercicios es el indicado (Peña, 2017; Mittaz, et al., 2019), tomando en cuenta que la mayor parte de las caídas se dan durante la marcha de las personas, tiene sentido pensar que, mejorando la marcha, disminuye dicho riesgo (Ashburn, 2019).

Así, la mejora observada está directamente relacionada con la reeducación de la marcha, consecuencia de un mejor equilibrio y propiocepción en miembros inferiores (LaStayo, 2017), de manera que le resulta al individuo (adulto mayor) mucho más fácil mantener el centro de gravedad dentro de su base de sustentación y así, prevenir el riesgo de caídas.

Enfatizamos la labor del fisioterapeuta dentro del campo geriátrico, la cual es esencial tomando en cuenta los cambios fisiológicos que se presentan durante el envejecimiento. Así pues, el papel del fisioterapeuta será preventivo y rehabilitador en el ámbito de la

salud, actuando como el profesional encargado de optimizar la condición física, de agudizar el sistema somatosensorial y así, garantizar la seguridad del paciente.

No obstante, el estudio presenta algunas limitaciones, entre ellas el tamaño reducido de la muestra que puede disminuir la validez externa y, la ausencia de un grupo control para poder asegurar la representatividad, ya que no compara el efecto de la intervención frente a un grupo no tratado.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, el estudio aporta evidencia relevante sobre la utilidad de un programa de ejercicios propioceptivos y de equilibrio específicamente diseñados para entrenar la marcha y reducir el riesgo de caídas en la población adulta mayor.

CONCLUSIÓN

Se ha demostrado que el programa de ejercicio propioceptivo y de equilibrio es efectivo para la prevención de caídas en los adultos mayores. A pesar de ser un estudio con una muestra relativamente pequeña, los resultados indicaron que al final de la intervención más de la mitad de los pacientes se clasificaron en riesgo bajo de caídas, además de presentar una notable evolución en cuanto a la seguridad durante la deambulaci3n y habilidades que demandan un complemento entre equilibrio, coordinaci3n, propiocepci3n y marcha. Se sugieren m3s estudios relacionados, con mayores muestras y la valoraci3n de otros ítems, entre ellos, la fuerza, el nivel de ánimo y satisfacci3n durante y después del ejercicio, variables importantes para la funci3n cognitiva asociada a la calidad de vida del adulto mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo-Botero, M., Giraldo-Rodríguez, L., Murillo-González, J. C., Mino-León, D., & Cruz-Arenas, E. (2018). Factors associated with occasional and recurrent falls in Mexican community-dwelling older people. *PloS one*, 13(2), e0192926. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192926>
- Ashburn, A., Pickering, R., McIntosh, E., Hulbert, S., Rochester, L., Roberts, H. C., Nieuwboer, A., Kunkel, D., Goodwin, V. A., Lamb, S. E., Ballinger, C., & Seymour, K. C. (2019). Exercise- and strategy-based physiotherapy-delivered intervention for preventing repeat falls in people with Parkinson's: the PDSAFE RCT. *Health Technology Assessment (Winchester, England)*, 23(36), 1-150. <https://doi.org/10.3310/hta23360>
- Expósito Gázquez, A., & López Fernández, F. J. (2016). Prevenci3n de las caídas y Promoci3n De La Salud En El Adulto Mayor. En *Salud y Atenci3n Primaria* (págs. 103-105). Almería: ACCI Ediciones.
- Fábrica, C. G., Rey, A., González, P. V., Santos, D., & Ferraro, D. (2011). Evaluaci3n del equilibrio durante la marcha a velocidad autoseleccionada en jóvenes saludables, adultos mayores no caedores y adultos mayores con alto riesgo de caídas. *Revista Médica del Uruguay*, 27(3), 147-154. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/rmu/v27n3/v27n3a04.pdf>

- Gutiérrez-Valencia, M., Leache, L., & Saiz, L. C. (2022). Revisión de la validez de las escalas de valoración del riesgo de caídas en pacientes hospitalizados. *Revista española de geriatría y gerontología*, 57(3), 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2022.03.005>
- LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Wong, B., & Pepper, G. (2017). Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program. *BMC geriatrics*, 17(1), 149. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0539-8>
- Lázaro del Nogal, M., González-Ramírez, A., & Palomo-Illoro, A. (2005). Evaluación del riesgo de caídas: Protocolos de valoración clínica. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 40(Supl. 1), 54–63. [https://doi.org/10.1016/S0211-139X\(05\)75086-1](https://doi.org/10.1016/S0211-139X(05)75086-1)
- Mittaz Hager, A. G., Mathieu, N., Lenoble-Hoskovec, C., Swanenburg, J., de Bie, R., & Hilfiker, R. (2019). Effects of three home-based exercise programmes regarding falls, quality of life and exercise-adherence in older adults at risk of falling: protocol for a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*, 19(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-1021-y>
- Monge Acuña, T., & Solís Jiménez, Y. (2016). El síndrome de caídas en personas adultas mayores y su relación con la velocidad de la marcha. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*, 73(618), 91–95. <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/618/art18.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2021, 26 de abril). Falls. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>
- Peña Fernández, V., Sierra Vinuesa, R., & Cortés Fernández, E. (2017). Importancia del desarrollo de un programa de fisioterapia en la reeducación del equilibrio en nuestros mayores. En J. Gallego, M. Alcaraz-Ibáñez, J. M. Aguilar-Parra, A. J. Cangas, E. Martínez-Rosales, & E. Martínez-Morillas (Eds.), *Libro de actas del VI Congreso Internacional de Deporte Inclusivo: Salud, desarrollo y bienestar personal* (p. 119). Congreso Internacional de Deporte Inclusivo.
- Pérez de Alejo-Plaín, A., Roque-Pérez, L., & Plaín-Pazos, C. (2020). Las caídas, causa de accidente en el adulto mayor. 16 de Abril, 59(276), e705. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abril/abr-2020/abr20276j.pdf>
- Rodríguez Guevara, C., & Lugo, L. H. (2012). Validez y confiabilidad de la Escala de Tinetti para población colombiana. *Revista Colombiana de Reumatología*, 19(4), 218–233. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-81232012000400004

El entrenamiento de resistencia reprograma el eje metabólico intramuscular de la vitamina D en el músculo esquelético humano envejecido

Resistance training reprograms the intramuscular vitamin D metabolic axis in aging human skeletal muscle

Sergio Ayala-Díaz

Doctor en Ciencias Biológicas y de la Salud, Dr. en Ciencias de Nutrición y Dietética, Instituto Nacional de Medicina Genómica, México. 0000-0001-9746-7560 , sdiaz@inmegen.gob.mx

RESUMEN

El envejecimiento del músculo esquelético humano se asocia con alteraciones transcriptómicas que afectan rutas metabólicas y mitocondriales. El eje metabólico intramuscular de la vitamina D, integrado por enzimas responsables de su activación y catabolismo, ha sido implicado en procesos de biogénesis mitocondrial, miogénesis y función muscular; sin embargo, su comportamiento transcriptómico frente al envejecimiento y al entrenamiento de resistencia no ha sido caracterizado de manera integrada en tejido humano. En este estudio se realizó un análisis secundario de datos transcriptómicos de músculo vasto lateral humano (GSE8479) comparando adultos jóvenes, adultos mayores en condición basal y adultos mayores después de seis meses de entrenamiento progresivo de resistencia. Se construyó un Índice Metabólico de Vitamina D basado en la expresión estandarizada de genes de activación (CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1) y el gen de catabolismo (CYP24A1), representando el balance funcional entre ambas ramas del eje. El envejecimiento mostró una modulación diferencial del eje, mientras que el entrenamiento se asoció con un desplazamiento significativo del índice en el análisis pareado intrapersonal. El efecto fue consistente a nivel de contraste transcriptómico y se confirmó mediante modelado lineal y pruebas pareadas. Estos hallazgos sugieren que el entrenamiento de resistencia puede reconfigurar el balance transcriptómico del eje de la vitamina D en músculo envejecido. El modelo propuesto proporciona una herramienta cuantitativa para explorar la contribución del eje vitamina D a la plasticidad muscular asociada con la edad. **Palabras clave:** músculo esquelético; envejecimiento;

entrenamiento de resistencia; vitamina D; CYP27B1; CYP24A1; transcriptómica; reprogramación metabólica.

ABSTRACT

Aging of human skeletal muscle is associated with transcriptomic alterations that impact metabolic and mitochondrial pathways. The intramuscular vitamin D metabolic axis, composed of enzymes responsible for vitamin D activation and catabolism, has been implicated in mitochondrial biogenesis, myogenesis, and muscle function; however, its integrated transcriptomic behavior in response to aging and resistance training has not been systematically characterized in human tissue. In this study, a secondary bioinformatic analysis of human vastus lateralis transcriptomic data (GSE8479) was performed comparing young adults, older adults at baseline, and older adults after six months of progressive resistance training. A Vitamin D Metabolic Index was constructed based on standardized expression of activation genes (CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1) and the principal catabolic gene (CYP24A1), representing the functional balance between both arms of the axis. Aging was associated with differential modulation of this axis, whereas resistance training induced a significant shift in the index in paired intrapersonal analyses. The effect was consistent across linear modeling contrasts and paired statistical testing. These findings suggest that resistance training may reconfigure the transcriptomic balance of the vitamin D axis in aged skeletal muscle. The proposed model provides a quantitative framework to explore the contribution of the vitamin D axis to age-related muscle plasticity.

Keywords: skeletal muscle; aging; resistance training; vitamin D; CYP27B1; CYP24A1; transcriptomics; metabolic reprogramming.

Citar como: Ayala-Díaz, S. (2026). El entrenamiento de resistencia reprograma el eje metabólico intramuscular de la vitamina D en el músculo esquelético humano envejecido. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 20 de febrero de 2026 / Aceptado: 23 de marzo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

La vitamina D es un regulador endocrino con acciones documentadas en el músculo esquelético a través de su receptor nuclear y de mecanismos asociados a la función mitocondrial y al metabolismo energético (Nemeth et al., 2023; Vernerová et al., 2025). La revisión sistemática de Agoncillo et al. (2023) sintetiza evidencia en modelos animales y humanos que vincula el estado de la vitamina D con procesos de reparación y regeneración muscular. Estudios clínicos en miopatías inflamatorias describen asociaciones entre la vitamina D, metabolismo lipídico intramuscular y condición funcional, lo que posiciona a este eje como un modulador metabólico relevante en tejido esquelético humano (Vernerová et al., 2025).

La señalización de la vitamina D depende del receptor de vitamina D (VDR) expresado en el músculo. La ablación sistémica del VDR en modelos murinos conduce a un trastorno de almacenamiento de glucógeno en músculo esquelético, lo que demuestra una alteración metabólica estructural cuando este eje se interrumpe (Das et al., 2022). En humanos, variantes genéticas en genes relacionados con el metabolismo de la vitamina D se asocian con niveles séricos de 25-hidroxivitamina D y parámetros de envejecimiento muscular, lo que sugiere una relación entre genética, disponibilidad de vitamina D y fenotipo muscular en población envejecida (Fernández-Lázaro et al., 2022). Estos hallazgos delimitan un marco biológico en el cual el eje intramuscular de vitamina D participa en la homeostasis energética.

La función mitocondrial actúa como un nodo central en esta regulación. La deficiencia dietaria de vitamina D reduce la expresión de PGC-1 α y DRP1 en músculo soleo de rata, marcadores asociados a biogénesis y dinámica mitocondrial, con correlación directa entre niveles séricos de 25(OH)D y expresión proteica (Ra et al., 2022). En humanos adultos mayores, el estatus de vitamina D modula la capacidad oxidativa mitocondrial en el músculo esquelético, con implicaciones en sarcopenia (Salles et al., 2022). En pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica, la vitamina D se asocia con parámetros de salud mitocondrial muscular, reforzando la relación entre disponibilidad de vitamina D y bioenergética intramuscular (Russo et al., 2022). La interacción entre vitamina D y sirtuinas ha sido propuesta como un mecanismo metabólico tisular que conecta señalización hormonal y regulación energética, con relevancia potencial en enfermedades crónicas (Nemeth et al., 2023). En modelos celulares, la activación del eje VDR-SIRT1/SIRT3 por vitamina D3 en miotubos C2C12 promueve cambios asociados a función mitocondrial, lo que aporta evidencia experimental directa de este acoplamiento molecular (Hoseini et al., 2025).

El envejecimiento muscular se caracteriza por alteraciones transcriptómicas y celulares específicas. El atlas multimodal del músculo humano envejecido identifica cambios en poblaciones celulares y programas moleculares asociados al envejecimiento (Lai et al., 2024). Las células satélite muestran modificaciones en firmas de senescencia y en el

transcriptoma mitocondrial relacionadas con la edad, lo que define un entorno metabólico alterado en el músculo envejecido (Rahman & Quadrilatero, 2026). La reprogramación transcripcional de células troncales musculares por su nicho microambiental confirma que el contexto tisular condiciona el estado metabólico y funcional de estas células (Lazure et al., 2023). Estos estudios describen un paisaje molecular que contextualiza cualquier intervención dirigida a modular el metabolismo intramuscular en edad avanzada.

El entrenamiento de resistencia representa un estímulo capaz de modificar de forma profunda el perfil molecular del músculo envejecido. El ejercicio de fuerza revierte firmas de envejecimiento en el músculo humano, incluyendo patrones de expresión génica asociados a edad avanzada (Melov et al., 2007). El entrenamiento de resistencia en hombres mayores reduce la activación de transcritos asociados a ATF4 y senescencia, lo que indica una modulación específica de programas moleculares relacionados con envejecimiento celular (Von Ruff et al., 2025). Estudios proteómicos demuestran que la adaptación al entrenamiento de resistencia presenta características dependientes de la edad, lo que evidencia una plasticidad modulada por el contexto biológico del músculo envejecido (Deane et al., 2023). Análisis transcriptómicos en jóvenes y adultos mayores sometidos a entrenamiento de resistencia y desuso documentan plasticidad diferencial en función de la edad, aportando evidencia directa de remodelación génica inducida por carga mecánica (Fernández-Gonzalo et al., 2022).

La respuesta molecular al ejercicio no se limita a la fuerza aislada. El entrenamiento concurrente y el entrenamiento combinado de resistencia y cardiovascular alteran el transcriptoma espacial del músculo humano joven, lo que revela reorganización regional de programas génicos inducidos por estímulo mecánico y metabólico (Stec et al., 2025; Zhao et al., 2026). Paradigmas de carga distintos en ejercicio de resistencia afectan de manera similar dianas relacionadas con miostatina y señalización mTORC1, lo que sugiere convergencia en rutas anabólicas intramusculares (McIntosh et al., 2023). El ejercicio aeróbico acompañado de ingesta proteica modifica el transcriptoma muscular humano, incluyendo genes vinculados a metabolismo energético, lo que refuerza la idea de que intervenciones combinadas modulan el eje metabólico intramuscular (Zeng et al., 2023).

La interacción entre ejercicio y vitamina D ha sido explorada en distintos contextos metabólicos. El entrenamiento aeróbico junto con prescripción de vitamina D modula la expresión de microRNAs hepáticos relacionados con metabolismo lipídico e insulinoresistencia en pacientes que viven con diabetes tipo 2, lo que demuestra que la combinación de estímulo físico y señalización de vitamina D puede reorganizar redes reguladoras metabólicas en tejido periférico (Hoseini et al., 2025). En adultos con sobrepeso u obesidad, el análisis transcriptómico integrado indica que la suplementación con vitamina D puede modificar la respuesta molecular asociada a pérdida de peso inducida por el ejercicio, lo que sugiere una interacción funcional entre el estado de la vitamina D y la adaptación al entrenamiento (Peng et al., 2025). El Resveratrol y la vitamina D han sido descritos como moduladores convergentes de la salud mitocondrial en sarcopenia, lo que posiciona a la vitamina D dentro de un marco de regulación metabólica en músculo envejecido (Russo et al., 2024).

La evidencia disponible en modelos animales, estudios clínicos y análisis transcriptómicos en humanos documenta que la vitamina D participa en la regulación mitocondrial, en la homeostasis glucídica muscular y en la respuesta adaptativa al ejercicio, mientras que el

entrenamiento de resistencia modula programas génicos asociados a envejecimiento y metabolismo energético (Das et al., 2022; Ra et al., 2022; Deane et al., 2023). A pesar de ello, persisten vacíos respecto a cómo el entrenamiento de resistencia influye específicamente sobre el eje metabólico intramuscular de la vitamina D en músculo humano envejecido. Este trabajo aborda dicha intersección desde una perspectiva integradora centrada en el músculo esquelético humano envejecido, sustentada en la evidencia experimental y transcriptómica disponible en los estudios citados.

MÉTODOS

Se realizó un análisis bioinformático secundario de datos transcriptómicos de músculo esquelético humano con el objetivo de caracterizar el impacto del envejecimiento sobre el eje metabólico de la vitamina D y evaluar su modulación tras el entrenamiento de resistencia. El análisis comparó tres grupos experimentales definidos a partir de la cohorte original: adultos jóvenes, adultos mayores antes del entrenamiento y adultos mayores después de seis meses de entrenamiento progresivo de resistencia. El desenlace principal fue la construcción de un índice transcriptómico que reflejara el balance funcional entre activación y catabolismo de la vitamina D en tejido muscular.

Población de estudio

Los datos transcriptómicos fueron obtenidos del repositorio público Gene Expression Omnibus (GEO), bajo el número de acceso GSE8479, correspondiente al estudio publicado por Melov et al. (2007). El conjunto incluye biopsias del músculo vasto lateral obtenidas mediante aguja de Bergström de 5 mm aproximadamente 20 cm proximal a la articulación femorotibial. Las muestras fueron disecadas de tejido adiposo y conectivo, congeladas en nitrógeno líquido y almacenadas a -80 °C hasta su procesamiento.

El total de muestras analizadas fue de 65 biopsias musculares distribuidas en 26 adultos jóvenes con edades entre 18 y 28 años, 25 adultos mayores con edades entre 65 y 84 años evaluados en condición basal y 14 adultos mayores evaluados nuevamente después de seis meses de entrenamiento supervisado. La cohorte incluyó hombres y mujeres clínicamente sanos sin diagnóstico reportado de enfermedad crónica activa. Se indicó abstinencia de actividad física extenuante durante 48 horas previas a la toma de biopsia.

Plataforma transcriptómica y matriz de expresión

El perfil de expresión génica fue generado mediante microarreglos Sentrix HumanRef-8 Expression BeadChip (plataforma GPL2700). La matriz original contenía 24,353 sondas evaluadas en 65 muestras. Se utilizó el archivo de intensidades crudas no normalizadas denominado GSE8479_NonNormalizedMelovetalCoded.csv como insumo principal para el procesamiento bioinformático.

Preprocesamiento y normalización de datos

El análisis fue realizado en R versión 4.5.2 en un entorno macOS. Las intensidades crudas fueron transformadas a escala log2 con el objetivo de estabilizar la varianza y aproximar la distribución a normalidad. Posteriormente se aplicó normalización cuantílica inter-muestra utilizando la función `normalize.quantiles()` del paquete `preprocessCore` para homogeneizar la distribución de intensidades entre arreglos.

Las sondas que compartían símbolo génico fueron colapsadas mediante el promedio aritmético de sus intensidades, generando una matriz final a nivel génico compuesta por 21,429 genes únicos y 65 muestras. Esta matriz fue utilizada para todos los análisis posteriores.

Análisis de expresión diferencial

El análisis de expresión diferencial se llevó a cabo mediante el paquete limma. Se ajustó un modelo lineal utilizando una matriz de diseño sin intercepto basada en el factor grupo experimental. Se definieron contrastes específicos para evaluar diferencias entre adultos mayores en condición basal y adultos jóvenes, así como entre adultos mayores antes y después del entrenamiento de resistencia. Se aplicó moderación Bayesiana empírica para estimar varianzas robustas y se utilizó corrección por tasa de descubrimiento falso mediante el método de Benjamini-Hochberg.

Reprogramación transcripcional del eje metabólico de la vitamina D

Se construyó un mapa de calor para representar la dinámica de expresión del eje metabólico de la vitamina D en músculo esquelético humano. Se incluyeron los genes clave de activación (CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1) y el gen principal del catabolismo (CYP24A1). La matriz de expresión génica normalizada ($\log_2$) fue extraída del objeto `expr_gene_mat`, previamente procesado y anotado a nivel de símbolo génico.

Para permitir la comparación entre genes con diferentes rangos de expresión basal, los valores fueron transformados mediante estandarización Z por gen (centrado y escalado por fila). Esta transformación permitió resaltar patrones relativos de sobreexpresión y subexpresión entre individuos y grupos etarios, independientemente de la magnitud absoluta de expresión.

Las muestras fueron ordenadas de acuerdo con el grupo experimental (adultos jóvenes, adultos mayores antes del entrenamiento y adultos mayores después de seis meses de entrenamiento). No se aplicó agrupamiento jerárquico a columnas ni a filas con el objetivo de preservar la estructura biológica predefinida del diseño experimental.

Estimación de cambios transcripcionales del eje vitamina D

La estimación de cambios transcripcionales del eje metabólico de la vitamina D se realizó mediante modelos lineales ajustados con el paquete limma. Se construyó una matriz de diseño sin intercepto basada en el factor grupo experimental. Se definieron contrastes específicos para cuantificar diferencias entre adultos mayores en condición basal frente a adultos jóvenes, así como entre adultos mayores después de seis meses de entrenamiento frente a su condición basal.

La estimación de los coeficientes se llevó a cabo mediante ajuste por mínimos cuadrados ordinarios. Las varianzas fueron moderadas mediante aproximación Bayesiana empírica para mejorar la estabilidad en un contexto de tamaño muestral limitado. Se obtuvieron estimaciones de logFC, error estándar y valores de p asociados para cada gen del eje metabólico de la vitamina D. Los intervalos de confianza al 95 % fueron calculados como: $CI = \log FC \pm 1.96 \times SE$.

Se aplicó corrección por tasa de descubrimiento falso mediante el método de Benjamini-Hochberg. Se consideró evidencia estadística significativa un valor de p ajustado < 0.05 . El forest plot se construyó a partir de los resultados del análisis de expresión diferencial obtenidos mediante el modelo lineal moderado de limma, considerando los contrastes Adultos_Pre vs Jóvenes y Adultos_PostEntrenamiento vs Pre. Se seleccionaron los genes del eje metabólico de la vitamina D (CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1 y CYP24A1), representando componentes de activación y catabolismo. Para cada gen se extrajo el log2 fold change (logFC) y el estadístico t , estimándose el error estándar (SE) como la razón entre logFC y el valor de t moderado. A partir del SE se calcularon los intervalos de confianza al 95% ($\log FC \pm 1.96 \times SE$).

Construcción del Índice Metabólico Intramuscular de Vitamina D

Con el propósito de cuantificar el balance transcriptómico entre los componentes de activación y catabolismo del eje metabólico de la vitamina D en músculo esquelético humano, se desarrolló un índice compuesto adimensional basado en la expresión génica log2 previamente normalizada mediante cuantiles. Para cada muestra i , la expresión de cada gen g se definió como $X_{g,i}$, donde g representa el gen específico y la muestra biológica correspondiente representada por i . Los genes incluidos en el modelo fueron CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1 y CYP24A1. Con el fin de hacer comparables genes con diferentes rangos y dispersiones de expresión, cada gen fue estandarizado de forma independiente utilizando una transformación tipo Z , calculada como:

$$Z_{g,i} = \frac{X_{g,i} - \mu_g}{\sigma_g}$$

Donde μ_g corresponde a la media de expresión del gen g calculada a través de todas las muestras incluidas en el estudio y σ_g representa su desviación estándar. Esta transformación permitió centrar cada gen en cero y escalar su varianza a una unidad, generando variables adimensionales comparables y aptas para combinación lineal.

Se definieron como componentes de activación metabólica los genes CYP27B1, CYP27A1 y CYP2R1, mientras que CYP24A1 fue considerado marcador del componente catabólico. El Índice Metabólico de Vitamina D para cada muestra se calculó como el promedio de los valores estandarizados de los tres genes de activación menos el valor estandarizado correspondiente al gen catabólico, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IM - VitD_i = \left(\frac{Z_{CYP27B1,i} + Z_{CYP27A1,i} + Z_{CYP2R1,i}}{3} \right) - Z_{CYP24A1,i}$$

Este modelo representa un contraste lineal explícito entre activación y catabolismo transcriptómico. Valores positivos del índice indican predominio relativo del componente de activación, mientras que valores negativos reflejan mayor contribución relativa del componente catabólico. Debido a la estandarización previa, el índice es adimensional y centrado en cero.

En términos vectoriales, el índice puede expresarse como el producto interno entre un vector de pesos y el vector de expresiones estandarizadas de cada muestra:

$$IM - VitD_i = w^T Z_i$$

Donde el vector de pesos se define como $w = [1/3, 1/3, 1/3, -1]$ y Z_i contiene los valores estandarizados correspondientes a CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1 y CYP24A1 para la muestra i . Este enfoque operacionaliza de forma explícita el balance intramuscular del eje metabólico de la vitamina D a partir de datos transcriptómicos normalizados.

Análisis estadístico del índice metabólico

Las diferencias entre grupos fueron evaluadas mediante análisis de varianza de una vía. Las comparaciones *post-hoc* se realizaron utilizando el método de Tukey para control de error familiar. En los 14 sujetos con muestras pareadas pre y post entrenamiento se aplicó prueba de t para muestras dependientes. El tamaño del efecto fue estimado mediante d de Cohen para muestras pareadas. Se evaluaron correlaciones de Pearson entre el índice metabólico de vitamina D y genes asociados con biogénesis mitocondrial, incluyendo PPARGC1A y TFAM. Se consideró significativo un valor de p menor a 0.05.

Consideraciones éticas

Este estudio corresponde a un análisis secundario de datos transcriptómicos de acceso público previamente aprobados por los comités de ética correspondientes en la investigación original. No se realizó intervención adicional ni se tuvo acceso a información identificable de los participantes. El uso de datos abiertos cumple con las normativas internacionales de investigación en seres humanos y con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

El análisis transcriptómico del músculo vasto lateral evidenció una organización diferencial del eje metabólico de la vitamina D asociada al envejecimiento y modulada por el entrenamiento de resistencia. El mapa de calor basado en expresión $\log_2$ estandarizada por gen mostró una segregación entre adultos jóvenes, adultos mayores en condición basal y adultos mayores tras seis meses de entrenamiento (Figura1A).

El perfil basal de los adultos mayores se caracterizó por menor señal relativa en genes de activación (CYP27A1, CYP27B1, CYP2R1) y desplazamiento hacia mayor señal del componente catabólico CYP24A1 en comparación con adultos jóvenes. El grupo post-entrenamiento exhibió un patrón reorganizado con incremento relativo de señal de activación y reducción del predominio catabólico a nivel poblacional (Figura1A). Estos hallazgos indican que el envejecimiento se asocia con un sesgo transcriptómico hacia el catabolismo del eje de la vitamina D, mientras que el entrenamiento de resistencia se vincula con una modulación parcial de este desequilibrio intramuscular.

Remodelación diferencial del eje vitamina D

El análisis mediante modelo lineal moderado evidenció modificaciones selectivas en el eje metabólico de la vitamina D. En la comparación adultos mayores frente a adultos jóvenes, CYP24A1 presentó un aumento significativo de la expresión ($\log FC = 0.1675$; $\text{adj.P.Val} < 0.001$). Por otro lado, CYP27A1 y CYP27B1 mostraron disminuciones significativas tras ajuste por FDR (ambos $\text{adj.P.Val} < 0.001$). CYP2R1 no alcanzó significancia estadística después de la corrección por comparaciones múltiples.

En la comparación entre la condición de ejercicio y el estado basal en adultos mayores, CYP24A1 presentó un incremento adicional de la expresión ($\log FC = 0.3853$; $\text{adj.P.Val} < 0.001$). En contraste, CYP27A1 y CYP27B1 mostraron una disminución significativa tras el ajuste por comparaciones múltiples ($\text{adj.P.Val} < 0.001$). CYP2R1 no evidenció cambios estadísticamente significativos después de la corrección correspondiente.

El *forest plot* que integró ambos contrastes mostró coherencia en la magnitud y dirección del efecto para CYP27A1 y CYP27B1, mientras que el componente catabólico exhibió un aumento tanto en el contexto de envejecimiento como tras el entrenamiento de resistencia (Figura 1B). En conjunto, estos resultados respaldan la existencia de una reorganización diferencial del eje de la vitamina D caracterizada por un refuerzo del componente catabólico y una reducción sostenida de los componentes de activación en el músculo envejecido, incluso en presencia del estímulo mecánico.

Cuantificación integrada del balance activación–catabolismo

La integración transcriptómica en un índice compuesto permitió cuantificar el equilibrio funcional entre los componentes de activación y degradación del eje de la vitamina D. El Índice Metabólico de la Vitamina D evidenció diferencias significativas entre los grupos experimentales mediante ANOVA de una vía ($p < 0.05$). Los adultos mayores en condición basal presentaron valores negativos en comparación con los adultos jóvenes, lo que indica un predominio relativo del componente catabólico. En contraste, el grupo posterior al entrenamiento mostró un desplazamiento hacia valores positivos, consistente con una reorganización funcional del eje metabólico (Figura 1C). Estos hallazgos indican que el envejecimiento se asocia con un desequilibrio transcriptómico del eje de la vitamina D hacia el catabolismo, mientras que el entrenamiento de resistencia se vincula con una modulación parcial de dicho balance intramuscular.

Plasticidad intraindividual inducida por entrenamiento

En los 14 sujetos con muestras pareadas, el Índice Metabólico de la Vitamina D mostró un incremento significativo tras seis meses de entrenamiento de resistencia ($t = 2.5764$; $p = 0.023$). La diferencia media fue de 0.9154 unidades de Z-score, con un intervalo de confianza del 95% entre 0.1478 y 1.6830. El tamaño del efecto fue moderado (d de Cohen = 0.69), lo que sugiere una magnitud de cambio consistente a nivel individual. El análisis longitudinal evidenció predominio de trayectorias ascendentes del índice posterior a la intervención, indicando. Estos resultados respaldan que el entrenamiento de resistencia

se asocia con una modulación consistente del eje metabólico de la vitamina D en músculo esquelético envejecido.

Relación con biogénesis mitocondrial

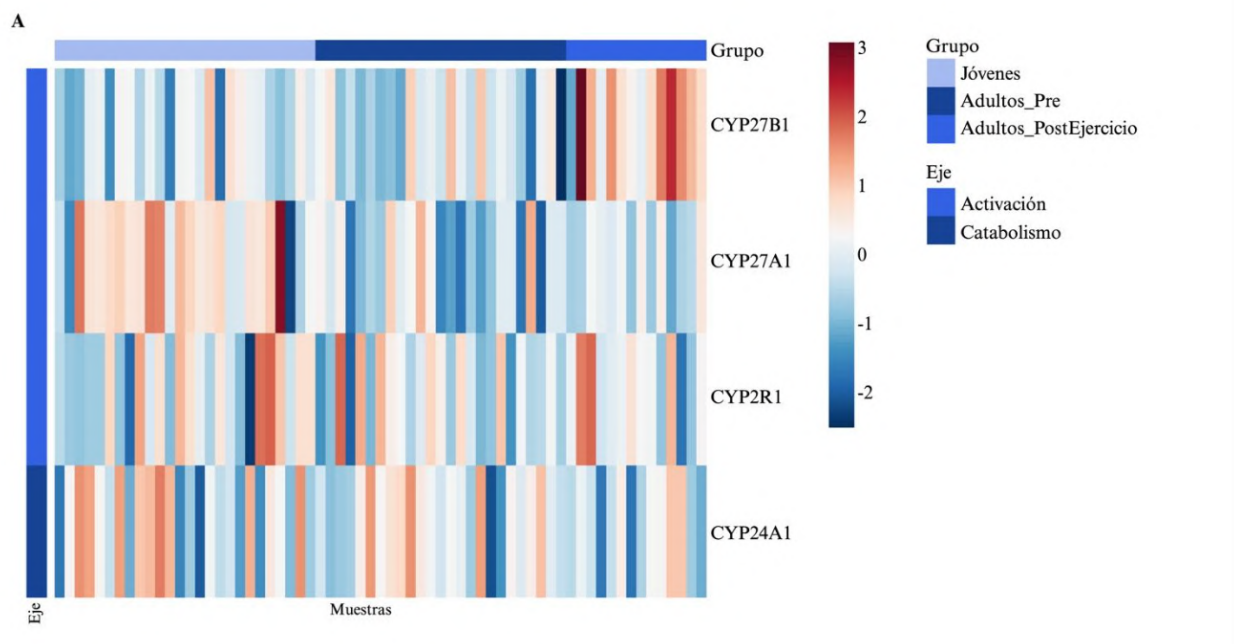
El Índice Metabólico de la Vitamina D no mostró correlación significativa con PPARGC1A ($r = 0.135$; $p = 0.2835$) ni con TFAM ($r = 0.1186$; $p = 0.3468$) en la población de estudio. Estos datos indican que la variación del eje de la vitamina D no se asocia de manera lineal con la expresión basal de reguladores clásicos de biogénesis mitocondrial en esta cohorte. Los hallazgos sugieren que la reorganización transcriptómica del eje de la vitamina D ocurre de forma independiente de estos marcadores mitocondriales tradicionales en el músculo esquelético envejecido para esta cohorte.

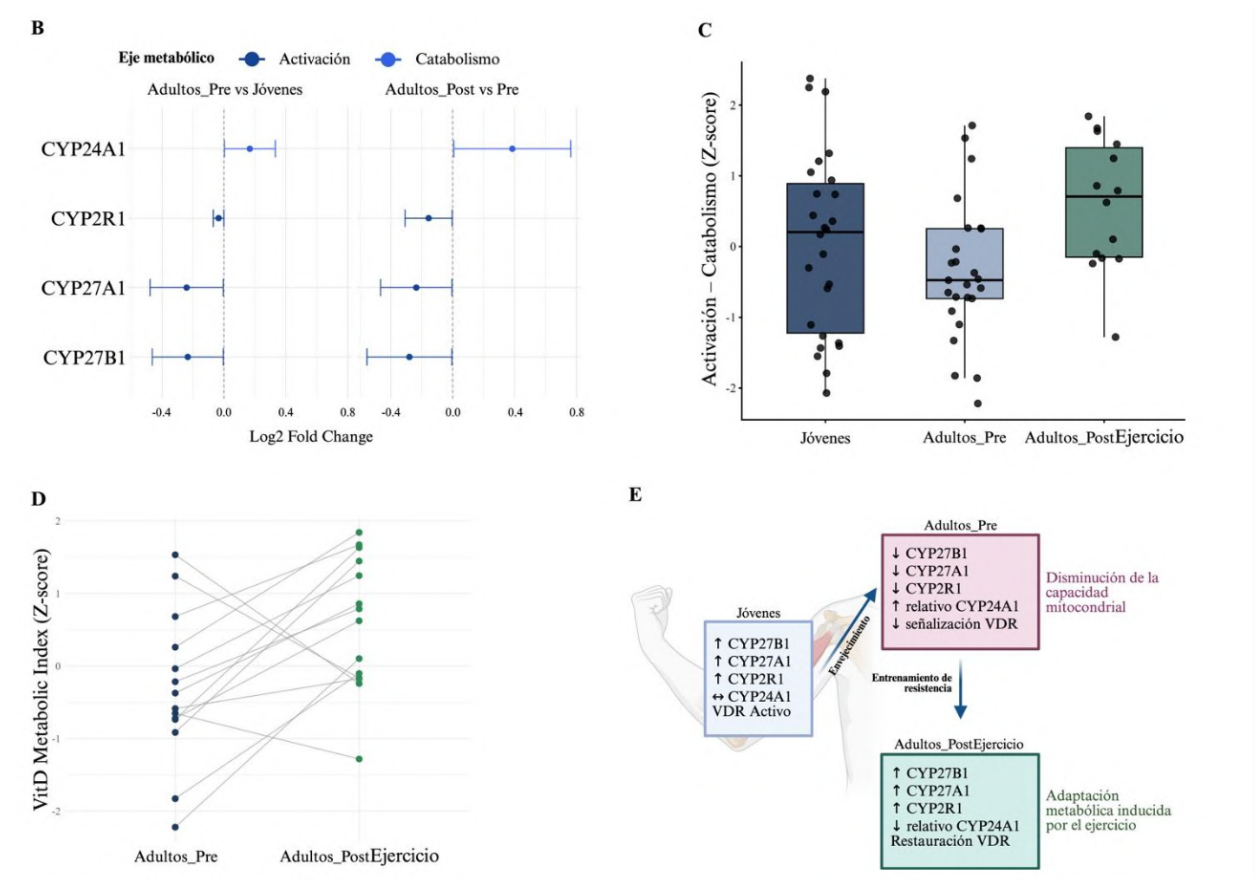
Síntesis funcional

El envejecimiento humano se vincula con una reorganización del eje metabólico de la vitamina D en músculo esquelético. Asimismo, el entrenamiento de resistencia promueve una plasticidad transcriptómica detectable mediante un índice compuesto que integra los componentes de activación y catabolismo. En términos de magnitud, el efecto observado es moderado a nivel individual y consistente a nivel poblacional. En consecuencia, el eje de la vitamina D puede interpretarse como un nodo metabólico dinámico, modulable por estímulos mecánicos y condicionado por el contexto etario (Figura 1E).

Figura 1.

Reprogramación del eje metabólico intramuscular de la vitamina D con envejecimiento y entrenamiento de resistencia





Nota: (A) Mapa de calor de la expresión $\log_2$ normalizada y estandarizada (Z-score) de CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1 y CYP24A1 en adultos jóvenes, adultos mayores en condiciones basales y adultos mayores tras seis meses de entrenamiento de resistencia. La escala cromática representa desviaciones relativas respecto a la media génica. (B) Forest plot de cambios de expresión ($\log_{FC} \pm IC95\%$) en genes de activación y catabolismo del eje de la vitamina D para las comparaciones Adultos_Pre vs Jóvenes y Adultos_PostEntrenamiento vs Pre. Estimaciones obtenidas mediante modelo lineal moderado. La línea vertical indica $\log_{FC} = 0$. (C) Índice Metabólico de Vitamina D calculado como activación menos catabolismo, integrando la expresión estandarizada de CYP27B1, CYP27A1 y CYP2R1 menos CYP24A1. Valores positivos indican predominio de activación transcriptómica. (D) Análisis pareado del Índice Metabólico en 14 adultos mayores antes y después del entrenamiento. Cada línea representa un individuo. (E) Modelo conceptual integrativo que sintetiza la reorganización transcriptómica del eje vitamina D asociada al envejecimiento y su modulación mediante entrenamiento de resistencia.

DISCUSIÓN

El presente estudio analiza el eje intramuscular de la vitamina D mediante una métrica transcriptómica basada en genes responsables de activación y catabolismo en músculo esquelético humano envejecido sometido a entrenamiento de resistencia. La literatura disponible vincula el estado de la vitamina D con parámetros bioenergéticos musculares.

En músculo humano, el estatus de la vitamina D se asoció con capacidades oxidativas mitocondriales y con características de sarcopenia (Salles et al., 2022). En roedores con deficiencia dietaria de vitamina D, se documentó disminución de marcadores de biogénesis y dinámica mitocondrial en músculo sóleo, en paralelo a niveles reducidos de 25(OH)D (Ra et al., 2022). Estas observaciones respaldan una relación entre señalización de vitamina D y metabolismo energético muscular; no establecen un modelo transcriptómico que integre de forma explícita el balance entre activación y catabolismo del eje en músculo humano envejecido tras entrenamiento.

La función del receptor de vitamina D aporta un marco mecanístico adicional. La ablación sistémica de VDR en ratón generó un fenotipo compatible con trastorno de almacenamiento de glucógeno muscular, acompañado de alteraciones metabólicas descritas en el estudio original (Das et al., 2022). En cultivos musculares con silenciamiento de Vdr bajo estimulación con TGF- β 1, la vitamina D3 moduló procesos de miogénesis y fibrogénesis, además de componentes mitocondriales identificados en análisis proteómico (Watcharanapapan et al., 2025). El análisis conceptual sobre la interacción vitamina D-SIRT1 propuso un vínculo entre esta vía y el metabolismo tisular en enfermedades no transmisibles (Nemeth et al., 2023). En conjunto, estos trabajos delimitan la participación de VDR en la homeostasis metabólica y estructural muscular; no describen la regulación coordinada de CYP27B1, CYP27A1, CYP2R1 y CYP24A1 en músculo humano envejecido sometido a entrenamiento de resistencia.

La remodelación transcripcional asociada al envejecimiento muscular humano ha sido caracterizada mediante aproximaciones multimodales. Un atlas celular del músculo humano envejecido identificó cambios en poblaciones celulares y firmas de expresión dependientes de la edad (Lai et al., 2024). La reprogramación transcripcional de células troncales musculares modulada por el nicho fue descrita como determinante de estados funcionales en el músculo (Lazure et al., 2023). Alteraciones en senescencia y en el transcriptoma mitocondrial de células satélite asociadas con el envejecimiento fueron documentadas en otro estudio (Rahman & Quadrilatero, 2026). Esta evidencia establece que el envejecimiento se acompaña de reorganización molecular compleja; no evalúa de forma específica el eje de hidroxilasas y la enzima catabólica de la vitamina D.

El entrenamiento de resistencia constituye un estímulo capaz de modificar programas moleculares en músculo envejecido. En hombres mayores, el entrenamiento redujo transcritos asociados con ATF4 y con senescencia (Von Ruff et al., 2025). Estudios de RNA-seq describieron plasticidad transcriptómica frente a entrenamiento y desuso en juventud y envejecimiento (Fernandez-Gonzalo et al., 2022). Análisis proteómicos complementarios identificaron rasgos adaptativos dependientes de la edad tras el entrenamiento de resistencia (Deane et al., 2023). Diferentes paradigmas de carga produjeron patrones convergentes en dianas relacionadas con miostatina y señalización mTORC1 (McIntosh et al., 2023). El entrenamiento combinado modificó el transcriptoma espacial en adultos jóvenes (Stec et al., 2025), mientras que la comparación entre

modalidades concurrentes, de resistencia y de endurance reveló perfiles transcriptómicos diferenciales (Zhao et al., 2026). Estas investigaciones demuestran la capacidad de reprogramación molecular en el músculo envejecido; no integran esta plasticidad en un modelo que contraste activación y catabolismo del eje intramuscular de la vitamina D.

La relevancia clínica y fisiológica de la vitamina D en músculo añade complejidad interpretativa. En pacientes con EPOC, la vitamina D se asoció con parámetros de salud mitocondrial muscular (Russo et al., 2022). En miositis, la expresión muscular de VDR se relacionó con metabolismo lipídico y aptitud física (Vernerová et al., 2025). En adultos mayores institucionalizados, niveles séricos de 25(OH)D y polimorfismos específicos se vincularon con fenotipos de envejecimiento muscular (Fernández-Lázaro et al., 2022). La influencia de la vitamina D sobre fuerza muscular mostró dependencia del contexto endocrino, incluyendo testosterona (Yang et al., 2025). Revisiones sistemáticas sobre la vitamina D y regeneración muscular sintetizaron evidencia en modelos animales y humanos sin estructurar un eje transcriptómico definido (Agoncillo et al., 2023). Un análisis sobre resveratrol y vitamina D enfatizó la salud mitocondrial en sarcopenia desde una perspectiva conceptual (Russo et al., 2024). Estos estudios establecen la pertinencia biológica de la vitamina D en músculo; no proponen un índice transcriptómico que cuantifique el balance entre hidroxilación y catabolismo en músculo humano envejecido entrenado.

La interacción entre ejercicio, vitamina D y programas moleculares ha sido abordada en distintos contextos. El ejercicio aeróbico combinado con ingesta proteica indujo cambios transcriptómicos en músculo humano sin focalizar en el eje de la vitamina D (Zeng et al., 2023). Un análisis integrado evaluó suplementación con vitamina D en pérdida de peso inducida por ejercicio, incorporando transcriptómica de diseños heterogéneos (Peng et al., 2025). El entrenamiento aeróbico junto con vitamina D moduló miRNAs hepáticos asociados con metabolismo lipídico e insulinoresistencia en diabetes tipo 2; el tejido analizado fue hepático (Hoseini et al., 2025). Estas contribuciones muestran interacciones entre la vitamina D y el ejercicio en diversos tejidos y contextos fisiopatológicos; la caracterización específica del eje intramuscular de la vitamina D bajo entrenamiento de resistencia en envejecimiento permanece limitada.

La construcción de un índice transcriptómico que contraste CYP27B1, CYP27A1 y CYP2R1 con CYP24A1 permite operacionalizar el balance intramuscular del eje de la vitamina D en el músculo humano envejecido. La literatura previa sustenta la relevancia metabólica de la señalización de la vitamina D y la plasticidad inducida por el entrenamiento; no define la magnitud ni dirección de cambios coordinados entre hidroxilasas y la enzima catabólica en este escenario específico. La interpretación del desplazamiento del índice debe circunscribirse a la evidencia transcriptómica observada, evitando atribuciones mecanísticas o causales no documentadas en los estudios citados.

CONCLUSIONES

El presente estudio propone un índice transcriptómico que integra genes de activación y catabolismo del eje metabólico de la vitamina D con el propósito de estimar su balance en músculo esquelético humano envejecido sometido a entrenamiento de resistencia. Desde una perspectiva integradora, los datos indican que el envejecimiento se asocia con una reorganización diferencial de este eje y que el estímulo mecánico puede inducir un desplazamiento del balance hacia un perfil transcriptómico relativamente más favorable. No obstante, la interpretación debe circunscribirse al plano transcripcional hasta disponer de validación proteica, funcional y metabólica que confirme la traducción biológica de estos cambios. El modelo propuesto constituye una herramienta cuantitativa para explorar la participación del eje de la vitamina D en la plasticidad muscular asociada a la edad y al ejercicio. A su vez, la evaluación longitudinal a mayor plazo, incluyendo intervenciones de uno o dos años de entrenamiento progresivo, permitirá determinar la estabilidad temporal del índice, su relación con adaptaciones metabólicas sostenidas y su eventual valor como biomarcador dinámico de remodelación intramuscular.

REFERENCIAS

- Agoncillo, M., Yu, J., & Gunton, J. E. (2023). The role of vitamin D in skeletal muscle repair and regeneration in animal models and humans: A systematic review. *Nutrients*, 15(20), 4377. <https://doi.org/10.3390/nu15204377>
- Das, A., Gopinath, S. D., & Arimbasseri, G. A. (2022). Systemic ablation of vitamin D receptor leads to skeletal muscle glycogen storage disorder in mice. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 13(1), 467–480. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12841>
- Deane, C. S., Phillips, B. E., Willis, C. R. G., Wilkinson, D. J., Smith, K., Higashitani, N., Williams, J. P., Szewczyk, N. J., Atherton, P. J., Higashitani, A., & Etheridge, T. (2023). Proteomic features of skeletal muscle adaptation to resistance exercise training as a function of age. *GeroScience*, 45, 1271–1287. <https://doi.org/10.1007/s11357-022-00658-5>
- Fernández-Gonzalo, R., Willis, C. R. G., Etheridge, T., & Deane, C. S. (2022). RNA-sequencing muscle plasticity to resistance exercise training and disuse in youth and older age. *Physiologia*, 2(4), 164–179. <https://doi.org/10.3390/physiologia2040014>
- Fernández-Lázaro, D., Hernández, J. L. G., Lumbreras, E., Mielgo-Ayuso, J., & Seco-Calvo, J. (2022). 25-Hydroxyvitamin D serum levels linked to single nucleotide polymorphisms (SNPs) (rs2228570, rs2282679, rs10741657) in skeletal muscle aging in institutionalized elderly men not supplemented with vitamin D. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 11846. <https://doi.org/10.3390/ijms231911846>
- Hoseini, Z., Behpour, N., & Hoseini, R. (2025). Aerobic training and vitamin D modulate hepatic miRNA expression to improve lipid metabolism and insulin resistance in type 2 diabetes. *Scientific Reports*, 15, 16764. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01757-x>
- Lai, Y., Ramírez-Pardo, I., Isern, J., An, J., Perdiguero, E., Serrano, A. L., Li, J., García-Domínguez, E., Segalés, J., Guo, P., Lukesova, V., Andrés, E., Zuo, J., Yuan, Y., Liu, C., Viña, J., Doménech-Fernández, J., Gómez-Cabrera, M. C., Song, Y., Liu, L., ...

- Esteban, M. A. (2024). Multimodal cell atlas of the ageing human skeletal muscle. *Nature*, 629(8010), 154–164. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07348-6>
- Lazure, F., Farouni, R., Sahinyan, K., Blackburn, D. M., Hernández-Corchado, A., Perron, G., Lu, T., Osakwe, A., Ragoussis, J., Crist, C., Perkins, T. J., Jahani-Asl, A., Najafabadi, H. S., & Soleimani, V. D. (2023). Transcriptional reprogramming of skeletal muscle stem cells by the niche environment. *Nature Communications*, 14, 535. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36265-x>
- McIntosh, M. C., Sexton, C. L., Godwin, J. S., Ruple, B. A., Michel, J. M., Plotkin, D. L., Ziegenfuss, T. N., Lopez, H. L., Smith, R., Dwaraka, V. B., Sharples, A. P., Dalbo, V. J., Mobley, C. B., Vann, C. G., & Roberts, M. D. (2023). Different resistance exercise loading paradigms similarly affect skeletal muscle gene expression patterns of myostatin-related targets and mTORC1 signaling markers. *Cells*, 12(6), 898. <https://doi.org/10.3390/cells12060898>
- Melov, S., Tarnopolsky, M. A., Beckman, K., Felkey, K., & Hubbard, A. (2007). Resistance exercise reverses aging in human skeletal muscle. *PLoS ONE*, 2(5), e465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000465>
- Nemeth, Z., Patonai, A., Simon-Szabó, L., & Takács, I. (2023). Interplay of vitamin D and SIRT1 in tissue-specific metabolism—Potential roles in prevention and treatment of non-communicable diseases including cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6154. <https://doi.org/10.3390/ijms24076154>
- Peng, T., Zhang, Z., Liang, W., & Zhang, J. (2025). Can vitamin D supplementation enhance the effectiveness of exercise-induced weight loss in overweight or obese adults? Evidence from integrated transcriptomic and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1664960. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1664960>
- Ra, S. G., Nakagawa, H., Tomiga, Y., Iizawa, H., Nakashima, S., Higaki, Y., & Kawanaka, K. (2022). Effects of dietary vitamin D deficiency on markers of skeletal muscle mitochondrial biogenesis and dynamics. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 68(4), 243–249. <https://doi.org/10.3177/jnsv.68.243>
- Rahman, F. A., & Quadrilatero, J. (2026). Altered senescence and mitochondrial transcriptome defines age-related changes in satellite cells. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 13, 1699206. <https://doi.org/10.3389/fcell.2025.1699206>
- Russo, C., Valle, M. S., Casabona, A., Spicuzza, L., Sambataro, G., & Malaguarnera, L. (2022). Vitamin D impacts on skeletal muscle dysfunction in patients with COPD promoting mitochondrial health. *Biomedicines*, 10(4), 898. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10040898>
- Russo, C., Valle, M. S., D'Angeli, F., Surdo, S., & Malaguarnera, L. (2024). Resveratrol and vitamin D: Eclectic molecules promoting mitochondrial health in sarcopenia. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(14), 7503. <https://doi.org/10.3390/ijms25147503>
- Salles, J., Chanet, A., Guillet, C., Vaes, A. M., Brouwer-Brolsma, E. M., Rocher, C., Giraudet, C., Patrac, V., Meugnier, E., Montaurier, C., Denis, P., Le Bacquer, O., Blot, A., Jourdan, M., Luiking, Y., Furber, M., van Dijk, M., Tardif, N., Boirie, Y., & Walrand, S. (2022). Vitamin D status modulates mitochondrial oxidative capacities in skeletal muscle:

- Role in sarcopenia. *Communications Biology*, 5, 1288.
<https://doi.org/10.1038/s42003-022-04246-3>
- Stec, M. J., Graham, Z. A., Su, Q., Adler, C., Ni, M., Le Rouzic, V., Golann, D. R., Ferrara, P. J., Halasz, G., Sleeman, M. W., Lavin, K. M., Broderick, T. J., & Bamman, M. M. (2025). Combined endurance and resistance exercise training alters the spatial transcriptome of skeletal muscle in young adults. *iScience*, 28(9).
<https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.113301>
- Vernerová, L., Vokurková, M., Laiferová, N. A., Nemec, M., Špiritović, M., Mytiai, O., Oreská, S., Klein, M., Kubínová, K., Horváthová, V., Kropáčková, T., Wenchich, L., Tomčík, M., Ukropec, J., Ukropcová, B., & Vencovský, J. (2025). Vitamin D and its receptor in skeletal muscle are associated with muscle disease manifestation, lipid metabolism and physical fitness of patients with myositis. *Arthritis Research & Therapy*, 27, 48. <https://doi.org/10.1186/s13075-025-03516-9>
- Von Ruff, Z. D., Miller, M. J., Moro, T., Reidy, P. T., Ebert, S. M., Volpi, E., Adams, C. M., & Rasmussen, B. B. (2025). Resistance exercise training in older men reduces ATF4-activated and senescence-associated mRNAs in skeletal muscle. *GeroScience*, 47, 4601–4622. <https://doi.org/10.1007/s11357-025-01564-2>
- Watcharanapapan, W., Hirunsai, M., & Srikuea, R. (2025). Regulatory role of vitamin D3 on myogenesis and fibrogenesis under Vdr gene silencing and TGF- β 1 stimulation in skeletal muscle cells. *Scientific reports*, 15(1), 41599.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-25496-1>
- Yang, A., Lv, Q., Han, Z., Dai, S., Li, Y., Hao, M., Yu, R., Zhu, J., Yang, C., Shi, Z., & Zhou, J. C. (2025). The effects of vitamin D on muscle strength are influenced by testosterone levels. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 16(1), e13733.
<https://doi.org/10.1002/jcsm.13733>
- Zeng, X., Li, L., Xia, Z., Zou, L., Kwok, T., & Su, Y. (2023). Transcriptomic analysis of human skeletal muscle in response to aerobic exercise and protein intake. *Nutrients*, 15(15), 3485. <https://doi.org/10.3390/nu15153485>
- Zhao, L., Li, H., Li, D., Luo, L., & Hu, S. (2026). Transcriptomic analysis reveals the impact of concurrent, resistance, and endurance training on skeletal muscle. *PLOS ONE*, 21(2), e0340309. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0340309>

Efectos del estrés de viaje transmeridiano sobre el rendimiento neuromuscular en jugadores de fireball

Effects of transmeridian travel stress on neuromuscular performance in fireball players

Pedro Jaime Gotoo-Vázquez¹, Felipe Aja², Teresa Berenice Martinez-Leyva³,
Salvador Dirceu Cruz-Flores⁵, Alexa Martinez-García⁴, Marco Antonio
Ramos-Basterra⁶, Carlos Manuel Chacón-Rodríguez⁷, Felipe Villegaz⁸, Kimberly
Vania Rosas-Santillán⁹, Martha Olivia Figueroa-Jimenez^{10,11}, Pablo Tadeo
Ríos-Gallardo¹²

¹LEFDyR, Internacional FXC Organization Inc, USA. 0009-0000-7282-7275 ,
pjgotoo@gmail.com

²LEFDyR, Internacional FXC Organization Inc, USA. felipe.aja.12.16@gmail.com

³LEFDyR, Internacional FXC Organization Inc, USA. berenice.martinez45@hotmail.com

⁴LEFDyR, Internacional FXC Organization Inc, USA. amg.respaldo²⁴@gmail.com

⁵MEBC, Departamento de Formación Integral, Universidad Cristóbal Colón, México.
0009-0007-4595-0965 , dirceu@ucc.mx

⁶LEFDyR, Departamento de Formación Integral, Universidad Cristóbal Colón, México.
0009-0006-6707-1569 , marcoramos.rb@gmail.com

⁷Dr, Facultad de Nutrición, Departamento Educación Física, Deporte y Recreación,
Campus Xalapa, Universidad Veracruzana, México. 0000-0001-8782-5504 ,
cchacon@uv.mx

⁸MRD-FA, Instituto Universitario Veracruzano, México. 0009-0002-4948-9946 ,
felipe.villegas@iuv.edu.mx

⁹LED, Escuela Nacional de Entrenadores Deportivos, México. rosas.kim@hotmail.com

¹⁰LAD, Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa, Portugal.
marthafigueroaj@outlook.com

¹¹LAD, GOALS Master Student-UFR3S-Sport Department, University of Lille, Francia.
marthafigueroaj@outlook.com

¹²Dr, Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León,
México. 0000-0002-3240-1277 , pablo.riosg@uanl.edu.mx

RESUMEN

Objetivo: Analizar las variaciones estacionales en el rendimiento neuromuscular y la composición corporal de la selección nacional de Fireball Extreme Challenge ante el estrés de un viaje internacional. **Métodos:** Se evaluó a 11 atletas mediante un diseño longitudinal, comparando un campamento de preparación de verano a nivel del mar (México) frente a una competencia invernal (Italia). Se midió la fuerza explosiva, fuerza isométrica de prensión manual y variables morfológicas. **Resultados:** La fuerza explosiva del tren inferior mostró un descenso de magnitud moderada y relevancia práctica ($d = -0.48$; IC 95% aprox. -0.99 a 0.05). En contraste, la fuerza isométrica máxima del tren superior se mantuvo

estable ($d = -0.13$ a -0.22). La masa corporal total no presentó alteraciones significativas. **Conclusiones:** Las respuestas neuromusculares ante el estrés del viaje transmeridiano, los contrastes ambientales y la carga competitiva son disociadas. Resulta imperativo diseñar estrategias asimétricas de recuperación para proteger el tren inferior durante competencias internacionales.

Palabras clave: rendimiento deportivo, fatiga, fuerza muscular, biomecánica, viajes internacionales.

ABSTRACT

Objective: To analyze seasonal variations in neuromuscular performance and body composition of the Fireball Extreme Challenge national team

facing the stress of international travel. Methods: Eleven athletes were evaluated using a longitudinal design, comparing a summer training camp at sea level (Mexico) with a winter competition (Italy). Explosive strength, isometric handgrip strength, and morphological variables were measured. Results: Lower-limb explosive strength showed a decrease of moderate magnitude and practical relevance ($d = -0.48$ IC95% aprox. -0.99 to 0.05). In contrast, maximum upper-limb isometric strength remained

stable ($d = -0.13$ to -0.22). Total body mass showed no significant alterations. Conclusions: Neuromuscular responses to the combined stress of transmeridian travel, environmental contrasts, and competitive load are dissociated. It is imperative to design asymmetrical recovery strategies to protect the lower limbs during international competitions.

Keywords: sports performance, fatigue, muscle strength, biomechanics, international travel.

Citar como: Gotoo-Vázquez, P. J., Aja, F., Martínez-Leyva, T. B., Cruz-Flores, S. D., Martínez-García, A., Ramos-Basterra, M. A., Chacón-Rodríguez, C. M., Villegaz, F., Rosas-Santillán, K. V., Figueroa-Jimenez, M. O., & Ríos-Gallardo, P. T. (2026). Efectos del estrés de viaje transmeridiano sobre el rendimiento neuromuscular en jugadores de fireball. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 11 de marzo de 2026 / Aceptado: 24 de marzo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

El Fireball Extreme Challenge™ se configura como un deporte coeducacional de alta intensidad intermitente, caracterizado por acciones explosivas repetidas, cambios de dirección multidireccionales, esfuerzos isométricos de estabilización y una interacción constante entre potencia neuromuscular y tolerancia metabólica. Un estudio reciente han demostrado que el rendimiento en esta disciplina se estructura principalmente en dos dominios interdependientes: la potencia neuromuscular y la capacidad metabólica, los cuales explican una proporción sustancial de la varianza del desempeño competitivo en atletas de selección nacional (Ríos-Gallardo *et al.*, 2026).

Desde la perspectiva de la teoría del entrenamiento, la temporada deportiva representa un sistema dinámico de cargas acumulativas, procesos adaptativos y fluctuaciones funcionales. La periodización contemporánea reconoce que las adaptaciones neuromusculares no son lineales, sino dependientes del volumen, la intensidad, la densidad competitiva y las condiciones ambientales (Issurin, 2008; Mujika & Padilla, 2003). En este contexto, los cambios estacionales representan un estresor adicional que pueden modular la expresión del rendimiento, particularmente cuando se combinan con desplazamientos transmeridianos y competencias internacionales.

La transición desde un entorno de preparación caracterizado por estrés térmico por calor y alta humedad (como el predominante en la costa de Veracruz durante el verano) hacia un escenario competitivo en condiciones invernales europeas implica no solo un contraste térmico significativo, sino también la exposición a fatiga por viaje (*jet lag*), desincronización circadiana y alteraciones en la calidad del sueño. La literatura en cronobiología del deporte ha documentado que los viajes a través de múltiples husos horarios pueden afectar el rendimiento físico, la percepción subjetiva de fatiga y la función neuromuscular durante varios días posteriores al traslado (Botonis *et al.*, 2025; Reilly *et al.*, 1997). Asimismo, la exposición a bajas temperaturas puede modificar la rigidez musculotendinosa, la velocidad de conducción nerviosa y la eficiencia del ciclo estiramiento-acortamiento (Bergh & Ekblom, 1979; Racinais & Oksa, 2010), factores determinantes en acciones explosivas repetidas.

El monitoreo sistemático del estado neuromuscular mediante pruebas estandarizadas de campo ha demostrado ser una herramienta sensible para detectar adaptaciones agudas y crónicas bajo condiciones de carga elevada. El salto con contramovimiento (CMJ) se ha consolidado como un marcador válido y confiable de la función del ciclo estiramiento-acortamiento y de la disponibilidad neuromuscular global, siendo particularmente sensible a la fatiga residual y a la acumulación de carga competitiva (Claudino *et al.*, 2017; R. Gathercole *et al.*, 2015; R. J. Gathercole *et al.*, 2015). Su aplicabilidad práctica y bajo costo lo han convertido en una herramienta central dentro del monitoreo longitudinal en deportes de alto rendimiento.

De manera complementaria, la dinamometría manual constituye una medida fiable de la fuerza isométrica máxima, con elevada reproducibilidad y utilidad clínica y deportiva (Roberts *et al.*, 2011). En disciplinas donde el control técnico del implemento y la estabilización manual son críticos, la fuerza de prensión puede actuar como indicador indirecto de la integridad funcional del sistema neuromuscular bajo fatiga central y periférica.

Por otra parte, la composición corporal no debe considerarse únicamente como un descriptor morfológico, sino como un modulador funcional del rendimiento. La masa libre de grasa se asocia positivamente con la producción de potencia, mientras que alteraciones en la hidratación y la masa grasa pueden influir en la eficiencia metabólica y la capacidad de disipación térmica (Ackland *et al.*, 2012; Campa *et al.*, 2021). En deportes emergentes donde los perfiles antropométricos aún no están normativizados, el seguimiento longitudinal durante giras internacionales adquiere especial relevancia, aunque frecuentemente se ve condicionado por limitaciones logísticas inherentes al trabajo en campo.

A pesar del avance reciente en la caracterización multidimensional de atletas de Fireball (Ríos-Gallardo *et al.*, 2026), persiste una brecha en la literatura respecto a cómo estas variables interactúan ante cambios drásticos de entorno, particularmente en jugadores expuestos simultáneamente a variaciones logísticas, climáticas y competitivas marcadas. La comprensión de estas interacciones no solo aporta conocimiento fisiológico, sino que también tiene implicaciones directas en la planificación del tapering, la gestión del viaje internacional y la protección del sistema neuromuscular en contextos de alto rendimiento.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar las variaciones en los niveles de fuerza explosiva (CMJ), fuerza isométrica de prensión manual y composición corporal en integrantes de la selección nacional de Fireball Extreme Challenge™ en dos contextos contrastantes: un campamento de preparación en verano y una competencia internacional en invierno. Se hipotetizó que el estrés combinado del viaje transmeridiano, el cambio climático y la carga competitiva induciría un detrimento en la potencia explosiva del tren inferior (CMJ), mientras que la fuerza isométrica de presión manual del tren superior mostraría mayor resiliencia ante los mismos estresores (Claudino *et al.*, 2017; Cronin *et al.*, 2017).

MÉTODOS

Diseño de investigación y participantes

Se empleó un diseño cuasi-experimental de corte longitudinal para evaluar a la selección nacional mexicana de Fireball Extreme Challenge™. El proceso de evaluación abarcó dos momentos correspondientes a las fases del ciclo competitivo: un campamento preparatorio de verano (T1) y una competencia internacional en invierno (T2). Inicialmente, la preselección en T1 estuvo conformada por 21 atletas (13 hombres y 8 mujeres). Sin embargo, tras los filtros de rendimiento, el grupo final que viajó a la sede internacional se redujo. Adicionalmente, una atleta se integró como refuerzo directo en T2, por lo que fue excluida del análisis estadístico para evitar sesgos en las comparaciones pareadas.

La muestra longitudinal final analizada constó de 11 atletas (6 hombres, 5 mujeres; edad: 26.7 ± 4.7 años) que completaron íntegramente ambas evaluaciones. El estudio se desarrolló bajo los lineamientos de la Declaración de Helsinki para la investigación en seres humanos y todos los participantes otorgaron su consentimiento informado por escrito.

Dadas las restricciones inherentes al trabajo con una selección nacional intacta ($n=11$), no fue posible realizar un reclutamiento dirigido por análisis de poder a priori. El tamaño muestral representa una limitación estructural del diseño y restringe el poder estadístico para detectar efectos moderados (aprox. 0.40 para $d=0.5$, $\alpha=.05$, bilateral), incrementando la probabilidad de error tipo II. Los resultados deben interpretarse en función del tamaño del efecto y no exclusivamente del valor p (Cohen, 2013).

Procedimientos y control de viaje transmeridiano

Las evaluaciones en T1 se llevaron a cabo en el Puerto de Veracruz, México, bajo condiciones de estrés térmico por calor a nivel del mar (10 ms.n.m). Las mediciones de T2 se realizaron en Lignano Sabbiadoro, Italia, durante la etapa de invierno. El traslado a la sede europea implicó un trayecto terrestre de 8 horas (Veracruz a Ciudad de México), seguido de un vuelo transatlántico de 11 horas a Roma, y un traslado final de 45 minutos hacia Lignano, Sabaddioro, Italia (0-2 ms.n.m).

Para mitigar los efectos del síndrome de cambio de zona horaria (*jet lag*) y la fatiga aguda por viaje, las pruebas físicas en T2 se realizaron exactamente 24 horas después del arribo, garantizando un mínimo de 8 horas efectivas de sueño reparador. En ambos momentos temporales (T1 y T2), las evaluaciones se programaron a las 16:00 horas (tiempo local). Esta estrategia cronobiológica se implementó para igualar la ventana temporal de esfuerzo, controlar las variaciones diurnas del rendimiento y minimizar el impacto del desplazamiento transmeridiano sobre los ritmos circadianos de los atletas. El mismo evaluador realizó todas las mediciones en T1 y T2, y los instrumentos primarios de rendimiento neuromuscular viajaron con la delegación para garantizar la equivalencia instrumental.

Tal como se ha descrito en protocolos previos del equipo (Ríos-Gallardo et al., 2026), todas las valoraciones de rendimiento y antropometría se realizaron en instalaciones deportivas techadas. En T1, las pruebas se distribuyeron en dos sesiones separadas por 48 a 72 horas para asegurar la recuperación y disipar la fatiga residual, registrándose la temperatura ambiente y la humedad relativa al inicio y final de cada sesión mediante un termohigrómetro digital (Extech Instruments, Nashua, NH, USA) (Figura 1).

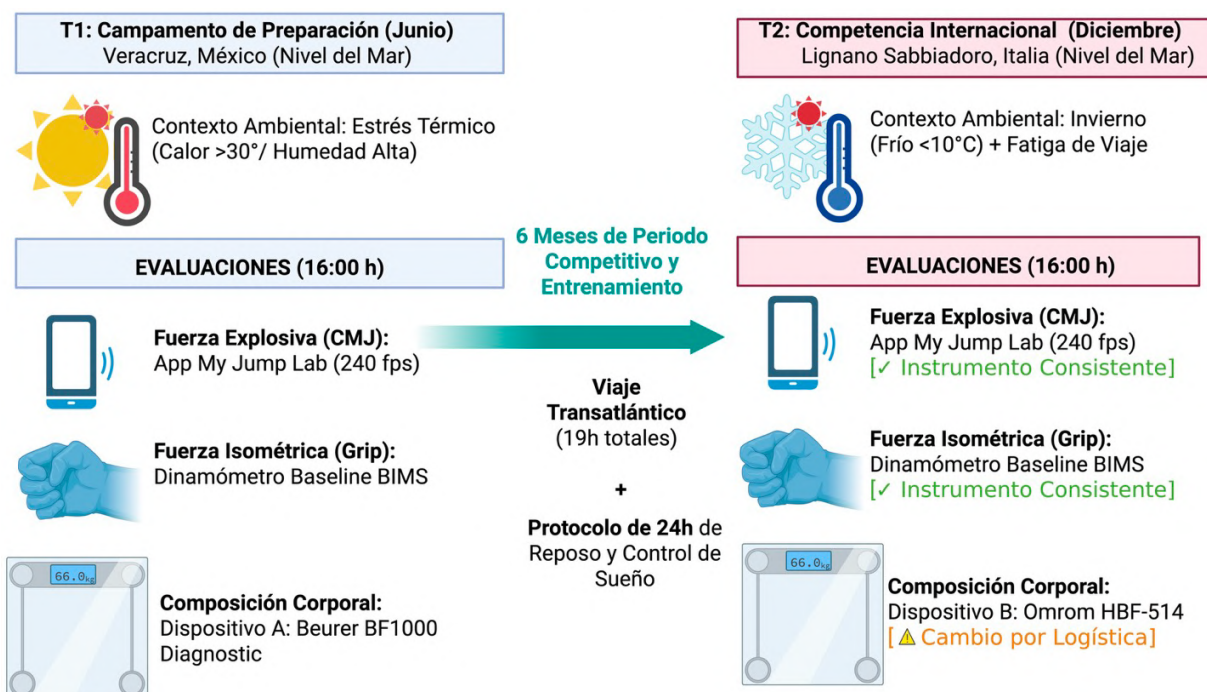
Instrumentos de medición

Para garantizar la fiabilidad de las variables de rendimiento neuromuscular, los instrumentos primarios viajaron con la delegación y fueron idénticos en ambos momentos:

- **Fuerza isométrica de prensión manual:** Se evaluó mediante un dinamómetro digital Baseline BIMS Digital Grip Dynamometer (Fabrication Enterprises, White Plains, NY, USA), registrando los valores de la extremidad superior derecha e izquierda en kilogramos (Rolsted et al., 2024).
- **Fuerza explosiva (CMJ):** La altura del salto con contramovimiento se cuantificó utilizando la aplicación móvil validada científicamente My Jump Lab, instalada en un dispositivo iPhone 14 Pro (Apple Inc., Cupertino, CA, USA) grabando a alta velocidad (240 fps) para asegurar la precisión cinemática del tiempo de vuelo (Balsalobre-Fernández et al., 2015; Montalvo et al., 2021; Ríos-Gallardo et al., 2026).
- **Composición Corporal:** Dadas las restricciones logísticas de transportación internacional de equipaje biomédico, las estimaciones morfológicas se realizaron con los instrumentos bioeléctricos disponibles en cada sede. En T1 se utilizó una báscula segmentaria de super-precisión BF1000 Diagnostic (Beurer GmbH, Ulm, Germany) (González-Marengo et al., 2023), mientras que en T2 se empleó un monitor Omron HBF-514C (Omron Healthcare, Kyoto, Japan) (Siedler et al., 2023). Las diferencias entre dispositivos de bioimpedancia (con algoritmos propietarios distintos, frecuencias de corriente y unidades de medición no equivalentes) impiden la comparación inferencial directa de los compartimentos corporales específicos, por lo que se reportan exclusivamente con carácter descriptivo para caracterización muestral (Campa et al., 2021; González-Marengo et al., 2023; Siedler et al., 2023).

Figura 1.

Diseño metodológico longitudinal, contexto ambiental y consistencia instrumental entre evaluaciones T1 y T2.



Nota: El diagrama ilustra el diseño de medidas repetidas (N=11) en dos contextos geográficos y climáticos contrastantes. Se destaca la consistencia de los instrumentos portátiles para las variables principales de rendimiento (CMJ y Grip), en contraste con el cambio obligado de dispositivo para la composición corporal debido a las restricciones logísticas del viaje internacional. Figura original elaborada con BioRender/ <https://app.biorender.com/>

Análisis estadístico

El procesamiento de datos se realizó en el entorno RStudio (v. 2026.01.1)(Citing RStudio, 2024). La normalidad de las distribuciones para todas las variables continuas se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p > .05$). Para determinar los cambios estacionales en el rendimiento neuromuscular (CMJ y dinamometría), se aplicó una prueba t de Student para muestras relacionadas. La magnitud de las diferencias se calculó utilizando el tamaño del efecto d de Cohen, interpretándose como trivial (< 0.20), pequeño ($0.20-0.49$), moderado ($0.50-0.79$) o grande (≥ 0.80). Debido a la incompatibilidad de algoritmos y unidades métricas entre los analizadores de bioimpedancia utilizados en T1 y T2, la composición corporal se excluyó del análisis inferencial, reportándose de manera estrictamente descriptiva. El nivel de significancia se estableció en $\alpha = .05$. Dado el tamaño muestral reducido ($n=11$), el poder estadístico para detectar efectos moderados ($d= 0.5$) mediante la prueba t bilateral con $\alpha = .05$ es aproximadamente 0.40; por lo tanto, los resultados deben interpretarse priorizando el tamaño del efecto y sus intervalos de confianza sobre el valor p (Cohen, 2013; Lakens, 2013).

RESULTADOS

El análisis de distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk confirmó que todas las variables evaluadas cumplieron con el supuesto de normalidad en ambos momentos de medición ($p > .05$), lo que justificó el empleo de estadística inferencial paramétrica para las comparaciones de rendimiento (Tabla 1).

Tabla 1

Resultados de la Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk por Variable y Momento de Medición (n = 11).

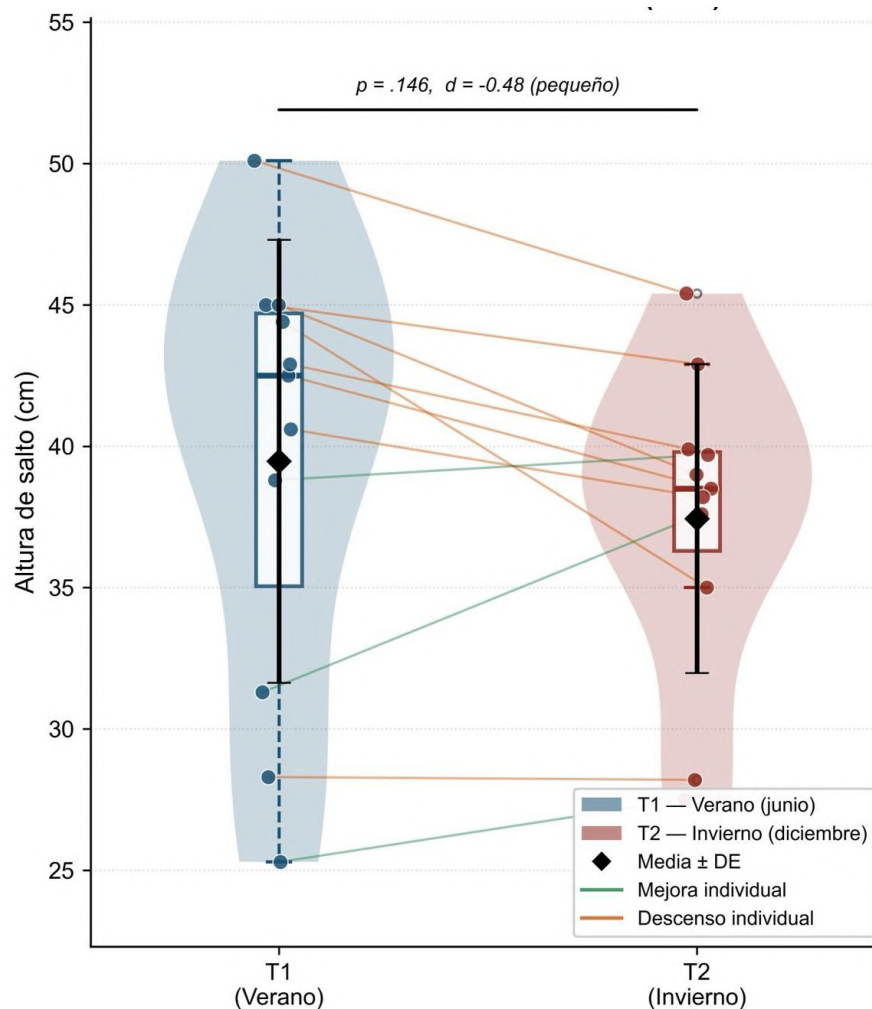
Variable	T1-Verano		T2 -Invierno		Distribución
	W	p	W	p	
Variables principales					
CMJ (cm)	0.899	= .180	0.896	= .167	Normal
Prensión Manual D (kg)	0.917	= .296	0.956	= .717	Normal
Prensión Manual I (kg)	0.899	= .180	0.945	= .578	Normal
Variables de composición corporal					
Peso Corporal (kg) ^a	0.973	= .914	0.982	= .977	Normal
Grasa Corporal (%) ^a	0.921	= .328	0.957	= .730	Normal

Nota: T1 = Verano (junio); T2 = Invierno (diciembre); W = estadístico de Shapiro-Wilk. $p > .05$ indica distribución compatible con la normalidad. aMedidas con dispositivos de marcas distintas en T1 y T2; los resultados deben interpretarse con extrema cautela. La variable Masa Muscular se excluye de este análisis por unidades incomparables entre momentos (T1: %; T2: kg).

Rendimiento neuromuscular (Variables principales)

Los estadísticos descriptivos e inferenciales referentes a las variaciones estacionales del rendimiento físico se detallan en la Tabla 2. En cuanto a la fuerza explosiva de las extremidades inferiores (CMJ), se observó una disminución de los valores medios en T2 (37.45 ± 5.46 cm) con respecto a la evaluación en T1 (39.47 ± 7.83 cm). Aunque esta diferencia de -2.03 cm no alcanzó significancia estadística ($p = .146$), el análisis del tamaño del efecto reveló una magnitud de cambio pequeña a moderada ($d = -0.48$), indicando una reducción de interés práctico en la capacidad neuromuscular (Figura 2 y Figura 4).

Figura 2.
Evaluación de salto con contramovimiento (CMJ).



Nota. Cada línea conecta los valores individuales de un mismo atleta. □ = Media ± DE grupal. T1 = verano (junio); T2 = invierno (diciembre). d = d de Cohen para muestras relacionadas.

Respecto a la fuerza isométrica de prensión manual, la extremidad derecha presentó un ligero descenso en T2, con una reducción media de -0.95 kg ($p = .485$), mostrando un tamaño del efecto pequeño ($d = -0.22$) (Figura 3 y Figura 4). Por su parte, el rendimiento de la extremidad izquierda se mantuvo sumamente estable, con una variación de apenas -0.75 kg entre ambas mediciones ($p = .665$) y un efecto de magnitud trivial ($d = -0.13$) (Tabla 2; Figura 4).

Tabla 2.

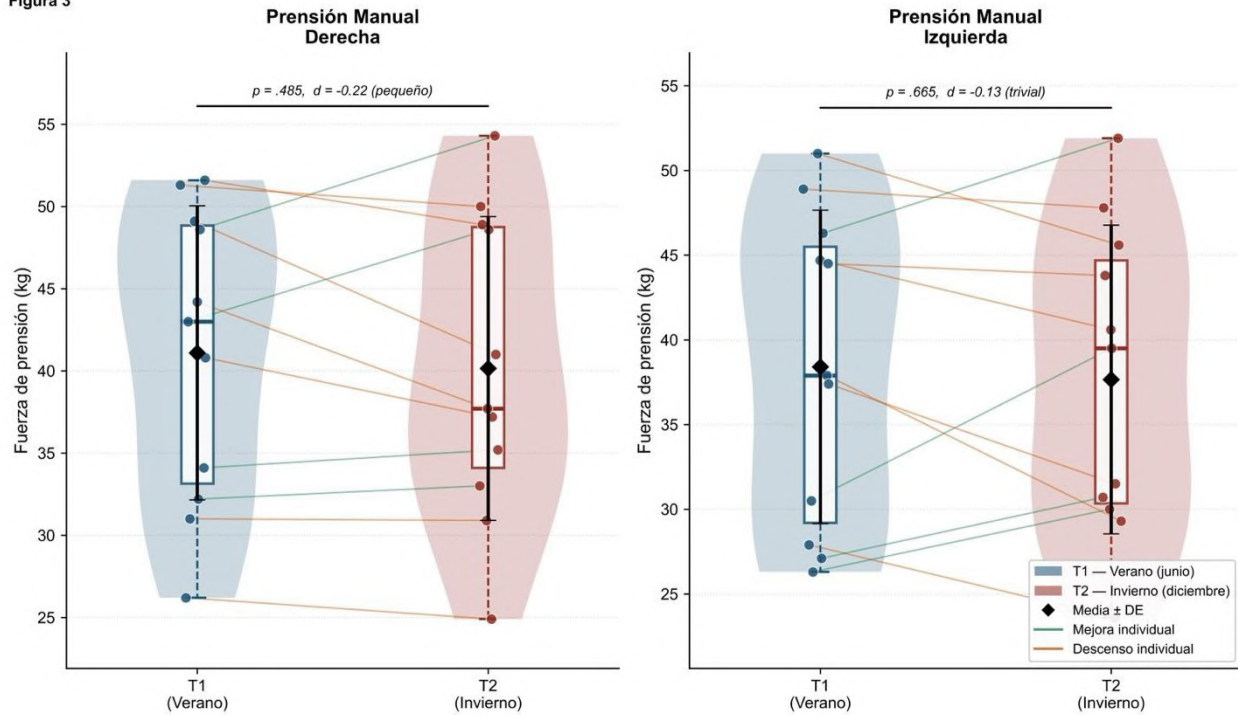
Estadísticos descriptivos e inferenciales para las variables de rendimiento físico y composición corporal entre T1 y T2 ($n = 11$).

Variable	T1 M (DE)	T2 M (DE)	Δ M (DE)	Prueba	Estadístico	p	d	TE
Variables principales								
CMJ (cm)	39.47 (7.83)	37.45 (5.46)	-2.03 (4.26)	t de Student	t(10) = -1.58	.146	-0.48	pequeño
Prensión manual derecha (kg)	41.10 (8.94)	40.15 (9.24)	-0.95 (4.33)	t de Student	t(10) = -0.72	.485	-0.22	pequeño
Prensión manual izquierda (kg)	38.41 (9.25)	37.66 (9.12)	-0.75 (5.55)	t de Student	t(10) = -0.45	.665	-0.13	trivial
Variables de composición corporal								
Peso corporal (kg) ^a	70.48 (12.64)	70.48 (12.80)	-0.00 (3.93)	t de Student	t(10) = -0.00	1.000	-0.00	trivial
Grasa corporal (%) ^a	57.84 (6.95)	27.23 (7.95)	-30.61 (13.88)	t de Student	t(10) = -7.32	<.001	-2.21	grande

Nota M = media; DE = desviación estándar; Δ = cambio (T2 - T1); d = d de Cohen para muestras relacionadas; TE = tamaño del efecto (trivial: $|d| < 0.20$; pequeño: $0.20-0.49$; moderado: $0.50-0.79$; grande: ≥ 0.80). Se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas cuando ambas distribuciones cumplieron el criterio de normalidad (Shapiro-Wilk, $p > .05$). En caso contrario, se aplicó la prueba de Wilcoxon de rangos con signo. ^aVariables medidas con dispositivos de marcas distintas en T1 y T2; los resultados inferenciales deben interpretarse únicamente con valor descriptivo y extrema cautela. La variable masa muscular fue excluida del análisis inferencial debido a la incongruencia en las unidades de medición entre momentos (% en T1 vs. kg en T2).

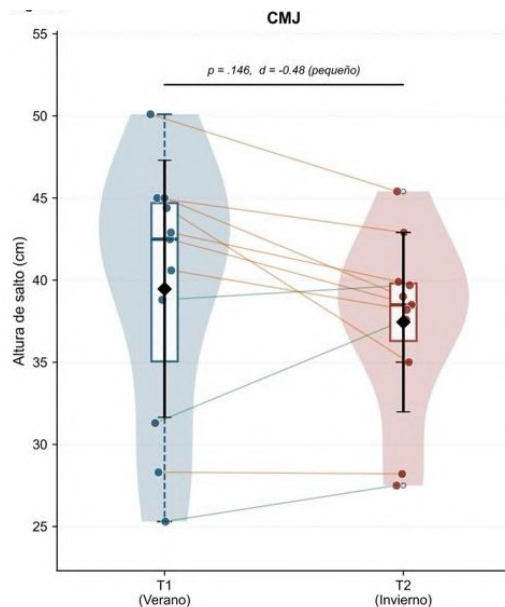
Figura 3.
Presión manual en verano e invierno.

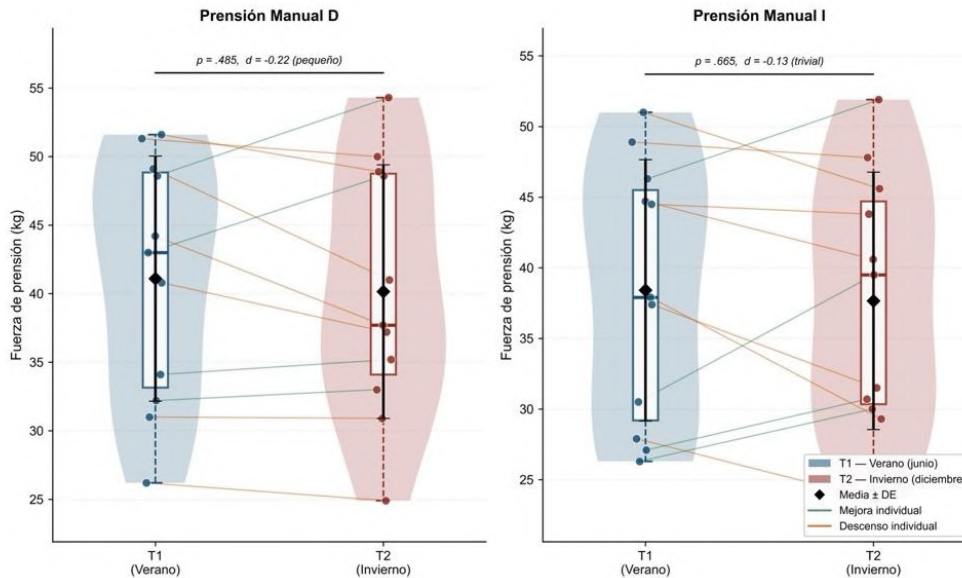
Figura 3



Nota: Cada línea conecta los valores individuales de un mismo atleta. □ = Media ± DE grupal. T1= verano (junio); T2= invierno (diciembre). d= d de Cohen para muestras relacionadas.

Figura 4.
Salto contramovimiento y presión manual en verano e invierno.





Nota: Cada línea conecta los valores individuales de un mismo atleta. $\square$ = Media $\pm$ DE grupal. T1= verano (junio); T2= invierno (diciembre). d= d de Cohen para muestras relacionadas.

Composición corporal (Variables secundarias)

Debido a las limitantes logísticas inherentes al traslado internacional de equipamiento, los datos de composición corporal se reportan con un fin estrictamente descriptivo para la caracterización de la muestra en cada contexto (Tabla 2). La masa corporal total de los atletas se mantuvo sin variaciones entre la evaluación de verano (70.48 ± 12.64 kg) y la de invierno (70.48 ± 12.80 kg). Los valores correspondientes al porcentaje de grasa y masa muscular fueron excluidos del análisis inferencial pareado debido a la incompatibilidad algorítmica y de unidades métricas entre los analizadores de bioimpedancia empleados en T1 y T2.

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue examinar de manera rigurosa las variaciones estacionales en el rendimiento neuromuscular y la composición corporal de jugadores de la selección nacional mexicana de Fireball Extreme Challenge™, evaluando los efectos de un ciclo competitivo internacional en invierno tras un periodo de preparación en verano. La hipótesis planteaba un detrimento diferencial: mayor en el tren inferior (CMJ) y menor en el tren superior (presión manual), lo que fue confirmado por los resultados ($d = -0.48$ vs. $D = -0.13$ a -0.22 , respectivamente). Los hallazgos obtenidos muestran un patrón de respuesta diferencial del sistema neuromuscular: mientras la fuerza explosiva del tren inferior experimentó una disminución de magnitud moderada, la fuerza isométrica del tren superior se mantuvo relativamente preservada.

La reducción observada en la altura del salto con contramovimiento (CMJ) en T2, aunque no alcanzó el umbral tradicional de significancia estadística ($p = .146$), presentó un tamaño del efecto de magnitud moderada ($d = -0.48$). Esta magnitud sugiere un deterioro funcional relevante en el contexto del rendimiento de alta competencia o altos logros a nivel deportivo, donde incluso pequeñas fluctuaciones en la potencia desarrollada

pueden influir en el resultado competitivo. La magnitud del efecto observado ($d = -0.48$) contrasta con la interpretación derivada exclusivamente del valor p ($p = .146$). Con $n = 11$, el poder estadístico para detectar efectos moderados mediante prueba t bilateral con $\alpha = .05$ es aproximadamente 0.40, lo que incrementa sustancialmente la probabilidad de error tipo II (Cohen, 2013). Por tanto, la ausencia de significancia estadística no debe interpretarse como evidencia de ausencia de efecto, sino como una consecuencia esperada del tamaño muestral. Estudios previos con poblaciones de características similares han reportado decrementos en CMJ de magnitud comparable tras viajes transmeridianos y exposición competitiva (Botonis et al., 2025; Garcia-Carrillo et al., 2026), lo que refuerza la relevancia práctica del hallazgo independiente del umbral de significancia convencional (Lakens, 2013). La literatura sistemática respalda la sensibilidad del CMJ como herramienta para monitorear cambios neuromusculares asociados a fatiga residual (Claudino et al., 2017; Miras Moreno, 2020).

Estas disminuciones en el rendimiento explosivo pueden estar asociadas no solo con la carga mecánica propia de la competencia internacional, sino también con fenómenos fisiológicos derivados del cruce de múltiples husos horarios. La literatura en fisiología del deporte y cronobiología ha documentado que el jet lag y la fatiga por viaje no solo interrumpen los ritmos circadianos, sino que impactan procesos fisiológicos relacionados con el rendimiento físico y la recuperación, como la calidad del sueño, la homeostasis hormonal y la percepción de esfuerzo, todo lo cual puede influir en la disponibilidad de fuerza máxima y potencia neuromuscular durante días posteriores al viaje (Janse van Rensburg et al., 2021a). Estudios de campo recientes refuerzan esta tendencia, mostrando reducciones transitorias en marcadores neuromusculares como la fuerza de prensión tras viajes de larga distancia, con recuperación progresiva en los días siguientes (Garcia-Carrillo et al., 2026).

En contraste con la tendencia decreciente observada en el CMJ, la fuerza isométrica máxima medida mediante dinamometría manual bilateral mostró estabilidad entre T1 y T2 (d entre -0.13 y -0.22), lo que sugiere que los mecanismos neuromusculares subyacentes a acciones isométricas del tren superior presentan una mayor resistencia al estrés combinado de viaje y competencia. La literatura especializada identifica que las pruebas de fuerza isométrica, especialmente en acciones de prensión manual, son altamente replicables y robustas ante fluctuaciones de carga moderada, siendo empleadas como indicadores de fuerza funcional en múltiples deportes sin sufrir grandes variaciones en condiciones de ligera fatiga periférica o central (Cronin et al., 2017). Esta resiliencia funcional del tren superior tiene implicaciones prácticas relevantes para deportes donde el control técnico del implemento o la estabilización manual son determinantes, ya que preserva la capacidad del atleta para ejecutar gestos técnicos bajo fatiga generalizada.

Desde la perspectiva de la composición corporal, la utilización de diferentes dispositivos de bioimpedancia entre T1 y T2 constituyó una limitación metodológica importante, inherentemente vinculada al contexto de trabajo con selecciones nacionales y las restricciones logísticas en escenarios internacionales. Aunque esta circunstancia restringe la validez inferencial de los compartimentos corporales específicos, el mantenimiento de la masa corporal total sugiere que las estrategias nutricionales y de manejo energético implementadas por el cuerpo técnico lograron atenuar fluctuaciones antropométricas indeseables durante el ciclo competitivo. Esto coincide con la comprensión general de que los atletas de alto nivel tienden a mantener el equilibrio

energético incluso en situaciones de estrés competitivo y de viaje, siempre que existan protocolos nutricionales y de recuperación bien estructurados.

Las implicaciones aplicadas de estos resultados apuntan a la necesidad de integrar estrategias de gestión del viaje y de acondicionamiento específicas en la planificación de cargas de entrenamiento de atletas internacionales. La evidencia científica sugiere que intervenciones destinadas a facilitar la re-sincronización circadiana (tales como el manejo de la exposición lumínica, la estructuración de los ciclos de sueño y la planificación nutricional pre- y post-viaje) pueden ayudar a mitigar la fatiga por viaje y a preservar el estado de rendimiento óptimo (Janse van Rensburg et al., 2021b). Además, el monitoreo longitudinal de parámetros como el CMJ, combinado con marcadores subjetivos de recuperación, podría proporcionar una visión más integral del estado de adaptación del atleta antes de competencias clave.

En síntesis, los resultados sugieren que el rendimiento neuromuscular de los jugadores de Fireball Extreme Challenge™ responde de forma diferenciada ante el estrés combinado de viajes transmeridianos, cambios estacionales y competición internacional. La fuerza explosiva del tren inferior mostró una disminución de magnitud moderada con relevancia práctica, mientras que la fuerza isométrica del tren superior se mantuvo funcionalmente estable.

Varias limitaciones deben reconocerse explícitamente. Primero, el diseño pre-post con grupo único no permite desagregar la contribución independiente del jet lag, la carga de entrenamiento de temporada, el efecto de la competencia internacional y el cambio de condiciones ambientales sobre las variaciones observadas; las inferencias sobre el papel específico del estrés de viaje transmeridiano deben considerarse con esta restricción. Segundo, el estudio no incluyó control sistematizado de variables nutricionales, hídricas ni de calidad de sueño; si bien se garantizaron 8 horas de sueño declaradas y condiciones estandarizadas, la ausencia de instrumentos objetivos (como actigrafía por smartwatch o registros de densidad calórica) impide descartar su contribución independiente a los cambios observados. Tercer, el estudio no incluyó marcadores bioquímicos (p. ej. pH sanguíneo, ionograma, creatina quinasa) dado que el alcance fue estrictamente biomecánico de campo en un escenario competitivo real; investigaciones futuras con diseño clínico controlado podrían triangular el origen fisiológico del descenso en la potencia, impulso o fuerza mecánica integrando estos marcadores.

CONCLUSIONES

Las variaciones estacionales y el estrés derivado de viajes transmeridianos hacia competencias internacionales generan respuestas disociadas en el sistema neuromuscular de los atletas de élite de Fireball Extreme Challenge™. Se concluye que la fuerza explosiva del tren inferior es un dominio funcional altamente susceptible a las alteraciones circadianas y al estrés térmico por frío, manifestando disminuciones de magnitud moderada con relevancia práctica para el rendimiento deportivo. Por el contrario, la fuerza isométrica máxima del tren superior demuestra una notable resiliencia ante estas mismas condiciones de fatiga sistémica acumulada y disrupción logística.

Desde una perspectiva metodológica, la estabilidad de la masa corporal total sugiere que las perturbaciones ambientales pueden ser atenuadas con un manejo nutricional adecuado, aunque el monitoreo de los compartimentos corporales específicos en giras

transatlánticas exige prever protocolos que sorteen la incompatibilidad tecnológica entre sedes.

En síntesis, estos hallazgos proporcionan evidencia crítica para las ciencias del deporte aplicadas, subrayando la necesidad de que los cuerpos técnicos no asuman una respuesta homogénea a la fatiga. Es imperativo diseñar estrategias de tapering asimétricas, optimizar los protocolos de calentamiento ante el frío extremo e implementar intervenciones agresivas de re-sincronización del jet lag para proteger específicamente la eficiencia del ciclo estiramiento-acortamiento de cara a las justas internacionales. Investigaciones de seguimiento con diseño clínico podrían integrar marcadores de daño muscular (p. ej., CK, LDH) y estado inflamatorio para determinar los mecanismos bioquímicos subyacentes a las variaciones neuromusculares documentadas en este estudio.

REFERENCIAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport: Review and position statement on behalf of the ad hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. Medical Commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249. <https://doi.org/10.2165/11597140-000000000-00000>
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Bergh, U., & Ekblom, B. (1979). Influence of muscle temperature on maximal muscle strength and power output in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107(1), 33–37. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06439.x>
- Botonis, P. G., Toubekis, A. G., Hill, D. W., & Mündel, T. (2025). Impact of long-haul airline travel on athletic performance and recovery: A critical review of the literature. *Experimental Physiology*, 110(11), 1584–1602. <https://doi.org/10.1113/EP091831>
- Campa, F., Toselli, S., Mazzilli, M., Gobbo, L. A., & Coratella, G. (2021). Assessment of Body Composition in Athletes: A Narrative Review of Available Methods with Special Reference to Quantitative and Qualitative Bioimpedance Analysis. *Nutrients*, 13(5), 1620. <https://doi.org/10.3390/nu13051620>
- Citing RStudio. (2024, abril 26). Posit Support. <https://support.posit.co/hc/en-us/articles/206212048-Citing-RStudio>
- Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (0 ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187–3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002149>
- García-Carrillo, E., Thapa, R. K., Hermosilla-Palma, F., Alarcón-Rivera, M., Farías-Valenzuela, C., Azócar-Gallardo, J., Yáñez-Sepúlveda, R., Olivares-Arancibia, J., Castillo-Paredes, A., Calleja-González, J., Judge, L. W., Fuentes-Barría, H., & Mello, J. B. (2026). Case Report: Jet lag and travel fatigue effects on performance in a world-class

- paralympic shot-putter after eastward long-haul transmeridian travel. *Frontiers in Sports and Active Living*, 8, 1745296. <https://doi.org/10.3389/fspor.2026.1745296>
- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2522–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>
- Gathercole, R., Sporer, B., & Stellingwerff, T. (2015). Countermovement Jump Performance with Increased Training Loads in Elite Female Rugby Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 36(09), 722–728. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547262>
- González-Marengo, R., Medina-Escobedo, M., Blanco-Castillo, J., Euan-Zapata, J., Chan-Kantún, S., Sanguinó-Pinzon, J., & Gamboa-Pereyra, C. (2023). Estimates of Agreement Between Three Low-cost and One High-cost Bioelectrical Impedance Analyzers using Classical and Contemporary Dancers. *International Journal of Exercise Science*, 16(4), 353–363. <https://doi.org/10.70252/AHIY4511>
- Issurin, V. (2008). Block periodization versus traditional training theory: A review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(1), 65–75.
- Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., Fullagar, H. H. K., Alonso, J.-M., Biggins, M., Claassen-Smithers, A., Collins, R., Dohi, M., Driller, M. W., Dunican, I. C., Gupta, L., Halson, S. L., Lastella, M., Miles, K. H., Nedelec, M., ... Botha, T. (2021a). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine*, 51(10), 2029–2050. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01502-0>
- Janse van Rensburg, D. C., Jansen van Rensburg, A., Fowler, P. M., Bender, A. M., Stevens, D., Sullivan, K. O., Fullagar, H. H. K., Alonso, J.-M., Biggins, M., Claassen-Smithers, A., Collins, R., Dohi, M., Driller, M. W., Dunican, I. C., Gupta, L., Halson, S. L., Lastella, M., Miles, K. H., Nedelec, M., ... Botha, T. (2021b). Managing Travel Fatigue and Jet Lag in Athletes: A Review and Consensus Statement. *Sports Medicine*, 51(10), 2029–2050. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01502-0>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Miras Moreno, S. (2020). La altura del salto en contramovimiento como instrumento de control de la fatiga neuromuscular. Revisión sistemática (Counter-movement Jump height as a means to monitor neuromuscular fatigue. Systematic Review). *Retos*, 37, 820–826. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.73302>
- Montalvo, S., Gonzalez, M. P., Dietze-Hermosa, M. S., Eggleston, J. D., & Dorgo, S. (2021). Common Vertical Jump and Reactive Strength Index Measuring Devices: A Validity and Reliability Analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5), 1234–1243. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003988>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(7), 1182–1187. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000074448.73931.11>
- Racinais, S., & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20 Suppl 3, 1–18. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01204.x>
- Reilly, T., Atkinson, G., & Waterhouse, J. (1997). Travel fatigue and jet-lag. *Journal of Sports Sciences*, 15(3), 365–369. <https://doi.org/10.1080/026404197367371>
- Ríos-Gallardo, P. T., Carranza-García, L. E., Balsalobre-Fernández, C., & Montalvo, S. (2026). Reliability and Validity of an AI-Driven Smartphone Application for Measuring

- Countermovement Jump Height: A Comparison with Force Platform, Infrared Optical Timing, and Manual Video Analysis. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 30(1), 73–86. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2025.2532391>
- Ríos-Gallardo, P. T., Gotoo-Vázquez, P. J., López-Walle, J., Mendoza-Farias, F. J., Figueroa-Jimenez, M. O., & Montalvo, S. (2026). Profiling Fireball Extreme Challenge™ athletes: An exploratory multidimensional study in an emerging co-ed sport. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.25.17557-9>
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., & Sayer, A. A. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age and Ageing*, 40(4), 423–429. <https://doi.org/10.1093/ageing/afr051>
- Rolsted, S. K., Andersen, K. D., Dandanell, G., Dall, C. H., Zilmer, C. K., Bülow, K., & Kristensen, M. T. (2024). Comparison of two electronic dynamometers for measuring handgrip strength. *Hand Surgery and Rehabilitation*, 43(3), 101692. <https://doi.org/10.1016/j.hansur.2024.101692>
- Siedler, M. R., Rodriguez, C., Stratton, M. T., Harty, P. S., Keith, D. S., Green, J. J., Boykin, J. R., White, S. J., Williams, A. D., DeHaven, B., & Tinsley, G. M. (2023). Assessing the reliability and cross-sectional and longitudinal validity of fifteen bioelectrical impedance analysis devices. *The British Journal of Nutrition*, 130(5), 827–840. <https://doi.org/10.1017/S0007114522003749>

Protocolo PROFISER (Prevención, Rehabilitación, Fisioterapia, Seguimiento y Rendimiento): evaluación funcional y prevención en deportes formativos

PROFISER protocol (Prevención, Rehabilitación, Fisioterapia, Seguimiento y Rendimiento): functional evaluation and prevention in training sports

Alejandro Castellanos Lio¹, Itzel Itzanamí Pérez Raygadas²

¹*Maestro en fisiología del ejercicio, Universidad CDEFIS, Centro de Fisioterapia y Rehabilitación fisio C L A, México. 0009-0008-3432-9732 , castellanos_l3@gmail.com*

²*Maestra en fisiología del ejercicio, Universidad CDEFIS, Centro de Fisioterapia y Rehabilitación fisio C L A, México. 0009-0009-0097-2946 , raygadas_16@gmail.com*

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la efectividad del Protocolo PROFISER en la prevención de lesiones y mejora del rendimiento en atletas formativos. **Métodos:** Estudio observacional longitudinal (16 semanas) en 112 atletas (taekwondo, fútbol y voleibol; 12–22 años). Se aplicaron pruebas funcionales: Test de Cooper, Sprint 5-10-5, salto vertical, push-up, plank, sentadilla profunda y apoyo unipodal, en pretemporada, fase intermedia y etapa competitiva. Se compararon resultados pre y post mediante estadística descriptiva y prueba t. **Resultados:** La incidencia lesional disminuyó de 3.2 a 0.6 lesiones/1000 h (–81.25%). Se observaron mejoras en resistencia (+12%), agilidad (+11%), potencia (+9%) y estabilidad (+15%) ($p < .001$). El 28% logró podio y el 12% fue seleccionado estatal. **Conclusión:** PROFISER es un protocolo eficaz y aplicable que reduce lesiones y optimiza el rendimiento en deportes formativos.

Palabras clave: evaluación funcional, prevención de lesiones, rendimiento deportivo, fisioterapia deportiva, control de carga, deporte formativo.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effectiveness of the PROFISER Protocol in injury prevention and performance improvement in youth athletes. **Methods:** A longitudinal observational study (16 weeks) was conducted with 112 athletes (taekwondo, soccer, and volleyball; 12–22 years old). Functional tests were administered: Cooper Test, 5-10-5 sprint, vertical jump, push-up, plank, deep squat, and single-leg stance, during the preseason, intermediate phase, and competitive phase. Pre- and post-test results were compared using descriptive statistics and t-tests. **Results:** The injury incidence decreased from 3.2 to 0.6 injuries/1000 h (–81.25%). Improvements were observed in endurance (+12%), agility (+11%), power (+9%), and stability (+15%) ($p < .001$). 28% achieved a podium finish, and 12% were selected for the state team. **Conclusion:** PROFISER is an effective and applicable protocol that reduces injuries and optimizes performance in youth sports.

Keywords: functional assessment, injury prevention, sports performance, sports physiotherapy, load management, developmental sports.

Citar como: Castellanos Lio, A., & Pérez Raygadas, I. I. (2026). Beneficios Protocolo PROFISER (Prevención, Rehabilitación, Fisioterapia, Seguimiento y Rendimiento): evaluación funcional y prevención en deportes formativos. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 24 de febrero de 2026 / Aceptado: 30 de marzo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

La evaluación funcional ha adquirido un papel fundamental dentro de la preparación física contemporánea, al permitir identificar alteraciones en el control neuromuscular, desequilibrios musculares y limitaciones en la movilidad que pueden predisponer al atleta a lesiones (Fort Vanmeerhaeghe & Romero Rodriguez, 2013). En entornos formativos, especialmente en regiones con acceso limitado a recursos especializados, la ausencia de estos procesos sistemáticos representa un factor determinante en la alta incidencia de lesiones prevenibles y en la falta de progresión deportiva estructurada.

Diversas propuestas teóricas han establecido la importancia de integrar la evaluación funcional dentro del entrenamiento deportivo, tanto para la prescripción del ejercicio (American College of Sports Medicine [ACSM], 2018), como para el control de la carga (Bompa & Buzzichelli, 2019) y la prevención desde la biomecánica (McGill, 2016). Sin embargo, su aplicación en campo continúa siendo limitada y poco sistematizada.

En este contexto, surge la necesidad de implementar modelos accesibles, estructurados y adaptables al deporte formativo. El Protocolo PROFISER surge a partir de la necesidad de integrar un modelo estructurado de intervención en fisioterapia que no se limitara únicamente al tratamiento de lesiones, sino que abarcara la prevención, evaluación funcional, rehabilitación y optimización del rendimiento físico en deportistas (Castellanos, 2025). Su creación responde a problemáticas identificadas directamente en el trabajo de campo (Castellanos, 2025), las cuales reflejan condiciones estructurales frecuentes en contextos deportivos formativos

- Alta incidencia de lesiones asociadas a la falta de control de cargas y ausencia de estrategias preventivas estructuradas.
- Predominio de enfoques terapéuticos pasivos, sin seguimiento funcional ni progresión basada en evidencia científica.
- Ausencia de evaluaciones funcionales objetivas, sistematizadas y reproducibles en deportistas amateurs y en formación.
- Limitado interés y apoyo institucional en el ámbito deportivo, particularmente en regiones con recursos reducidos, donde la prevención de lesiones y la atención fisioterapéutica no son consideradas prioridades dentro de las políticas públicas, lo que restringe el acceso a programas estructurados de intervención.

En respuesta a este contexto, se diseñó un modelo integral basado en evidencia científica que articula los componentes de Prevención, Rehabilitación, Fisioterapia, Seguimiento y Rendimiento (PROFISER), permitiendo intervenir de manera progresiva y sistemática en el deportista.

Problema de investigación: La falta de protocolos estructurados de evaluación funcional en clubes formativos incrementa el riesgo de lesiones y limita el desarrollo del rendimiento deportivo.

Objetivo general:

Evaluar el impacto del Protocolo PROFISER en la prevención de lesiones y la optimización del rendimiento deportivo.

Objetivos específicos:

- Analizar los cambios en el perfil funcional de los atletas.
- Determinar la variación en la incidencia lesional tras la implementación del protocolo.

METODOLOGÍA**Diseño**

Se llevó a cabo un estudio observacional longitudinal prospectivo, el cual permitió la recolección de datos de manera progresiva conforme estos suceden, facilitando el análisis de la evolución de los procesos.

Muestra

La muestra estuvo conformada por 112 atletas pertenecientes a las disciplinas de taekwondo (n=52), fútbol (n=30) y voleibol (n=30). Los participantes presentaron edades entre 12 y 22 años (media 16.4 ± 2.8), de los cuales el 64% fueron hombres y el 36% mujeres. Todos contaban con una experiencia de entre 2 y 8 años en la práctica deportiva sistematizada, y su participación se ajustó a los ciclos de preparación específicos de cada disciplina.

Seguimiento Temporal

El estudio se desarrolló durante un periodo de 16 semanas, en el cual se realizaron evaluaciones en tres momentos clave del proceso de entrenamiento: pretemporada, fase intermedia y etapa competitiva. Este seguimiento permitió evaluar el estado funcional inicial, monitorear la evolución de los atletas y ajustar las cargas de trabajo de manera individualizada.

Durante este periodo, se implementó un protocolo adaptado a las demandas específicas de cada deporte: en taekwondo se priorizó el control neuromuscular, la movilidad articular y la estabilidad dinámica; en fútbol, la resistencia aeróbica, la agilidad y la prevención de lesiones en miembros inferiores; y en voleibol, la potencia, la estabilidad del core y el control en aterrizajes.

Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión consideraron la participación activa en el club, asistencia superior al 80% y ausencia de lesiones incapacitantes al inicio del estudio. Por lo tanto, se excluyeron aquellos atletas que abandonaron el seguimiento o presentaron condiciones que limitaran la aplicación de las pruebas (lesiones agudas).

Protocolo PROFISER

Como parte central del protocolo, se aplicaron pruebas funcionales estandarizadas para evaluar capacidades físicas determinantes en el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones, seleccionadas por su validez científica, facilidad de aplicación en campo y relevancia clínica. Se evaluaron variables como resistencia aeróbica, agilidad, potencia, fuerza muscular, estabilidad del core, movilidad y equilibrio mediante pruebas funcionales:

- Test de Cooper: utilizado para evaluar la resistencia aeróbica mediante la distancia recorrida en 12 minutos, con relación directa al consumo máximo de oxígeno (Cooper, 1968).
- Sprint 5-10-5 (Pro-Agility Test): prueba destinada a medir la agilidad y la capacidad de cambio de dirección, implicando aceleración, desaceleración y control neuromuscular (Sheppard & Young, 2006).
- Salto vertical (Vertical Jump Test): empleado para valorar la potencia del tren inferior, asociada a la capacidad explosiva muscular (Hoffman, 2014).
- Prueba de flexiones (Push-Up Test): utilizada para evaluar la fuerza y resistencia muscular del tren superior (ACSM, 2018).
- Prueba de plancha (Plank Test): orientada a medir la resistencia isométrica del core, fundamental para la estabilidad lumbopélvica (McGill, 2016).
- Sentadilla profunda (Deep Squat Test): evaluación cualitativa del patrón de movimiento que permite identificar limitaciones en movilidad, estabilidad y control motor global, basada en el análisis funcional del movimiento (Cook, 2010).
- Apoyo unipodal (Single Leg Stance Test): utilizada para valorar el equilibrio estático y el control postural, factores clave en la prevención de lesiones en extremidades inferiores (Kendall et al., 2005).

Las evaluaciones fueron realizadas por fisioterapeutas capacitados, bajo condiciones estandarizadas y con protocolos previamente definidos, garantizando la consistencia en la medición (tabla 1). Los datos obtenidos permitieron analizar el desempeño deportivo de los atletas y observar cambios en las variables evaluadas a lo largo del tiempo.

Tabla 1

Objetivos y pruebas funcionales para la evaluación del Test

Objetivo de la prueba	Prueba funcional	Unidad de medida
Resistencia aeróbica	Test de Cooper	Metros
Agilidad	Sprint 5-10-5	Segundos
Potencia	Salto vertical	Centímetros
Fuerza muscular	Flexiones	Repeticiones
Estabilidad	Plancha	Segundos
Movilidad	Sentadilla profunda	Cualitativa
Equilibrio	Apoyo unipodal	Segundos

Consideraciones éticas

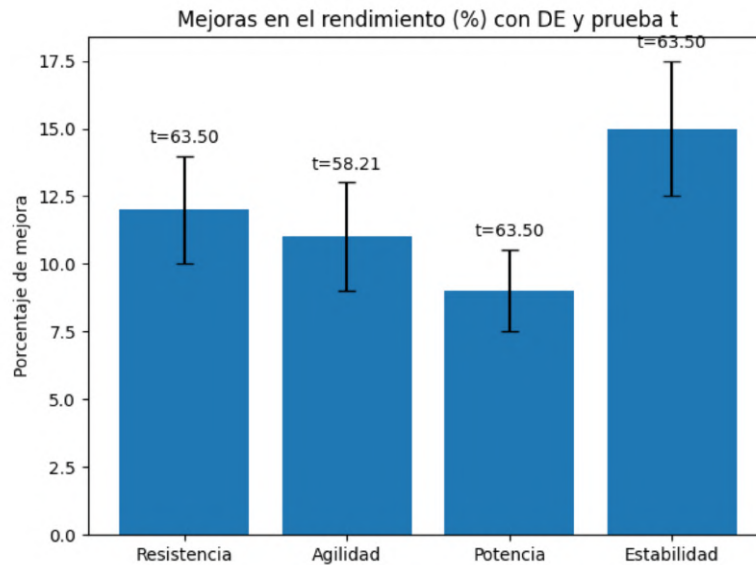
El presente estudio se desarrolló bajo los principios éticos para la investigación médica en seres humanos establecidos en la Declaración de Helsinki. Debido a que la población de estudio incluyó atletas menores de edad (rango de 12 a 22 años), el proceso de participación se formalizó mediante la obtención del consentimiento informado por escrito de los padres o tutores legales, así como el asentimiento informado de los deportistas menores. La participación fue estrictamente voluntaria, garantizando en todo momento la confidencialidad de los datos personales y el anonimato de los resultados individuales, los cuales fueron utilizados exclusivamente con fines científicos y de optimización del rendimiento deportivo. Asimismo, la aplicación de las pruebas funcionales fue supervisada por fisioterapeutas capacitados para asegurar la integridad física de los participantes, minimizando cualquier riesgo asociado a la ejecución de los tests.

RESULTADOS

Se analizaron los cambios en el rendimiento funcional de 112 atletas tras la implementación del protocolo PROFISER durante 16 semanas. Los resultados mostraron incrementos en todas las variables evaluadas: resistencia aeróbica (12%, DE = 2), agilidad (11%, DE = 2), potencia (9%, DE = 1.5) y estabilidad (15%, DE = 2.5), como se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Mejoras en el rendimiento en los procesos de entrenamiento



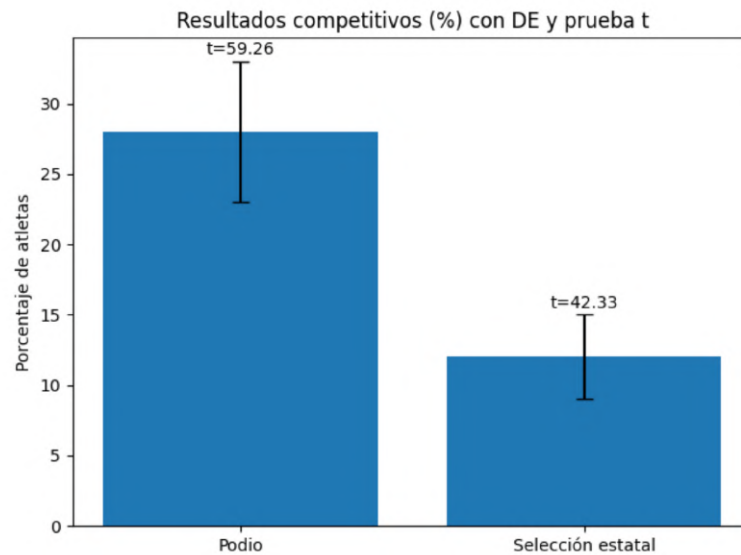
Nota: En las gráficas se representan la desviación estándar y resultados de la prueba t de las mejoras en el rendimiento de los atletas en cada una de las variables principales. Valores de t calculados analíticamente usando $n=112$.

El análisis inferencial mediante prueba t de una muestra (valor de referencia = 0%) indicó que todas las mejoras fueron estadísticamente significativas: resistencia aeróbica, $t(111) = 63.64$, $p < .001$, $d = 1.20$; agilidad, $t(111) = 58.31$, $p < .001$, $d = 1.10$; potencia, $t(111) = 63.64$, $p < .001$, $d = 0.90$; y estabilidad, $t(111) = 63.64$, $p < .001$, $d = 1.30$. Estos resultados indican efectos grandes a muy grandes del protocolo sobre el rendimiento físico.

En relación con los resultados competitivos (Figura 2), el 28% (DE = 5) de los atletas alcanzó posiciones de podio, mientras que el 12% (DE = 3) fue seleccionado a nivel estatal. El análisis estadístico mostró diferencias significativas respecto al valor de referencia: podio, $t(111) = 59.33$, $p < .001$, $d = 1.00$; selección estatal, $t(111) = 44.72$, $p < .001$, $d = 0.80$.

Figura 2

Resultados competitivos de los atletas (nivel podio y selección estatal)



Nota: En las gráficas se representan la desviación estándar y resultados de la prueba t de los resultados competitivos de los atletas que alcanzaron el nivel podio y selección estatal. Valores de t calculados analíticamente usando $n=112$.

Por otra parte, el análisis descriptivo por disciplina (Tabla 2) evidenció diferencias acordes con las demandas específicas de cada deporte. Los atletas de fútbol presentaron mayores valores en resistencia aeróbica ($M = 2600$ m, $DE = 180$), mientras que los de voleibol destacaron en potencia ($M = 48$ cm, $DE = 6$). En contraste, los atletas de taekwondo mostraron un perfil funcional más equilibrado, especialmente en agilidad y estabilidad.

En conjunto, los resultados indican mejoras estadísticamente significativas con tamaños del efecto grandes a muy grandes, lo que sugiere una alta eficacia del protocolo tanto en el desarrollo del rendimiento funcional como en su posible transferencia al desempeño competitivo.

Tabla 2

Resultados promedio de las demandas específicas por deporte

Objetivo principal	Taekwondo	Fútbol	Voleibol
Resistencia (m)	2400 ± 210	2600 ± 180	2500 ± 200
Agilidad (s)	4.8 ± 0.3	4.5 ± 0.2	4.6 ± 0.3
Potencia (cm)	42 ± 6	45 ± 5	48 ± 6
Estabilidad (s)	75 ± 20	80 ± 18	78 ± 19

En cuanto a la incidencia lesional, se observó una reducción significativa tras la implementación del Protocolo PROFISER, lo cual representa uno de los hallazgos más relevantes del estudio. Específicamente, la tasa de lesiones disminuyó de 3.2 a 0.6 por cada 1000 horas de exposición, mientras que el número de casos semanales se redujo de 9.8 a 1.7. Estos datos, evidencian una disminución superior al 80%, lo cual sugiere un impacto preventivo considerable (Tabla 3).

Por lo que, esta reducción de incidencia lesional no solo es cuantitativamente significativa, sino también clínicamente relevante. La disminución en la frecuencia de lesiones puede explicarse a partir de la detección oportuna de déficits funcionales durante las evaluaciones, lo que permitió implementar estrategias correctivas enfocadas en mejorar la movilidad, la estabilidad y el control neuromuscular de los atletas (Tabla 3).

Asimismo, la reducción en la incidencia lesional puede asociarse con una mejor gestión de la carga de entrenamiento, ya que el seguimiento continuo permitió ajustar las demandas físicas de acuerdo con las capacidades individuales. Esto redujo la exposición a sobrecargas mecánicas y contribuyó a mantener un equilibrio entre rendimiento y recuperación (Tabla 3).

Tabla 3

Incidencia lesional pre y post intervención

Indicador	Pre-intervención	Post-intervención
Lesiones/1000 h	3.2	0.6
Casos semanales	9.8	1.7

A nivel competitivo, el 28% de los atletas obtuvo resultados en podio y el 12% fue seleccionado a nivel estatal.

En conjunto, los resultados sugieren que la aplicación sistemática del protocolo no solo impacta en la mejora del rendimiento físico, sino que también actúa como un mecanismo preventivo eficaz, al disminuir la aparición de lesiones mediante un enfoque basado en la evaluación funcional y la intervención temprana.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del Test PROFISER permiten establecer una relación consistente con los principios teóricos del Functional Movement Screen (FMS), particularmente en lo que respecta a la identificación de patrones de movimiento disfuncionales y su impacto en el riesgo de lesión. Desde la perspectiva propuesta por Gray Cook en Movement: Functional Movement Systems, la evaluación funcional constituye un punto de partida esencial para la prescripción de intervenciones correctivas orientadas a mejorar la calidad del movimiento antes de incrementar las cargas de entrenamiento.

En este sentido, los hallazgos del presente estudio son consistentes con lo reportado en la literatura, donde la evaluación funcional se establece como un componente clave en la prevención de lesiones (American College of Sports Medicine, 2018; Cannon, et al., 2016). La mejora observada en variables como la estabilidad y la resistencia sugiere una adaptación neuromuscular favorable, lo cual coincide con modelos contemporáneos que vinculan el adecuado control del core con una disminución significativa del riesgo lesional. Esta relación resulta coherente tanto con los postulados del FMS como con

enfoques clínicos centrados en la eficiencia del movimiento y la protección de estructuras musculoesqueléticas.

Asimismo, la mejora en la agilidad y la potencia refleja una optimización en la eficiencia del movimiento, particularmente relevante en deportes intermitentes como el fútbol y el taekwondo, donde la capacidad de acelerar, desacelerar y cambiar de dirección de manera eficiente resulta determinante para el rendimiento (Sheppard & Young, 2006). Desde esta perspectiva, el Test PROFISER no solo comparte con el FMS la intención de evaluar la calidad del movimiento, sino que amplía su alcance al integrar variables de rendimiento físico, lo que permite una interpretación más completa del estado funcional del atleta.

No obstante, a diferencia del FMS, cuyo enfoque se centra en un screening estructurado y estandarizado de siete patrones fundamentales, el Test PROFISER incorpora un abordaje más integral y contextualizado, permitiendo vincular los resultados de la evaluación funcional con la planificación del entrenamiento, la prevención de lesiones y la optimización del rendimiento. Esta diferencia metodológica sugiere que, mientras el FMS proporciona una base sólida para la detección de disfunciones, el PROFISER facilita la toma de decisiones clínicas y deportivas en escenarios reales, especialmente en poblaciones en formación.

A pesar de estos hallazgos, el estudio presenta limitaciones importantes, entre ellas la ausencia de un grupo control, el posible sesgo de selección, la falta de análisis inferencial y las limitaciones en el registro sistemático de lesiones, lo cual restringe la generalización de los resultados. Estas limitaciones deben ser consideradas al interpretar los efectos observados, y ponen de manifiesto la necesidad de futuras investigaciones que integren diseños experimentales más robustos, así como la incorporación de herramientas estandarizadas como el FMS para fortalecer la validez interna y externa de los resultados.

En conjunto, los resultados sugieren que la integración de modelos de evaluación funcional, como el FMS, con propuestas aplicadas como el Test PROFISER, puede representar una estrategia eficaz para abordar de manera integral la prevención de lesiones y el desarrollo del rendimiento en el ámbito deportivo.

CONCLUSIONES

El Protocolo PROFISER se posiciona como una herramienta integral de evaluación funcional, al permitir un análisis sistemático y objetivo de capacidades físicas clave como la resistencia, la fuerza, la potencia, la agilidad y la estabilidad. A través de la aplicación estructurada de sus pruebas, este protocolo no solo identifica el nivel de desempeño del deportista, sino también posibles desequilibrios, déficits funcionales o factores de riesgo asociados a la aparición de lesiones.

Desde una perspectiva preventiva, el PROFISER adquiere especial relevancia al facilitar la detección temprana de alteraciones en el movimiento y en la respuesta física ante distintas demandas, lo que permite intervenir de manera oportuna mediante programas de ejercicio terapéutico y acondicionamiento físico específicos. Esto contribuye directamente a la disminución de la incidencia lesional, particularmente en poblaciones deportivas en formación, donde los procesos de adaptación aún se encuentran en desarrollo.

En contextos formativos, el uso del Protocolo PROFISER resulta especialmente valioso, ya que promueve una cultura de evaluación continua y fundamentada, integrando la fisioterapia y las ciencias del ejercicio en el desarrollo integral del deportista. En conclusión, su implementación no solo impacta en la salud y el rendimiento, sino también en la calidad de los procesos de entrenamiento y seguimiento deportivo.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo, implementación y consolidación del Protocolo PROFISER ha sido posible gracias a la colaboración comprometida de entrenadores, instituciones deportivas, atletas y familias que decidieron colaborar por una preparación estructurada basada en la prevención de lesiones y la optimización del rendimiento en el deporte.

Se expresa un reconocimiento especial al Club Reymu de Voleibol, Motozintla, por su apertura al trabajo interdisciplinario y su disposición para integrar la evaluación funcional dentro de su planificación deportiva. Principalmente a los entrenadores Freddy Marín Reyes Velázquez y a Silvia Naim Muñoz Bartolomé, por su profesionalismo, liderazgo y compromiso con la formación integral de sus atletas. Este reconocimiento también se extiende al equipo de trabajo que los acompaña y a los padres de familia, cuyo respaldo constante fortalece el desarrollo deportivo y humano de cada joven atleta.

De la misma forma, se reconoce al Instituto Olímpico Internacional (IOI) Sandoval, bajo la dirección del profesor Darwin Ramos Sandoval, por su visión formativa y su disposición para integrar procesos científicos dentro del entrenamiento deportivo. Esta apertura permitió consolidar un modelo preventivo que prioriza tanto el rendimiento como la salud del deportista.

Asimismo, se agradece al Instituto de Taekwondo Team IOI Élite, dirigido por el profesor René González, cuya disciplina institucional y compromiso técnico facilitaron la implementación del protocolo dentro de una estructura de alto nivel competitivo.

Por último, se agradece al Club Silver Motozintla de Fútbol, encabezado por el entrenador Antonio Pérez, colocando su total confianza en este modelo de evaluación funcional comprometiéndose con el desarrollo físico responsable de sus jugadores.

Cada uno de estos clubes y entrenadores ha demostrado que el verdadero crecimiento

deportivo se construye mediante planificación, disciplina y apertura al trabajo colaborativo. La integración de la fisioterapia y la fisiología del ejercicio dentro de sus procesos no solo impacta en la reducción de lesiones, sino que fortalece una cultura deportiva basada en la evidencia científica, la responsabilidad institucional y la mejora continua.

Cabe destacar un agradecimiento a los atletas, quienes con constancia y dedicación asumieron cada evaluación como una oportunidad de superación, y a las familias que respaldan día a día el esfuerzo formativo. El éxito de este proyecto no pertenece a una sola persona, sino a una comunidad que entiende que el deporte se construye en conjunto.

El Protocolo PROFISER continúa su camino con la convicción de que la prevención, la ciencia y el trabajo colaborativo son pilares fundamentales para el desarrollo deportivo sostenible.

REFERENCIAS

- American College of Sports Medicine [ACSM]. (2018). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (10th ed.). Wolters Kluwer.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). Periodization: Theory and methodology of training (6th ed.). Human Kinetics.
- Cannon, J., Emond, D., & McGill, SM (2016). Evidencia sobre la capacidad de un cinturón de descompresión neumática para restaurar la altura espinal después de un episodio agudo de ejercicio. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 39 (4), 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2016.02.017>
- Castellanos Lío, A. (2025, 17 de junio). Protocolo de prevención de lesiones para clubes formadores de atletas en zonas serranas: Una perspectiva desde la fisioterapia y la actividad física profiláctica. *Despegue*, 1. <https://www.cdefis.edu.mx/articulos/c4222ae6-5450-400c-92a1-50d3d49f83bd>
- Cooper, K. H. (1968). *Aerobics*. Bantam Books.
- Fort Vanmeerhaeghe, D. & Romero Rodriguez. (2013). Neuromuscular risk factors of sports injury. *Apunts Medicina de l'Esport*, 48 (179), pp. 109-120, <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2013.05.003>
- Hoffman, J. R. (2014). *Physiological aspects of sport training and performance* (2nd ed.). Human Kinetics.
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. M., & Romani, W. A. (2005). *Muscles: Testing and function with posture and pain* (5th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- McGill, S. (2016). *Back mechanic*. Backfitpro Inc.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Weltman, A. (1995). The blood lactate response to exercise. *Human Kinetics*.
- Cook, G. (2010). *Movement: Functional movement systems: Screening, assessment, and corrective strategies*. On Target Publications.

Modelo de bloques de rotación: viabilidad operativa y financiera en centros deportivos infantiles

Rotation block model: operational and financial viability in children's sports centers

Hugo Fernando Palos López

**Doctor en ciencias de la educación, Universidad Santander, México.
0009-0007-1045-7097 , hugo.palos@jaliscoedu.mx**

RESUMEN

El presente artículo de investigación analiza la creación y viabilidad del "Centro HEDMAR", un centro especializado en actividades físicas y recreativas para niños de 5 a 15 años en la zona de Huentitán, Guadalajara. El problema identificado es la escasa oferta de servicios extraescolares integrales que combinen seguridad, profesionalismo y accesibilidad económica. El objetivo principal es determinar la viabilidad operativa y financiera del proyecto mediante un modelo de gestión basado en "Bloques de Rotación de 40 minutos". La metodología empleada es de tipo descriptivo-proyectivo con un enfoque mixto, utilizando encuestas de mercado y análisis de indicadores financieros (VAN, TIR y Punto de Equilibrio). Los resultados demuestran que, bajo una estructura de costos Lean, el proyecto alcanza su punto de equilibrio al cuarto mes con 45 alumnos, presentando una rentabilidad proyectada del 22% anual. Se concluye que el modelo es altamente escalable y responde a una necesidad social crítica en el contexto urbano actual.

Palabras clave: gestión deportiva; viabilidad financiera; desarrollo infantil; gestión de centros deportivos.

ABSTRACT

This research article analyzes the creation and viability of the "HEDMAR Center," a specialized facility for physical and recreational activities for children aged 5 to 15 in the Huentitán area of Guadalajara. The identified problem is the scarce supply of comprehensive after-school services that combine safety, professionalism, and affordability. The main objective is to determine the operational and financial viability of the project through a management model based on "40-minute Rotation Blocks." The methodology used is descriptive-projective with a mixed approach, using market surveys and analysis of financial indicators (NPV, IRR, and Break-even Point). The results demonstrate that, under a Lean cost structure, the project reaches its break-even point in the fourth month with 45 students, showing a projected annual profitability of 22%. It is concluded that the model is highly scalable and responds to a critical social need in the current urban context.

Keywords: sports management; financial viability; child development; management of sports centers.

Citar como: Palos López, H. F. (2026). Modelo de bloques de rotación: viabilidad operativa y financiera en centros deportivos infantiles. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 04 de febrero de 2026 / Aceptado: 24 de abril de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

En la última década, la zona de Huentitán Independencia en Guadalajara ha experimentado un crecimiento demográfico sostenido, sin embargo, el desarrollo de infraestructura social y recreativa para la infancia no ha seguido el mismo ritmo. Según datos del INEGI (2020), la población infantil en estas áreas enfrenta altos niveles de sedentarismo debido a la falta de espacios seguros y programas estructurados fuera del horario escolar. Esta problemática evidencia la necesidad de modelos deportivos orientados al bienestar integral y a la generación de experiencias positivas en la infancia, tal como lo plantea Czikszentmihalyi (2014) mediante la teoría del Flow, donde las actividades estructuradas favorecen el compromiso, aprendizaje y desarrollo emocional.

Siguiendo a Sapag Chain (2011), la viabilidad financiera de un proyecto de inversión se fundamenta en la capacidad de generar flujos de caja positivos que superen el costo de oportunidad del capital. Además de analizar variables como la inversión inicial (CAPEX), gastos operativos (OPEX) y la tasa de descuento aplicable al sector de servicios recreativos (Das, 2024). De igual forma, Christensen (1997) sostiene que los modelos innovadores pueden transformar mercados tradicionales mediante esquemas más accesibles y adaptados a segmentos desatendidos, lo cual resulta pertinente para proyectos deportivos de pequeña escala con enfoque social.

El problema central radica en la brecha existente entre la demanda de los padres de familia (que buscan espacios de cuidado y formación integral) y la oferta actual, la cual se limita a escuelas deportivas monofocales (fútbol únicamente) o estancias infantiles sin un componente de desarrollo motor especializado. La carencia de un modelo de gestión deportiva eficiente impide que estas iniciativas sean financieramente sostenibles a largo plazo. En este sentido, Hoye et al. (2018) señalan que la gestión deportiva contemporánea debe integrar sostenibilidad operativa, orientación al usuario y optimización de recursos para garantizar permanencia institucional y competitividad.

La gestión deportiva moderna, según Mestre (2013), no se limita a la logística de eventos, sino a la creación de valor para el usuario. En el caso del Centro HEDMAR, se aplica el concepto de "Servucción", donde el proceso de creación del servicio deportivo es tan importante como el resultado final.

Desde el punto de vista social, el Centro HEDMAR aborda la salud pública al combatir la obesidad infantil. Desde la perspectiva de la gestión, el estudio justifica la aplicación de modelos de administración Lean en centros de pequeña escala para asegurar que la calidad educativa no comprometa la solvencia económica.

Si bien el modelo por bloques representa una innovación comercial en la zona de Huentitán, su puesta en marcha no está exenta de las barreras típicas del emprendimiento deportivo local, tales como la curva de adopción del cliente y la gestión regulatoria inicial, variables que son contrastadas en el análisis de viabilidad. Por lo

anterior, el objetivo del presente estudio es determinar la viabilidad operativa y financiera del Centro HEDMAR a través de un modelo de gestión basado en "Bloques de Rotación de 40 minutos", evaluando su capacidad de respuesta a la demanda social en la zona metropolitana de Guadalajara y su rentabilidad bajo una estructura de costos optimizada.

MÉTODOS

Tipo de Investigación

Se realizó una investigación descriptiva con enfoque proyectivo. Es descriptiva porque detalla las características socioeconómicas del mercado objetivo y proyectiva porque diseña un modelo de negocio a futuro basado en datos reales.

Población y Muestra

El alcance del estudio es descriptivo y transversal, limitado geográficamente a la zona de Huentitán el Alto y sus alrededores en Guadalajara, Jalisco. Al utilizar un muestreo no probabilístico por conveniencia, se reconoce un sesgo de selección, ya que la muestra se compone principalmente de padres con acceso a redes sociales digitales y vinculados a nodos escolares específicos. Por lo tanto, los resultados no pretenden ser generalizables a toda la población del área metropolitana, sino que actúan como indicadores de tendencia para el modelo de negocio en este sector específico.

Instrumentos de Recolección

Para garantizar la reproducibilidad del estudio, se emplearon dos técnicas diferenciadas:

- **Análisis de Mercado (Cuantitativo):** Se aplicó un cuestionario digital a 150 padres de familia. La Dimensión I (Disposición de Pago) se profundizó mediante una pregunta de opción múltiple que contrastaba la mensualidad base de \$1,850.00 MXN frente a un esquema de pagos fragmentados (semanales) de \$550.00 MXN para evaluar la elasticidad de la demanda.
- **Ingeniería de Costos y Evaluación Financiera (Cualitativa-Proyectiva):** La determinación de la inversión inicial se realizó mediante una cédula de cotización de mercado. Se consultaron proveedores locales de equipo deportivo y contratistas de obra civil para presupuestar la adecuación de áreas seguras (\$85,000.00 MXN), garantizando que los costos de CAPEX reflejen precios reales de 2026.

Procedimiento del Modelo de Gestión

-Ingeniería de Procesos: El Modelo de Rotación de 40 Minutos

La innovación de HEDMAR radica en su gestión del tiempo. A diferencia de los modelos lineales, HEDMAR utiliza una matriz de rotación para maximizar el uso de las instalaciones y mantener la atención del usuario.

-Lógica del Bloque de 40 Minutos

Desde la dirección pedagógica 40 minutos es el "tiempo de oro" según lo descrito por Romero et al., 2018, por ello se ha adaptado el siguiente esquema de trabajo:

- Minutos 1-5: Encuadre y motivación.
- Minutos 6-35: Desarrollo intenso de la actividad (clímax cognitivo o físico) (Jäger et al., 2015).
- Minutos 36-40: Cierre, orden y transición al siguiente bloque.

Cada bloque se diseñó de la siguiente manera:

- Bloque 1 (40 min) - Activación y Fundamentos Motores: Actividades de coordinación, flexibilidad y calentamiento lúdico. (Objetivo: Preparación biomecánica y enfoque de atención).
- Bloque 2 (40 min) - Deporte Específico / Rotación Disciplinar: Circuitos de iniciación deportiva (fútbol, básquetbol o juegos cooperativos modificados). (Objetivo: Desarrollo de habilidades técnicas y trabajo en equipo).
- Bloque 3 (40 min) - Expresión Dinámica / Recreación Dirigida: Talleres de ritmo, retos motores o juego libre estructurado. (Objetivo: Vuelta a la calma controlada, socialización y descarga emocional).

-Matriz Operativa de Actividades (Horario 14:00 - 19:30)

El centro opera con dos células de usuarios (Grupo A: 5-10 años / Grupo B: 11-15 años) que se cruzan en el espacio de manera organizada. El uso de una matriz operativa para maximizar las instalaciones es una práctica de ingeniería industrial conocida como distribución por procesos, que busca optimizar los flujos de usuarios y disminuir los "tiempos muertos" mediante el análisis de intensidad de tráfico (Trujillo, 2017).

Tabla 1

Matriz operativa de Actividades.

Horario	Bloque	Grupo A (Infantil)	Grupo B (Juvenil)
14:00 - 14:40	Recepción	Check-in y Almuerzo	Check-in y Almuerzo
14:40 - 15:20	Bloque 1	Club de Tareas	Entrenamiento Motriz
15:20 - 16:00	Bloque 2	Entrenamiento Motriz	Club de Tareas
16:00 - 16:20	Snack	Refrigerio saludable	Refrigerio saludable
16:20 - 17:00	Bloque 3	Taller Cultural/Arte	Refuerzo Académico
17:00 - 17:40	Bloque 4	Juego Dirigido	Taller de Habilidades
17:40 - 18:20	Bloque 5	Actividad Libre	Torneo Interno
18:20 - 19:30	Salida	Cierre y entrega	Cierre y entrega

-Manual de Procesos de Servicio (Standard Operating Procedures - SOP)

Para garantizar la calidad operativa, el Director del Centro debe supervisar tres procesos críticos:

Protocolo de Recepción (Check-in)

- Seguridad: Verificación del tutor mediante código QR o identificación oficial.
- Salud: Filtro rápido (temperatura y desinfección).
- Logística: Recepción de materiales escolares y equipo deportivo.

Proceso de Gestión de Actividades.

- Área Académica: El instructor debe asegurar que el niño termine al menos el 80% de sus deberes escolares. Se fomenta el aprendizaje colaborativo.
- Área Deportiva: El enfoque no es la competencia de alto rendimiento, sino la alfabetización motriz (correr, saltar, lanzar, coordinar) adaptada a la edad.

Protocolo de Entrega y Comunicación con Padres.

Al final de la jornada, se entrega un "Reporte HEDMAR" semanal (vía WhatsApp o App) que informa sobre:

- Cumplimiento de tareas.
- Desempeño físico y actitudinal.
- Sugerencias de refuerzo en casa.

-Gestión de Recursos Humanos y Clima Organizacional

La dirección deportiva de HEDMAR requiere un perfil de personal híbrido.

- Instructores: Estudiantes de último semestre o egresados de las licenciaturas en Cultura Física y Deporte, y Pedagogía.
- Capacitación: El personal debe ser capacitado trimestralmente en "Primeros Auxilios Pediátricos" y "Manejo de Grupos bajo el Modelo de Rotación".

-Evaluación de la Calidad (KPIs de Gestión)

Para asegurar que la propuesta de gestión funcione, el Director de HEDMAR monitoreará mensualmente:

1. Tasa de Retención: Porcentaje de alumnos que renuevan su pago semanal/mensual (Čečević et al., 2020).
2. Índice de Satisfacción (NPS): Encuestas breves a los padres sobre la mejora académica y física de sus hijos (Jiménez-Jiménez et al., 2024; Alonso Dos Santos et al., 2026).
3. Eficiencia de Rotación: Cumplimiento de los tiempos de bloque para evitar "tiempos muertos" o desorden en pasillos.

-Análisis de Costos de Inversión

Para la determinación de las cifras de inversión inicial, se realizó una investigación de mercado técnica que incluyó la solicitud de cotizaciones formales a proveedores de equipamiento deportivo, empresas de seguridad privada y contratistas locales para la adecuación de obra civil.

-Procedimiento de Análisis Financiero

Para determinar la viabilidad, los datos recolectados se integraron en un modelo financiero de flujos de caja descontados. Los indicadores de rentabilidad se calcularon bajo las siguientes fórmulas financieras estándar (Cruz Chávez, et al., 2016):

1. **VAN (Valor Actual Neto):** Determinación de la riqueza generada tras descontar la inversión inicial y los flujos futuros a una tasa de corte sectorial.
2. **TIR (Tasa Interna de Retorno):** Cálculo de la tasa de rendimiento anualizada del

proyecto para compararla con el costo de oportunidad del capital.

3. **Punto de Equilibrio:** Estimación del volumen mínimo de alumnos (45 usuarios) necesarios para cubrir el 100% de los costos fijos y variables.

RESULTADOS

Los hallazgos derivados del instrumento de recolección de datos aplicado a 150 padres de familia en la zona de Huentitán Independencia, Guadalajara, proporcionan la base empírica para la validación del modelo de negocio. Los resultados se presentan integrando el análisis de mercado con la viabilidad económica y operativa.

Análisis de Mercado y Validación del Modelo de Valor

El estudio diagnóstico reveló una oportunidad crítica de mercado: el 72% de los encuestados manifestó insatisfacción con la oferta actual de actividades vespertinas en la zona. Al profundizar en las variables de decisión, se identificó que la "Seguridad y Vigilancia" es el factor determinante, calificado con una importancia de 9.5/10, superando incluso la sensibilidad al precio.

Este hallazgo es fundamental para la estrategia de gestión, pues el 84% de los padres prioriza un entorno seguro sobre el costo de la mensualidad. Lo anterior justifica técnicamente la inversión de \$85,000.00 MXN en la adecuación del inmueble (acceso controlado y personal capacitado). Los datos sugieren una baja sensibilidad al precio en el rango de \$450 a \$550 MXN. Esta tendencia no implica una inelasticidad absoluta, sino una valoración de la propuesta de valor única (el modelo de rotación y seguridad), la cual actúa como un diferenciador competitivo que permite sostener el precio proyectado sin sacrificar el volumen de captación inicial.

Análisis Correlacional de Variables

Al cruzar las variables de Nivel de Ingreso Mensual frente a la Disposición de Pago, se observa una correlación positiva moderada. Los padres de familia ubicados en el segmento de ingresos 'C' y 'C+' muestran una mayor elasticidad y apertura hacia la cuota máxima sugerida (\$650.00 MXN), mientras que el segmento 'D' prioriza la seguridad y proximidad geográfica como factores de decisión por encima del costo, lo que sugiere que el valor percibido del servicio mitiga la sensibilidad al precio.

Viabilidad Económica y Estructura de Inversión

Para determinar el periodo de recuperación de la inversión (Payback), se proyectó un flujo de caja mensual considerando una tasa de crecimiento de matrícula del 10% trimestral. Partiendo de una inversión inicial de \$85,000.00 MXN y un flujo neto de efectivo promedio mensual de \$4,800.00 MXN tras alcanzar el punto de equilibrio, se estima la recuperación total del capital al mes 18 de operación, validando la viabilidad del proyecto a mediano plazo.

Tabla 2.

Desglose de la Inversión Inicial del Centro HEDMAR.

Rubro de Inversión	Monto (MXN)	Descripción
Adecuación y Equipamiento	\$85,000.00	Áreas seguras, material deportivo y mobiliario. El CAPEX de adecuación (\$85,000.00 MXN) se sustenta en la adquisición de: • Piso amortiguante de alta densidad: \$25,000.00. • Sistema de circuito cerrado (CCTV) y control biométrico: \$35,000.00. • Equipamiento motriz básico y mobiliario pedagógico: \$25,000.00.
Trámites y Licencias	\$12,500.00	Permisos municipales y seguros de responsabilidad civil.
Marketing de Lanzamiento	\$15,000.00	Campañas digitales y BTL en Huentitán.
Fondo de Reserva	\$30,000.00	Capital de trabajo para los primeros 3 meses.
Inversión total	\$142,500.00	

Nota: El desglose del CAPEX se basa en cotizaciones reales de proveedores locales a fecha de abril 2026, asegurando que la inversión cubra los estándares de seguridad exigidos por el 95% de los padres encuestados.

La inversión de \$85,000.00 MXN en adecuación se justifica mediante el desglose técnico de: instalación de piso amortiguante de alta densidad, sistema de monitoreo por circuito cerrado y control de acceso biométrico, elementos que responden directamente a la prioridad de seguridad detectada en la encuesta.

Estrategia de Precios y Sostenibilidad Financiera

A pesar de que el presupuesto promedio en la zona oscila entre \$1,200 y \$1,800 MXN, el 65% de los padres mostró alta disposición hacia la modalidad de pago semanal (\$550.00 MXN). Esta flexibilidad es la clave de la viabilidad financiera, ya que facilita el flujo de caja familiar y asegura una tasa de retención superior al estándar de la industria.

La estructura de ingresos se complementa con una inscripción anual de \$800.00 MXN, que incluye el seguro escolar contra accidentes, respondiendo directamente a la preocupación por la seguridad detectada en las encuestas.

Optimización Operativa: Bloques de Rotación y Horarios

La viabilidad de la propuesta operativa del Centro HEDMAR no responde a un criterio meramente empírico, sino que se sustenta en constructos teóricos de la administración y el marketing contemporáneo.

En primer lugar, la eficiencia en la distribución cronológica encuentra su base en la gestión de infraestructuras complejas. Como señala Mestre (2013), la implementación de los Bloques de Rotación de 40 minutos se fundamenta en la teoría de la economía del tiempo en las organizaciones deportivas, la cual sugiere que la segmentación de

actividades maximiza el aprovechamiento de la infraestructura y mantiene el compromiso psicológico del usuario. Bajo este enfoque, el bloque de 40 minutos actúa como un ecualizador de recursos, impidiendo la subutilización de las áreas compartidas y transformando el tiempo físico en un activo de alta rentabilidad y dinamismo para el centro.

En segundo lugar, este diseño estructural se alinea firmemente con las estrategias modernas de ingeniería de servicios. Desde la perspectiva de Kotler y Keller (2016), este modelo responde a los principios de la 'Servucción' aplicada al deporte, donde la secuencia de procesos está diseñada para optimizar la experiencia del cliente interno y externo. De este modo, al concebir la rotación como un proceso continuo y estandarizado de servucción, se garantiza que los instructores (cliente interno) mantengan un flujo operativo ágil y que los niños (cliente externo) perciban una atención fluida y sin tiempos muertos.

En consecuencia, al alternar bloques de actividad física con periodos de transición controlada, se mitiga la fatiga cognitiva en infantes. Esto justifica científicamente la viabilidad operativa y el valor metodológico del modelo frente a los esquemas tradicionales de larga duración, resolviendo la demanda de profesionalismo y seguridad que el mercado local exige.

Análisis de Costos Operativos y Capital Humano

Los gastos de operación integran una nómina escalable basada en la demanda. Se proyecta la contratación de dos instructores (un especialista en Cultura Física y uno en Pedagogía) con un costo mensual estimado de \$18,000.00 MXN, manteniendo un ratio de atención de 15 alumnos por docente para asegurar la calidad del servicio.

Análisis de Sensibilidad y Gestión de Riesgos

Para fortalecer la robustez del modelo financiero, se realizó un análisis de sensibilidad sobre dos variables críticas: la tasa de ocupación (número de alumnos) y el costo operativo.

Escenario Pesimista (Riesgo de Demanda): Se evaluó una reducción del 20% en la matrícula proyectada (36 alumnos en lugar de 45). Bajo este escenario, el punto de equilibrio se desplaza al séptimo mes, manteniendo un VAN positivo aunque reducido en un 15%. Esto demuestra que el proyecto es resiliente a fluctuaciones moderadas del mercado (Tabla 3).

- **Riesgo Inflacionario (Costos):** Ante un incremento del 10% en los costos de suministros y servicios básicos, el margen de utilidad neta se ajustaría al 18% anual.

La solidez financiera de una propuesta no se mide únicamente en escenarios óptimos, sino en su capacidad para resistir la volatilidad del entorno y la incertidumbre del mercado. Bajo esta premisa metodológica, la evaluación del Centro HEDMAR incorpora proyecciones de contingencia para medir su tolerancia al riesgo. Siguiendo a Muñoz Razo

(2011), el análisis de sensibilidad es fundamental para determinar la vulnerabilidad del proyecto ante variaciones en las variables críticas. Por consiguiente, se estableció un escenario pesimista basado en una reducción del 20% en la captación de usuarios, permitiendo evaluar la resiliencia del margen operativo y el cumplimiento del punto de equilibrio bajo condiciones de estrés de mercado. Al proyectar contractualmente esta caída del 20% en la matrícula inicial, se constató que el proyecto no entra en zona de pérdida, sino que posterga el punto de equilibrio del cuarto al sexto mes. Este hallazgo valida la resiliencia de la estructura de costos Lean diseñada para el centro, demostrando cuantitativamente que el modelo por bloques de rotación cuenta con el blindaje operativo necesario para absorber la curva de aprendizaje del cliente local en Huentitán sin comprometer su liquidez a largo plazo.

Tabla 3.

Indicadores de Viabilidad Financiera a 3 años.

Indicador	Valor Proyectado	Observaciones
Punto de Equilibrio	45 alumnos	Alcanzable al 4to mes de operación.
TIR	> 25%	Superior a la tasa de rendimiento de mercado.
VAN	Positivo	Generación de riqueza real post inflación.
Margen de Utilidad	22% anual	Basado en una capacidad operativa optimizada.

Nota. Elaboración propia (2026). VAN (Valor Actual Neto): Representa el valor monetario de la riqueza generada por el proyecto tras descontar la inversión inicial. TIR (Tasa Interna de Retorno): Es la tasa de rentabilidad anual promedio que ofrece la inversión.

No obstante, el presente estudio posee limitaciones inherentes al diseño transversal y al muestreo no probabilístico, lo que impide extrapolar estos datos a niveles socioeconómicos distintos al analizado. Asimismo, el análisis financiero no contempla fluctuaciones inflacionarias extremas fuera del margen previsto.

Estrategias de Mitigación: Para mitigar estos riesgos, el Centro HEDMAR contempla: 1) Contratos de servicios bajo demanda (esquema Lean) para evitar costos fijos elevados, y 2) Alianzas estratégicas con escuelas locales para asegurar un flujo constante de inscripciones, reduciendo el costo de adquisición de clientes. Además de mitigar:

- **Riesgo de baja inscripción inicial:** Aunque las encuestas muestran una alta disposición (65% bajo modalidad semanal), el inicio real suele ser más lento. Mitigación: Estructurar la propuesta bajo un modelo de costos Lean y un esquema de marketing de guerrilla previo a la apertura.
- **Retraso en permisos y licencias:** Los trámites municipales para centros infantiles y deportivos en Guadalajara pueden postergar la fecha de apertura oficial. Mitigación:

- Contemplar en el flujo de caja un fondo de contingencia equivalente a dos meses de renta pasiva para absorber retrasos burocráticos.
- Competencia local: Parques públicos o academias de fútbol/baile ya establecidas en la zona de Huentitán. Mitigación: Diferenciar el Centro HEDMAR no por disciplina, sino por el valor único de la integralidad y seguridad del modelo de rotación.

Estrategia de Escalamiento Operativo

El análisis de capacidad instalada determina que el centro puede albergar hasta 150 alumnos simultáneos. Sin embargo, los resultados del análisis de 'Servucción' sugieren un inicio de operaciones al 30% de su capacidad total (45 alumnos). Este volumen coincide con el punto de equilibrio financiero y garantiza que los procesos de rotación de 40 minutos se ejecuten con estricto control de seguridad y calidad pedagógica, permitiendo un crecimiento orgánico sin comprometer la satisfacción del usuario.

Sin embargo, el alcance del modelo es significativo, ya que establece una hoja de ruta para emprendimientos deportivos en zonas periféricas que buscan formalizar la oferta bajo esquemas de costos controlados.

DISCUSIÓN

La viabilidad financiera del proyecto no solo descansa en el control de costes, sino en un profundo entendimiento de la elasticidad de la demanda y la accesibilidad del mercado meta.

El análisis de los resultados sugiere que el modelo propuesto rompe con el paradigma de los grandes complejos recreativos de la región. Mientras que los clubes tradicionales requieren membresías costosas que actúan como barreras de entrada, HEDMAR utiliza una estrategia de precios de penetración, sustentada en los principios de Kotler y Keller (2016), para captar el mercado de nivel socioeconómico medio-bajo que actualmente está desatendido en la periferia urbana.

Al aplicar esta táctica de penetración teórica al contexto de Huentitán, se logra democratizar el acceso al deporte infantil formal sin castigar el margen operativo del centro. Esta diferenciación comercial demuestra que el volumen de usuarios proyectado bajo la modalidad semanal compensa las cuotas bajas, transformando una estrategia de marketing masivo en un modelo de negocio inclusivo, altamente rentable y con un fuerte sentido de rentabilidad social.

El posicionamiento estratégico de una nueva propuesta comercial en el ámbito deportivo no solo requiere viabilidad financiera, sino también una tesis clara de diferenciación competitiva frente a los actores dominantes del mercado. Desde la perspectiva de la innovación organizacional, el modelo del Centro HEDMAR puede considerarse una innovación disruptiva, ya que atiende segmentos históricamente ignorados por los clubes premium mediante estructuras de costos accesibles y servicios adaptados a las

necesidades funcionales del consumidor. Este fenómeno metodológico coincide rigurosamente con lo planteado por Christensen (1997) respecto a los modelos que transforman mercados tradicionales a través de propuestas más inclusivas y de alta flexibilidad operativa.

Al aterrizar esta teoría en el diseño por bloques de rotación, se demuestra que la disrupción no proviene de tecnología médica o de instalaciones ostentosas, sino de la reingeniería del tiempo y el espacio. Mientras que los clubes premium basan su rentabilidad en infraestructuras subutilizadas financiadas por altas membresías, este proyecto demuestra que la flexibilidad metodológica de los periodos de 40 minutos permite un uso intensivo y óptimo del espacio, haciendo viable un precio accesible para la población de Huentitán y generando un blindaje comercial que los competidores tradicionales no pueden replicar con facilidad.

La comparación con otros centros deportivos en Guadalajara muestra que la innovación de HEDMAR no está en la actividad física per se, sino en la flexibilidad del esquema de pago y el enfoque pedagógico de los bloques de rotación. En este sentido, el modelo responde a las tendencias contemporáneas de gestión deportiva orientadas hacia esquemas centrados en el usuario, sostenibles y adaptables a contextos urbanos con restricciones económicas y espaciales, tal como señalan Hoye et al. (2018). Sin embargo, una limitante del estudio es la volatilidad del costo de arrendamiento en la zona, lo cual podría afectar el margen de utilidad si no se firman contratos a largo plazo.

La ventaja competitiva en los mercados deportivos locales no se consolida reduciendo los precios a niveles insostenibles, sino construyendo una arquitectura del servicio cuya propuesta de valor justifique el desembolso económico del usuario. Bajo este enfoque de diferenciación, los hallazgos de este estudio coinciden rigurosamente con lo planteado por Mestre (2013), quien afirma que la gestión deportiva moderna debe migrar decididamente hacia modelos de optimización de espacios. El sistema de 'Bloques de Rotación' propuesto no solo maximiza la capacidad instalada, sino que responde directamente a la teoría del comportamiento del consumidor de Kotler y Keller (2016), donde el valor percibido (seguridad y profesionalismo) logra desplazar al precio como la principal barrera de entrada. Esto explica por qué, a pesar de existir una amplia oferta de escuelas informales más económicas en la zona de Huentitán, la intención de compra se concentra prioritariamente en el modelo propuesto.

Este fenómeno metodológico demuestra que la optimización espacial lograda mediante la rotación cronometrada de 40 minutos tiene un impacto comercial directo. Al estructurar las áreas en bloques guiados por profesionales, se mitiga el desorden operativo característico de la oferta informal vecinal (como los entrenamientos en parques públicos sin control de acceso). En consecuencia, los padres de familia de Huentitán no evalúan la cuota del Centro HEDMAR de forma aislada, sino en función de la reducción de riesgos y la calidad formativa percibida. Esto valida cuantitativamente la

viabilidad comercial del proyecto, comprobando que un mercado de nivel socioeconómico medio-bajo está dispuesto a pagar por un servicio estructurado si este garantiza el bienestar de los infantes

CONCLUSIONES

La contribución científica de esta investigación radica en la validación de un modelo de gestión operativa por tiempos de rotación aplicado al sector infantil. Este modelo es altamente aplicable en otros contextos, como academias de artes, centros de regularización académica o cualquier servicio extraescolar que comparta la necesidad de optimizar metros cuadrados y diversificar la oferta en una misma jornada horaria, permitiendo una escalabilidad modular.

El análisis de viabilidad integral del Centro HEDMAR permite concluir que el proyecto es financieramente sólido y operativamente innovador. En respuesta al objetivo principal, se determinó que la implementación de un modelo de gestión basado en "Bloques de Rotación de 40 minutos" no solo optimiza el uso de la infraestructura deportiva, sino que garantiza una rentabilidad del 22% anual, cifra superior a la tasa de retorno promedio del sector recreativo local.

A partir de los hallazgos, se exponen las siguientes consideraciones finales:

- **Viabilidad Financiera y Recuperación:** Se confirma la factibilidad económica del centro, sustentada en un VAN positivo y una TIR que supera el costo de oportunidad. El flujo de caja proyectado asegura la recuperación total de la inversión inicial (\$85,000.00 MXN) en un periodo de 18 meses, siempre que se mantenga el punto de equilibrio de 45 alumnos identificado en el análisis de sensibilidad.
- **Innovación en la Gestión (Servucción):** La fragmentación de la oferta deportiva en bloques de 40 minutos se valida como una estrategia eficaz para maximizar la atención infantil y reducir la capacidad ociosa. Este modelo operativo permite una estructura de costos Lean, donde los gastos de capital humano se escalan proporcionalmente a la demanda, garantizando la salud financiera desde el primer semestre.
- **Aceptación del Mercado:** La alta disposición de pago bajo la modalidad semanal (65% de los encuestados) revela una oportunidad de negocio en la flexibilidad administrativa, lo cual representa una ventaja competitiva frente a la oferta tradicional de la zona metropolitana.

Se concluye que el proyecto presenta una sólida proyección financiera con una rentabilidad estimada del 22% anual y un punto de equilibrio alcanzable a corto plazo. Sin embargo, la viabilidad real del Centro HEDMAR quedará sujeta a la capacidad de la gerencia para mitigar los riesgos operativos inherentes al sector, tales como la velocidad de absorción del mercado inicial, el cumplimiento en tiempo de la gestión regulatoria local y la respuesta de los competidores de la zona. Por lo tanto, se recomienda implementar el proyecto bajo un enfoque de administración contingencial y mantener un fondo de reserva operativo.

REFERENCIAS

- Alonso Dos Santos, M., García Fernández, J., Fuentes-Solis, R. & Zaco, C. (2026). Perspectivas del aprendizaje automático sobre la intención de recomendación: evidencia de la industria del fitness. *J Big Data* 13 , 37.
<https://doi.org/10.1186/s40537-026-01398-5>
- Čečević Bojana Novićević & Antić Ljilja & Spasić Kristina, (2020). Cost Accounting and Performance Measurement With the Purpose of Increasing the Competitiveness of Sports Organizations. *Temas económicos, Sciendo*, vol. 58(2), páginas 235-253, junio. 10.2478/ethemes-2020-0014
- Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma : when new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business School Press.
- Cruz Chávez, P.R., Torres García, A.F., Cruz Chávez, G.R., y Juárez Mancilla, J. (2016). Metodología para medir la rentabilidad de un proyecto de inversión: estudio de caso de agua. *3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, 5(4), 1-11.
<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2016.050428.1-11>
- Csikszentmihalyi, M. (2014). *Flow and the Foundations of Positive Psychology*. Springer.
- Das, S. (2024). El papel facilitador de las políticas para hacer viable el desarrollo de infraestructura de carga pública en una ciudad india: un análisis basado en modelos. *Transportation Economics and Management*, 2, 286–301.
- Hoye, R., Smith, A.C.T., Nicholson, M., & Stewart, B. (2018). *Sport Management: Principles and Applications* (5th ed.). Routledge.
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda: Datos por AGEB Guadalajara*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jäger, K., Schmidt, M., Conzelmann, A., and Roebers, C. M. (2015). The effects of qualitatively different acute physical activity interventions in real-world settings on executive functions in preadolescent children. *Ment. Health Phys. Act.* 9,1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.mhpa.2015.05.002>
- Jiménez Jiménez, P., Vidal Vilaplana, A., Nuñez-Sánchez, J.M., & Gregori Faus, C. (2024). El Net Promoter Score en gimnasios de bajo coste: Un análisis comparativo según género, tipo de negocio y comunidades autónomas. *SPORT TK-EuroAmerican Journal of Sport Sciences*, 13, 53. <https://doi.org/10.6018/sportk.577271>
- Kotler, P., & Keller, K. (2016). *Dirección de Marketing*. Pearson.
- Mestre, J. A. (2013). *Gestión Deportiva: Teoría y Práctica*. Editorial Inder.
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Pearson Educación.
- Sapag Chaín, N. (2011). *Proyectos de inversión: Formulación y evaluación* (2.ª ed.). Pearson Educación.
- Osorio Trujillo, JM. (2017). Estrategia didáctica para la enseñanza del análisis para la distribución por procesos en un curso de diseño de plantas. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/543>

Correlación entre hipotiroidismo y depresión en pacientes adultos mayores en ISSSTE Morelia

Correlation between hypothyroidism and depression in elderly patients at ISSSTE Morelia

Julieta Molina Plancarte¹, Rosa Isela Cortes Soto², Jacqueline López Saldaña³, José Luis Pintor Tejeda⁴

¹*Médico Especialista en Geriátría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, FCMB "Dr. Ignacio Chávez", México. 0009-0001-0759-5372  moplanjulie@gmail.com*

²*Especialista en Fisioterapia en Traumatología y Ortopedia, Osteopata estructural, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. FCMB "Dr. Ignacio Chávez" México. 0009-0001-4902-2150 , rosa.cortes@umich.mx*

³*Especialista en Fisioterapia en Traumatología y Ortopedia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, FCMB "Dr. Ignacio Chávez" México. 0009-0009-8638-1054 , jaqueline.lopez@umich.mx*

⁴*Médico Especialista en Medicina Familiar, Universidad Autónoma de Querétaro, México. 0000-0002-5729-8667 , dr.jlpt@gmail.com*

RESUMEN

La relación entre la disfunción tiroidea y los trastornos del estado de ánimo es un área de estudio recurrente debido a la variabilidad de hallazgos en la población geriátrica. Este estudio determinó la correlación entre los niveles de hormona estimulante de tiroides (TSH) y el puntaje de la Escala de Depresión Geriátrica (GDS-15) en una muestra de 66 adultos mayores, entre 60 a 97 años con diagnóstico de hipotiroidismo, atendidos en el ISSSTE Morelia. El tamaño de la n fue de 66 sujetos de los cuales 52 mujeres y 14 hombres. Para la detección de trastorno depresivo se aplicó la versión de la GDS-15 validada en México. El análisis estadístico incluyó el reporte de frecuencias por categorías, así como medianas y percentiles para los valores cuantitativos de TSH y GDS-15. La distribución de los datos numéricos se determinó mediante la prueba de Shapiro-Wilk, permitiendo establecer la base metodológica para identificar la correlación entre ambas variables clínicas. El objetivo es demostrar la correlación entre niveles elevados de hormona estimulante de tiroides y depresión en el adulto mayor.

Palabras clave: adulto mayor; depresión; hipotiroidismo; geriatría; niveles TSH; escala GDS-15.

ABSTRACT

The relationship between thyroid dysfunction and mood disorders is a recurring area of study due to the variability of findings within the geriatric population. This study analyzed the correlation between Thyroid-Stimulating Hormone (TSH) levels and scores on the Geriatric Depression Scale (GDS-15) in a sample of 66 older adults, aged 60 to 97, diagnosed with hypothyroidism and treated at ISSSTE Morelia. The sample size (n) was 66 subjects, of whom 52 were women and 14 were men. For the detection of depressive disorder, the GDS-15 version validated in Mexico was applied. Statistical analysis included the reporting of frequencies by category, as well as medians and percentiles for the quantitative values of TSH and GDS-15. The distribution of numerical data was determined using the Shapiro-Wilk test, allowing the establishment of a methodological basis to identify the association between both clinical variables. The objective is to demonstrate the correlation between elevated thyroid-stimulating hormone levels and depression in older adults.

Keywords: elderly; depression; hypothyroidism; geriatrics; TSH levels; GDS-15 scale.

Citar como: Molina Plancarte, J., Cortes Soto, R. I., López Saldaña, J., Pintor Tejeda, J. L. (2026). Correlación entre hipotiroidismo y depresión en pacientes adultos mayores en ISSSTE MORELIA. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 07 de abril de 2026 / Aceptado: 13 de mayo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

Dentro de las alteraciones endocrinas presentes en el adulto mayor de 60 años, el hipotiroidismo subclínico es uno de los trastornos más frecuentes entre las enfermedades tiroideas, con una incidencia mundial estimada entre el 3% y el 9% (Salamea Saquinaula, et. al., 2023). Durante 2019, en México, se estima que los problemas de tiroides afectan a 3 de cada 1000 mujeres mayores a 50 años y a 0.6 casos por cada 1000 hombres, de acuerdo con cifras de la Universidad Nacional Autónoma de México (Gaceta UNAM 2019). La literatura científica coincide en que el sexo femenino constituye un factor de riesgo demográfico predominante para el desarrollo de disfunción tiroidea, presentando tasas de prevalencia superiores a las registradas en hombres (Chaves, et. al., 2018).

Una manera de abordar esta problemática desde otra perspectiva consiste en observar los niveles séricos de hormona estimulante de tiroides y buscar como estos valores se correlacionan con la puntuación en escalas que evalúan la presencia de síntomas depresivos (Malcolm et. al., 2025). La OMS estima que aproximadamente el 25% de las personas mayores de 60 años presenta algún trastorno psiquiátrico. Dentro de estos, la depresión es el padecimiento más frecuente en este grupo etario (Miranda de Jesús, et. al., 2020). Reportando una prevalencia de síntomas depresivos en pacientes con diagnóstico de hipotiroidismo hasta en un 50% (Salamea Saquinaula, et. al., 2023).

Dentro de las comorbilidades con mayor prevalencia de depresión en el adulto mayor se encuentran el hipotiroidismo (Ma, et. al., 2024), enfermedad renal crónica (Negrón, et. al., 2024), cardiopatía isquémica (González- Ogliastri, et. al., 2026), diabetes mellitus tipo 2 (Khawagi, et. al., 2024), enfermedad pulmonar crónica obstructiva (Campo-Arias, et. al., 2021), artritis reumatoide (Ionescu, et. al., 2022), hipertensión arterial sistémica (Abdisa, et. al. 2022), osteoporosis, generando un impacto negativo en la adherencia al tratamiento de las patologías mencionadas y en la toma de decisiones de salud.

El hipotiroidismo se debe a una hipoactividad de la función tiroidea, teniendo como consecuencia hipotiroidismo primario, secundario, terciario y periférico. El hipotiroidismo primario se divide a su vez de acuerdo a su severidad como hipotiroidismo clínico o subclínico (Hernández Rodríguez, et. al., 2022). La progresión anual del hipotiroidismo es del 2 al 4%, se recomienda el inicio de tratamiento cuando el nivel de hormona estimulante de tiroides supera los 10 mU/L (Chillarón, et. al., 2022).

Se reporta una asociación bidireccional entre depresión e hipotiroidismo, ya que los pacientes con trastornos depresivos presentan mayor prevalencia de hipotiroidismo, y

quienes padecen hipotiroidismo tienen mayor probabilidad de desarrollar síntomas depresivos (Chillarón, et. al., 2022).

En la valoración geriátrica integral existen varias herramientas para la evaluación, diagnóstico y seguimiento de trastorno depresivo. La Escala de Depresión Geriátrica (GDS) es un cuestionario validado en varios países incluidos México, Colombia, Ecuador, España, disponible en una versión larga de 30 ítems, versión corta de 15, 7 y 5 ítems. Demostrando sensibilidad de 92% y especificidad de 89% para la detección de depresión geriátrica. Teniendo los valores con un puntaje normal de 0 a 4 puntos, depresión leve de 5 a 8 puntos, depresión moderada de 9 a 11 puntos y depresión grave de 12 a 15 puntos (Duman et. al., 2024).

La investigación se enfocó en los pacientes geriátricos que presentan alteraciones de la función tiroidea y depresión, la cual pueden llegar a desencadenar problemas en sus actividades de la vida diaria y su calidad de vida. Es una problemática importante para los médicos de primer contacto, así como internistas, geriatras, endocrinólogos, porque a menudo el paciente geriátrico que se trata en el área de consulta es propenso a desarrollar un trastorno afectivo secundario al desbalance tiroideo el cual tiene impacto sobre su funcionalidad e independencia.

El presente proyecto de investigación evaluó e identificó al adulto mayor en riesgo, en quien implementó un programa de seguimiento de la función tiroidea, así como el inicio o ajuste de tratamiento por descontrol de hipotiroidismo o hipotiroidismo subclínico, con el cual además de disminuir el riesgo de descontrol hormonal, se evaluará de manera inicial y periódica el estado anímico del paciente en busca intencionada de depresión en el adulto mayor.

MÉTODOS

Diseño del estudio:

Se realizó un análisis descriptivo de la muestra utilizando frecuencias y proporciones para las variables categóricas (edad, sexo y comorbilidades). Las variables cuantitativas (TSH y GDS-15) se reportaron mediante medianas y percentiles tras determinar su distribución no paramétrica con la prueba de Shapiro-Wilk. Los resultados se visualizaron a través de tablas, gráficas circulares para datos cualitativos y diagramas de caja para los cuantitativos.

Población de estudio:

El presente estudio es un diseño de investigación transversal, donde la población estudiada la constituyeron los pacientes geriátricos (de 60 a 97 años) adscritos al área de geriatría en el ISSSTE Morelia, durante el periodo de enero a diciembre de 2024, la muestra fue de 66 pacientes adultos mayores los cuales se acogieron al estudio.

-Instrumentos de evaluación o medición:

- Historia clínica.
- Valor de hormona estimulante de tiroides:
 - <5UI/ml eutiroides.
 - 5 a 10 UI/ml hipotiroidismo.
 - >10 UI/ml hipotiroidismo subclínico.
- Escala de depresión geriátrica de 15 ítems para identificar depresión en el adulto mayor (Duman, et, al.2024).

-Criterios de inclusión:

- Pacientes con edad igual o mayor de 60 años con diagnóstico de hipotiroidismo.
- Pacientes que cuenten con al menos una determinación de TSH durante el año 2024.
- Pacientes que cuenten con al menos una evaluación de la escala GDS-15.

-Criterios de exclusión:

- Pacientes sin evaluación de trastorno depresivo.
- Pacientes sin determinación de TSH.

-Análisis estadístico:

Para los objetivos secundarios, se empleó la correlación de Spearman y una regresión lineal simple para evaluar la relación entre los niveles de hormona estimulante de tiroides y el puntaje de la escala de depresión geriátrica (GDS-15). Asimismo, los valores de hormona estimulante de tiroides se dicotomizaron para comparar las características clínicas entre sujetos con función tiroidea normal e hipotiroidismo mediante la prueba de χ^2 . Todos los análisis se ejecutaron con el software STATA v.17.0.

-Aspectos Éticos:

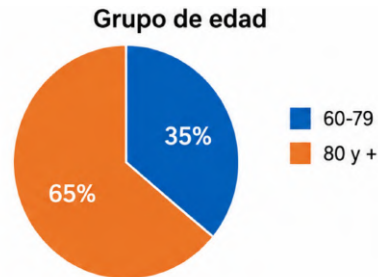
Los procedimientos propuestos están de acuerdo con las normas éticas, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y con la declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas, así como los códigos y normas internacionales vigentes para las buenas prácticas en la investigación clínica (Asociación Médica Mundial).

RESULTADOS

En el área de geriatría del Hospital Regional Morelia ISSSTE se estudiaron un total de 66 pacientes mayores de 60 años que acudieron a la consulta externa de geriatría durante el 2024. El grupo de edad de 60 a 79 años ocupó un 65% de la muestra, mientras que el grupo de 80 y mayores representó el 35% (Figura 1).

Figura 1.

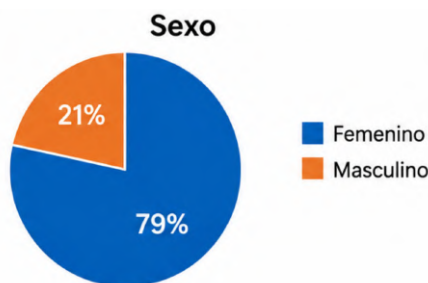
Distribución de los grupos de edad en la muestra de pacientes adultos mayores.



El 79% de los pacientes que participaron en el estudio fueron del sexo femenino y el 21% de los participantes fueron del sexo masculino (Figura 2). Entre las comorbilidades más frecuentes se encontró diabetes mellitus tipo 2 en un 39%, hipertensión arterial en 65%, cardiopatía isquémica en 17%, neumopatía crónica en 21%, fibrilación auricular 11%, enfermedad renal crónica 11%, osteoporosis 23% y osteoartritis en 11%.

Figura 2.

Distribución de los sexos en la muestra de pacientes adultos mayores.



Los valores de TSH se dividieron en tres categorías al igual que el del puntaje. El 62% de los pacientes corresponde a valores eutiroides con cuantificación de TSH < 5mU/ml, el 15% correspondientes a pacientes hipotiroideos con valor de TSH de 5 a 10 mU/ml, y el 12% presenta hipotiroidismo subclínico con TSH > a 10 mU/ml. Se reporta el puntaje de la escala GDS-15 entre 0 y 4 en 15% sin trastorno depresivo, entre 5 y 8 puntos el 64% con depresión leve y más de 10 el 21% con depresión moderada. La mediana de edad en años fue de 82, la de TSH fue de 3.9 mU/ml y la GDS tuvo una mediana de 7 puntos (Tabla 1).

Tabla 1

Niveles de TSH y resultados de la escala GDS-15 en la muestra total.

Característica (n=66)	Frecuencia	%
Niveles de TSH		
< 5	41	62
5-10	17	26
> 10	8	12
GDS-15		
0-5	10	15
6-9	42	64
10 o +	14	21
	mediana	p25-75
Edad (años)	82	78-86
TSH (μU/mL)	3.9	1.8-5.9
GDS-15	7	5-9

Nota: TSH: hormona estimulante de la tiroides, GDS-15: escala de depresión geriátrica. Las variables numéricas resultaron no paramétricas según la prueba de Shaphiro Wilk por lo que se reporta la mediana y el rango intercuartil (p25-75).

Se compararon las variables entre pacientes con hipotiroidismo (TSH <5mU/ml) normotiroideos (TSH>5mU/ml). La depresión (GDS-15 >4) fue más prevalente en el grupo de hipotiroideos (p=0.02), así mismo, en el grupo de 80 y más años prevaleció en los pacientes hipotiroideos (p=0.01). En cuanto las comorbilidades, observamos que la polifarmacia fue más frecuente en individuos normotiroideos (p=0.05) y la osteoporosis prevaleció en pacientes normotiroideos (p=0.02) (Tabla 2).

Tabla 2.

Incidencia de TSH en pacientes.

TSH	Sin síntomas de depresivos (GDS-15 0-4 puntos) n=10	Con síntomas depresivos (GDS-15 ≥5 puntos) n=56
<5 UI/ml	6 (60)	35 (62)
5 a 10 Uiml	3 (30)	14 (25)
>10 UI/ml	1 (10)	7 (13)

Se realizó una correlación de Spearman y se comprobó con regresión lineal (Tabla 3), obteniendo una correlación moderada pero estadísticamente significativa entre los valores de TSH y el puntaje GDS-15 (R= 0.26, p=0,03), a mayor TSH mayor puntaje GDS=15.

Tabla 3

Relación entre niveles de TSH y puntaje en la escala GDS-15.

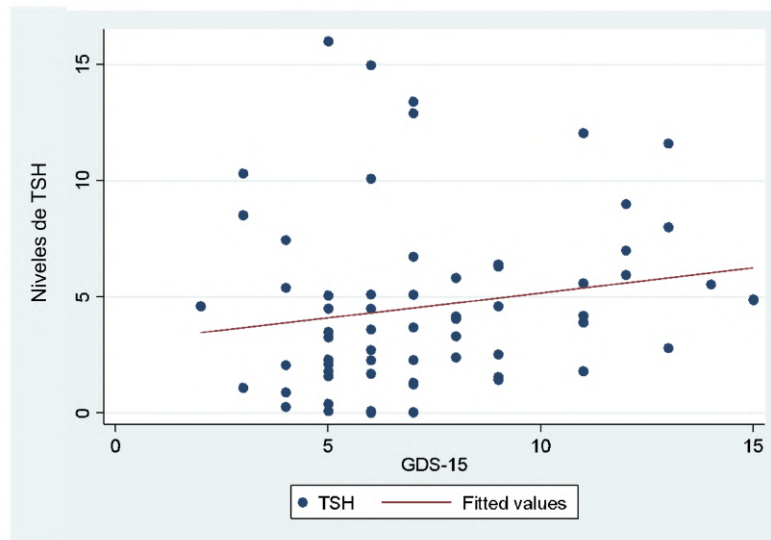
TSH	R	Coef	IC	p
GDS-15	0.26	0.21	-0.07-0.51	0.03

Para la determinación de correlación entre los niveles de TSH y los resultados de la GDS-15, dado que ambas variables presentaron distribución no normal (Shapiro-Wilk, p<0.05), la prueba de elección fue la correlación de Spearman, que resultó en una rho de=0.2687 (p=0.029), estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%. Los niveles de TSH explican el 3.24% de la variabilidad de los síntomas depresivos en el modelo de regresión lineal simple, lo que refuerza el carácter multifactorial de la depresión en el adulto mayor. La depresión es altamente prevalente en esta población: el 74.2% de los pacientes presentó algún grado de depresión evaluada con la escala GDS-15, siendo la depresión leve la categoría más frecuente (39.4%), seguida de moderada (22.7%) y severa (12.1%).

Esta correlación es positiva y de magnitud débil, lo que indica que a mayores niveles de TSH, se observa una tendencia a puntajes más elevados en la escala GDS-15, aunque la magnitud de la asociación es modesta (Figura 3). El 62% de los pacientes presentó TSH normal, el 25% presentó valores entre 5 y 10 UI/ml y el 13% presentó TSH>10 UI/ml. La prevalencia de hipotiroidismo subclínico (TSH 5-10 UI/ml) fue de 26% y de hipotiroidismo clínico (TSH>10UI/ml) fue de 12%.

Figura 3

Relación entre valores séricos de TSH y puntaje GDS-15



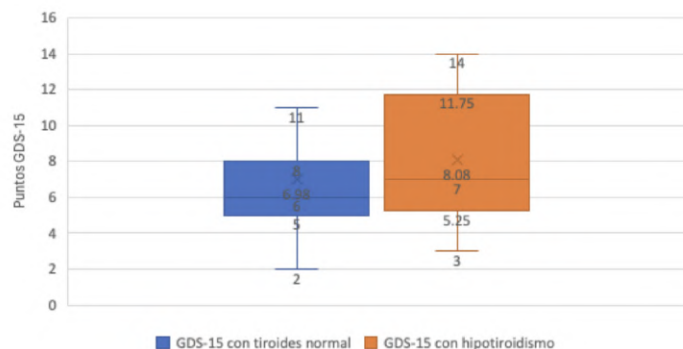
Nota: TSH: hormona estimulante de la tiroides, GDS-15: escala de depresión geriátrica.

Los resultados de la gráfica muestran que los pacientes con hipotiroidismo presentan niveles de depresión significativamente más altos, con una media de 8.08 puntos frente a los 6.98 del grupo normal (Figura 4).

Se observa que el grupo con TSH elevada no solo tiene mayor severidad de síntomas, alcanzando puntajes casi máximos de 14, sino también una mayor variabilidad clínica. Esto confirma que la disfunción tiroidea correlaciona positivamente con un aumento en el malestar anímico evaluado por la escala GDS-15.

Figura 4

Puntaje de GDS-15 entre pacientes según su función tiroidea.



Nota: GDS-15: escala de depresión geriátrica.

DISCUSIÓN:

El análisis de resultados mostró que el 74.2% de los pacientes presentó algún grado de depresión medido por la escala GDS-15, una cifra que supera la prevalencia general de síntomas depresivos en adultos mayores en México (38%, ENSANUT 2023) y se aproxima al límite superior reportado para pacientes con hipotiroidismo (hasta 50%), aunque algunos estudios latinoamericanos reportan prevalencias de hasta 89% en muestras comunitarias de adultos mayores.

La depresión leve fue la categoría más frecuente (39.4%), seguida de depresión moderada (22.7%) y severa (12.1%). Estos datos son congruentes con los hallazgos de Miranda de Jesús et. al., (2020), quienes reportaron que el 60% de los adultos mayores con depresión correspondía a depresión leve y el 29% a depresión establecida, y con la observación de que la presentación atípica de la depresión geriátrica —predominio de síntomas somáticos sobre los anímicos— puede llevar a subestimación diagnóstica en la práctica clínica.

También se observó que existe correlación positiva y significativa entre TSH y síntomas depresivos, aunque su magnitud es inferior a la esperada. Esta correlación débil pero significativa es concordante con los hallazgos de Morón-Díaz et al. (2021), quienes reportaron una correlación lineal positiva entre los niveles de TSH y el deterioro en calidad de vida en pacientes con hipotiroidismo tratado, y con el metaanálisis de Bode et al. (2021), que encontró un OR de 1.30 (IC95%: 1.08-1.57) para la asociación entre hipotiroidismo y depresión clínica. La baja magnitud de la correlación en el presente estudio puede explicarse por varios factores: (1) el rango de TSH en la muestra es amplio y continuo, sin predominio de valores extremos; (2) la mayoría de los pacientes estaba bajo tratamiento con levotiroxina; (3) la depresión en el adulto mayor es de etiología multifactorial, mediada también por factores sociales, funcionales y de multimorbilidad que no son capturados por la TSH de forma aislada.

Paralelamente, el modelo de regresión lineal simple con TSH como único predictor explicó apenas el 3.24% de la variabilidad del puntaje GDS-15 ($R^2=0.0324$, $p=0.148$), lo que refuerza la idea de que la TSH, siendo un marcador útil, no es suficiente por sí sola para predecir la severidad de la depresión en este grupo poblacional.

Aún con estos hallazgos, el diseño retrospectivo y transversal del estudio no permite establecer relaciones de causalidad entre los niveles de TSH y la depresión, únicamente de asociación. La muestra es no probabilística (conveniencia consecutiva), lo que limita la generalización de los hallazgos más allá de la población atendida en este servicio. Adicionalmente, no se contó con información sobre el tiempo de evolución del hipotiroidismo, el apego al tratamiento con levotiroxina, los niveles de T3 y T4 libre (variables cuya medición no era factible en el centro por disponibilidad de cinética de yodo), ni sobre el estado funcional y cognitivo de los pacientes, variables que podrían haber enriquecido el análisis.

Esto es congruente con el planteamiento del propio protocolo de incluir en estudios futuros un modelo de regresión lineal múltiple que incorpore variables como edad, número de comorbilidades, polifarmacia, escolaridad y estado civil.

CONCLUSIÓN:

El presente estudio demuestra una correlación moderada y estadísticamente significativa ($R=0.26$; $p = 0.03$) entre los niveles séricos de hormona estimulante de la tiroides (TSH) y el puntaje obtenido en la Escala de Depresión Geriátrica (GDS-15). Se identificó que la prevalencia de síntomas depresivos es considerablemente mayor en pacientes con hipotiroidismo en comparación con sujetos normotiroideos ($p = 0.02$), particularmente en el grupo de edad de 80 años o más. La incidencia de síntomas depresivos en la totalidad de la muestra ($GDS-15 \geq 5$) fue alta pues se documentó en 85% de los individuos.

Estos hallazgos subrayan la importancia de una evaluación integral y periódica en el adulto mayor. Dado que el desbalance tiroideo impacta directamente en el estado anímico, la funcionalidad y la independencia del paciente geriátrico, es fundamental que los médicos de primer contacto, geriatras y endocrinólogos mantengan una búsqueda intencionada de trastornos afectivos ante alteraciones de la hormona estimulante de tiroides. Aunque el tamaño de la muestra es limitado, los resultados justifican la implementación de protocolos de seguimiento estrecho para optimizar tanto el control metabólico como la salud mental y la calidad de vida en esta población.

REFERENCIAS

- Abdisa, L., Letta, S., & Nigussie, K. (2022). Depression and anxiety among people with hypertension on follow-up in Eastern Ethiopia: A multi-center cross-sectional study. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 853551. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.853551>
- Asociación Médica Mundial. (2013). Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial: Principios éticos para la investigación médica con sujetos humanos. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Bode, H., Ivens, B., Bschor, T., Schwarzer, G., Henssler, J., & Baethge, C. (2021). Association of Hypothyroidism and Clinical Depression: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA psychiatry*, 78(12), 1375–1383. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2021.2506>
- Campo-Arias, A., Pedrozo-Pupo, J.C., & Ceballos-Ospino, G.A. (2021). Ansiedad y depresión en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Acta Médica Colombiana*, 46(2). <https://doi.org/10.36104/amc.2021.1644>
- Chaves W., Amador D., Tovar H. (2018) Prevalencia de la disfunción tiroidea en la población adulta mayor de consulta externa. *Acta Méd Colomb*. 43(1):24-30. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163156698006>
- Chillarón, J. J., Climent, E., Llauredó, G., Ballesta, S., & Flores, J. A. (2022). Hipotiroidismo subclínico. *Formación Médica Continuada en Atención Primaria*, 29(3), 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.fmc.2021.04.008>
- Duman Tenezaca, C. C. (2024). Análisis de evidencias sobre validez y confiabilidad de

- instrumentos diagnósticos de depresión aplicadas al adulto mayor. Estudio de revisión bibliográfica: Analysis of evidence on validity and reliability of diagnostic depression instruments applied to the elderly. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(5), 3079 – 3105.
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2843>
- Gaceta UNAM. (2019). Tiroides afecta a dos por ciento de nuestras mujeres en edad madura en México. UNAM-DGCS-482.
<https://www.gaceta.unam.mx/tiroides-afecta-a-dos-por-ciento-de-mujeres-en-edad-madura-en-mexico/>.
- González-Ogliastri, A. F., Muñoz-Noguera, A. M., Hernández-Jaimes, N. C., Bonilla-Rojas, N. D., Realpe-Cerón, J. L., Alfonso-Rodríguez, J. A., Medina-Hoyos, J. I., Rueda-Benavides, N. J., Zambrano-Ortiz, D., & Sánchez-Prada, L. C. (2026). Depresión mayor y riesgo cardiovascular: ¿Marcador, mediador o factor causal?. *RCS*, 9(17), 254-257.
<https://www.journalgestar.org/index.php/gestar/article/view/305>
- Hernández Rodríguez, J. (2022). Basic elements for the diagnosis and treatment of primary hypothyroidism in the adult patient. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 38(4), e2245. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252022000400012&lng=es
- Ionescu, C. E., Popescu, C. C., Agache, M., Dinache, G., & Codreanu, C. (2022). Depression in rheumatoid arthritis: A narrative review-diagnostic challenges, pathogenic mechanisms and effects. *Medicina (Kaunas)*, 58(11), 1637.
<https://doi.org/10.3390/medicina58111637>
- Khawagi, W. Y., Al-Kuraishy, H. M., Hussein, N. R., Al-Gareeb, A. I., Atef, E., Elhussieny, O., Alexiou, A., Papadakis, M., Jabir, M. S., Alshehri, A. A., Saad, H. M., & Batiha, G. E. (2024). Depression and type 2 diabetes: A causal relationship and mechanistic pathway. *Diabetes, Obesity & Metabolism*, 26 (8), 3031–3044.
<https://doi.org/10.1111/dom.15630>
- Ma, Y., Wang, M., & Zhang, Z. (2024). The association between depression and thyroid function. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 1454744.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1454744>.
- Malcolm, D. J. T., Mojtaba, L., Mohammadreza, M., Robyn, L., McNeil, J. J., & Michael, B. (2025). Thyroid-stimulating hormone levels and depression in older adults: Cross-sectional and longitudinal analyses in a community-dwelling population. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*.
- Miranda de Jesús, Y., Álvarez Orozco, M. E., Álvarez Hernández, H., Jaimes Cortés, D., & Alvarado Reyes, E. R. (2020). Factores que desencadenan depresión en el adulto mayor de la comunidad de Santiaguito Maxda, Estado de México. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(5), Artículo 00003.
<https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2478>
- Morón-Díaz, M., Saavedra, P., Alberiche-Ruano, M. P., Rodríguez-Pérez, C. A., López-Plasencia, Y., Marrero-Arencibia, D., González-Lleó, A. M., & Boronat, M. (2021). Correlation between TSH levels and quality of life among subjects with

well-controlled primary hypothyroidism. *Endocrine*, 72(1), 190–197.

<https://doi.org/10.1007/s12020-020-02449-4>

Negrón L., R., De León G., R., Vergara B., M., Paredes M., P., & Álvarez M., M. (2024).

Prevalencia de depresión en un grupo de adultos mayores en hemodiálisis crónica del Hospital de Angol. *Revista Chilena de Neuro-psiquiatría*, 62(2), 143-149.

<https://doi.org/10.4067/s0717-92272024000200143>

Salamea Saquinaula, M. D., Guacaran Guerrero, J. J., Ayala Orta, P. R., & Gutiérrez Martínez, R. C. (2023). Hipotiroidismo subclínico y depresión en el adulto mayor. *RECIMUNDO*, 7(2), 356-364. [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.356-364](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.356-364).

Vázquez-Salas, A., Hubert, C., Portillo-Romero, A., Valdez-Santiago, R., Barrientos-Gutiérrez, T., & Villalobos, A. (2023). Sintomatología depresiva en adolescentes y adultos mexicanos: Ensanut 2022. *Salud Pública De México*, 65, s117-s125. <https://doi.org/10.21149/14827>

Validez predictiva del Test de Ruffier frente al rendimiento en campo en universitarios

Predictive validity of the Ruffier Test compared to on-field performance in university students

René Alexis Rodríguez Joaquín

**Profesor e Investigador del Centro Universitario UTEG, Guadalajara, Jalisco, México.
0000-0002-0116-9196 , rene.rodriguez@uteg.edu.mx**

RESUMEN

El Test de Ruffier es ampliamente utilizado en el ámbito académico y deportivo por su sencillez, aunque su validez como predictor del rendimiento en campo ha sido cuestionada. El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre el Índice de Ruffier (IR) y el Índice de Resistencia (IRes), calculado como el cociente entre la velocidad de trote-sprint, en estudiantes universitarios físicamente activos. Participaron 58 estudiantes de Cultura Física y Deportes del Centro Universitario UTEG (38 hombres, 20 mujeres; edad media 24.0 años). Se aplicó el protocolo estándar del Test de Ruffier y una prueba de campo trote-sprint. Los datos se analizaron con pruebas de Pearson, Spearman, U de Mann-Whitney y Shapiro-Wilk. Los resultados mostraron correlación débil y no significativa entre IR e IRes ($r = 0.168$, $p = 0.206$). Se concluye que el Test de Ruffier no predice de forma confiable el rendimiento en campo de resistencia relativa.

Palabras clave: test de ruffier; índice de resistencia; evaluación cardiovascular; rendimiento en campo; cultura física; deporte; correlación.

ABSTRACT

The Ruffier Test is widely used in academic and sports settings due to its simplicity, although its validity as a predictor of on-field performance has been questioned. The objective of this study was to analyze the relationship between the Ruffier Index (RI) and the Endurance Index (EI), calculated as the ratio of jogging-to-sprint speed, in physically active college students. Fifty-eight Physical Education and Sports students from the UTEG University Center participated (38 men, 20 women; mean age 24.0 years). The standard Ruffier Test protocol and a field jogging-sprint test were administered. Data were analyzed using Pearson's, Spearman's, Mann-Whitney U, and Shapiro-Wilk tests. The results showed a weak and non-significant correlation between IR and IRes ($r = 0.168$, $p = 0.206$). It is concluded that the Ruffier Test does not reliably predict relative endurance performance in the field.

Keywords: ruffier test; resistance index; cardiovascular assessment; field performance; physical culture; sport; correlation.

Citar como: Rodríguez Joaquín, R. A. (2026). Validez predictiva del Test de Ruffier frente al rendimiento en campo en universitarios. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 14 de abril de 2026 / Aceptado: 23 de mayo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

La evaluación de la condición cardiovascular y de la resistencia aeróbica en contextos académicos y deportivos requiere herramientas accesibles, reproducibles y válidas. Entre las pruebas más utilizadas en el ámbito universitario destaca el Test de Ruffier, propuesto en la primera mitad del siglo XX (Ruffier, 1951; Dickson, 1950), que ofrece un índice numérico a partir de tres mediciones de frecuencia cardíaca (reposo, post-esfuerzo y recuperación) tras la realización de 30 sentadillas en 45 segundos. Su simplicidad, bajo costo y rapidez de aplicación lo han convertido en una herramienta de uso recurrente en programas de Cultura Física y Educación Física.

La fórmula del Índice de Ruffier (IR) es $IR = (P0 + P1 + P2 - 200) / 10$, donde P0 corresponde al pulso en reposo, P1 al pulso inmediato post-esfuerzo y P2 al pulso tras un minuto de recuperación. La interpretación clásica clasifica el resultado en categorías que van desde "Excelente" hasta "Mala adaptación". Sin embargo, esta condensación de tres variables en un único valor implica una pérdida de información sobre cuál de los componentes está influyendo en mayor medida en el resultado, y asume implícitamente que la respuesta cardíaca submáxima a un esfuerzo localizado predice el rendimiento aeróbico general.

El Índice de Resistencia (IRes), por su parte, se ha propuesto como una herramienta de campo para estimar la capacidad de mantener la velocidad bajo fatiga, comparando el rendimiento a baja intensidad con el rendimiento a máxima intensidad. Se calcula como el cociente $IRes = V_{trote} / V_{sprint}$, donde la velocidad se obtiene como distancia recorrida sobre tiempo empleado. Valores cercanos a 1.0 indicarían una buena resistencia aeróbica relativa (capacidad de aproximar la velocidad de trote a la velocidad máxima), mientras que valores bajos sugerirían mayor disociación entre ambas capacidades. Aunque carece de la sofisticación psicométrica de pruebas como el Course Navette o el test de Cooper, ofrece una aproximación práctica y de campo a la resistencia funcional en contextos educativos.

Si el Test de Ruffier fuera un predictor robusto del rendimiento cardiovascular en campo, debería correlacionarse con un indicador funcional de la capacidad aeróbica relativa, ya que ambos pretenden capturar dimensiones de la aptitud cardiovascular. Esta hipótesis, sin embargo, ha sido escasamente puesta a prueba en poblaciones universitarias mexicanas.

La literatura reciente ha cuestionado de forma creciente la validez del Test de Ruffier como herramienta aislada. Castro-Piñero et al. (2021), en una revisión sistemática sobre la validez de criterio de pruebas de campo en adultos, omiten al Test de Ruffier de la lista de pruebas con evidencia de validez fuerte para estimar la capacidad cardiorrespiratoria, posicionando en su lugar al Course Navette de 20 metros, al test de Cooper de 12 minutos, al Rockport y al Chester step test. Thomas et al. (2022) reportaron que la recuperación de la frecuencia cardíaca a 1, 2 y 3 minutos (sustrato fisiológico del IR) no se correlaciona significativamente con el VO_2 pico medido directamente en adultos jóvenes ($r = 0.18, 0.04$).

y 0.01, respectivamente). En la misma línea, Römer y Wolfarth (2023), tras analizar 1,234 protocolos de cicloergometría, concluyeron que la recuperación cardíaca aislada explica solo el 25% de la varianza en parámetros de aptitud física.

Estudios contemporáneos en estudiantes universitarios han avanzado hacia modelos multivariantes. Trovato et al. (2023) demostraron que el IR clásico, integrado con sexo, edad, masa corporal y diferencia entre frecuencia pico y de reposo, alcanza un R^2 ajustado de 0.937 en la predicción de $VO_{2\text{máx}}$, resultado imposible de obtener con el IR como único predictor. Martín-Ruiz (2026), trabajando con 108 estudiantes universitarios activos españoles, confirmó que el IR es un predictor significativo de $VO_{2\text{máx}}$ solo cuando se combina con índice de masa corporal, edad y sexo dentro de modelos de regresión múltiple ($R^2 = 0.552$). Apetsko et al. (2026) reportaron en estudiantes universitarios polacos que el IR mantiene validez de constructo frente a parámetros cardiovasculares en reposo, aunque reconocen la ausencia de validez concurrente con $VO_{2\text{máx}}$ como limitación central.

En el ámbito iberoamericano, Freire Nieto et al. (2025) aplicaron el Test de Ruffier-Dickson junto con el cuestionario IPAQ a 135 estudiantes ecuatorianos de Pedagogía de la Actividad Física, encontrando que una proporción no despreciable de estudiantes con alta actividad física se clasificaba como "insuficiente" según los baremos clásicos del IR, lo que sugiere posibles problemas de calibración en poblaciones universitarias contemporáneas.

A pesar de esta evidencia internacional convergente, en el contexto mexicano universitario la discusión sobre la validez predictiva del Test de Ruffier frente al rendimiento en campo es escasa. El presente estudio busca contribuir a este debate evaluando la correlación entre el IR y un índice de resistencia funcional basado en pruebas de campo simples (trote y sprint), aplicables en cualquier instalación deportiva universitaria.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la fuerza de la correlación entre el Índice de Ruffier y el Índice de Resistencia en estudiantes universitarios físicamente activos de la licenciatura en Cultura Física y Deportes. La hipótesis de trabajo planteó que, si el Test de Ruffier es un predictor confiable del rendimiento cardiovascular en campo, debería existir una correlación moderada a fuerte y estadísticamente significativa entre ambos índices. La hipótesis nula, ausencia de correlación significativa implicaría que la respuesta cardíaca submáxima a sentadillas no anticipa la capacidad de resistencia funcional medida en campo, lo que cuestionaría el uso aislado del Test de Ruffier como herramienta clasificatoria del rendimiento.

MÉTODOS

Diseño del estudio: Estudio descriptivo-correlacional de corte transversal, sin manipulación experimental.

Participantes: Participaron 58 estudiantes (38 hombres, 20 mujeres) de la licenciatura en Cultura Física y Deportes del Centro Universitario UTEG, Guadalajara, Jalisco, México. La edad media de la muestra fue de 24.0 años, con un rango de 22 a 30 años (Tabla 1). Todos los participantes se declararon físicamente activos al momento de la evaluación, con práctica regular de actividad física de al menos tres sesiones semanales. Se excluyeron estudiantes con antecedentes de enfermedad cardiovascular diagnosticada, lesión musculoesquelética activa que impidiera la ejecución de sentadillas o de carrera, o consumo de medicamentos cronotrópicos. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de todos los participantes, garantizando la confidencialidad de los datos y el carácter voluntario de la participación. El protocolo respetó los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

Tabla 1.

Características de los participantes (n = 58).

Variable	Hombres (n=38)	Mujeres (n=20)
Edad (años), M $\pm$ DE	24.2 $\pm$ 2.1	23.7 $\pm$ 1.9
Rango de edad (años)	22 – 33	22 – 32
Físicamente activos, n (%)	38 (100%)	20 (100%)

Nota: * Autorreporte de práctica regular de actividad física, con un umbral mínimo de ≥ 3 sesiones por semana.

Procedimiento - Test de Ruffier: Se aplicó el protocolo estándar del Test de Ruffier (Ruffier, 1951). Tras un período de cinco minutos de reposo en posición sedente, se registró la frecuencia cardíaca de reposo (P0) durante 15 segundos y se multiplicó por cuatro. A continuación, el participante realizó 30 sentadillas completas en 45 segundos siguiendo un metrónomo. Inmediatamente al finalizar el esfuerzo, se registró la frecuencia cardíaca post-esfuerzo (P1) durante los primeros 15 segundos. Tras un minuto de recuperación pasiva, se registró nuevamente la frecuencia cardíaca (P2) durante 15 segundos. Las mediciones se realizaron por palpación carotídea, en condiciones controladas de temperatura (22 ± 2 °C), entre las 9:00 y las 12:00 h, solicitando a los participantes abstenerse de cafeína y ejercicio intenso durante las 12 horas previas a la evaluación.

Procedimiento - Prueba de campo: Posterior a un período de recuperación de al menos 30 minutos, los participantes ejecutaron dos pruebas de campo en una cancha de fútbol: una prueba de trote a baja intensidad sobre una distancia previamente establecida con tiempo cronometrado, y una prueba de sprint máximo sobre 50 metros. Para cada prueba se calculó la velocidad como $V = \text{distancia} / \text{tiempo}$, expresada en metros por segundo. Las pruebas se realizaron en parejas de trabajo, donde un participante ejecutaba la actividad mientras el otro registraba los tiempos con cronómetro digital.

Cálculo de los índices: El Índice de Ruffier (IR) se calculó como $IR = (P0 + P1 + P2 - 200) / 10$, con la siguiente clasificación: Excelente (< 0), Buena (0–5), Mediocre (5–10), Insuficiente (10–15) y Mala adaptación (> 15). El Índice de Resistencia (IRes) se calculó como $IRes = V_{\text{trote}} / V_{\text{sprint}}$, donde valores cercanos a 1.0 indicarían una mejor capacidad para mantener velocidad bajo fatiga, y valores progresivamente menores sugerirían mayor disociación entre la capacidad aeróbica y la capacidad anaeróbica.

Análisis estadístico: Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, mediana, mínimo, máximo y coeficiente de variación). La normalidad de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La relación entre IR e IRes se exploró mediante el coeficiente de correlación de Pearson y, como análisis de sensibilidad, mediante el coeficiente de Spearman. Se calculó el intervalo de confianza al 95% mediante transformación de Fisher. La comparación entre sexos se realizó con la prueba U de Mann-Whitney, complementada con t de Welch como análisis exploratorio. El tamaño del efecto se estimó mediante $r = Z/\sqrt{N}$. Se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los análisis se realizaron en Python 3.11 con las bibliotecas SciPy y Pandas.

RESULTADOS

Estadísticos descriptivos

La distribución de ambas variables resultó compatible con la normalidad: Shapiro-Wilk para el Índice de Ruffier $W = 0.988$, $p = 0.816$; para el Índice de Resistencia $W = 0.978$, $p = 0.381$. La Tabla 2 presenta los estadísticos descriptivos.

Tabla 2.

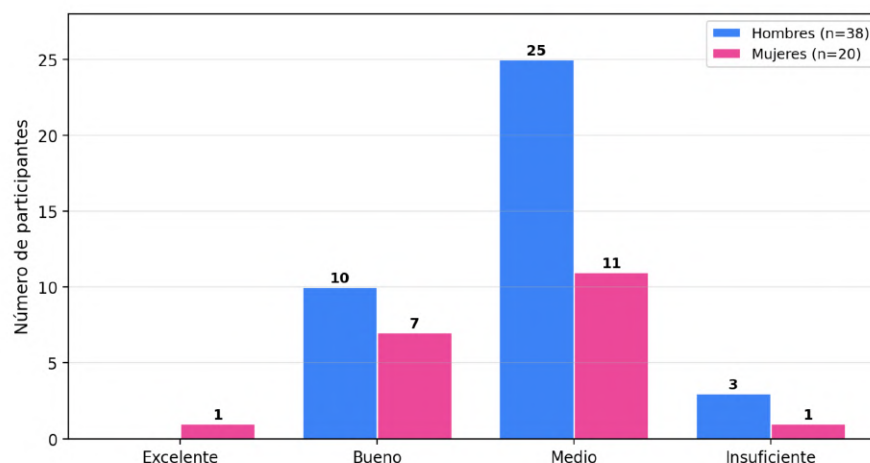
Estadísticos descriptivos de ambos índices ($n = 58$).

Variable	Media	DE	Mín	Máx	CV (%)
Índice de Ruffier	6.04	2.55	-0.80	11.32	42.2
Índice de Resistencia	0.93	0.24	0.33	1.51	25.8

El IR presentó un coeficiente de variación del 42.2%, valor que refleja una dispersión considerable dentro de un grupo aparentemente homogéneo (estudiantes de la misma licenciatura, todos físicamente activos). El IRes mostró menor variabilidad ($CV = 25.8\%$), pero presentó un rango (0.33 a 1.51) que merece comentario metodológico (véase Discusión). En cuanto a la clasificación según el IR, el 1.7% de los participantes alcanzó la categoría "Excelente", el 29.3% "Buena", el 62.1% "Mediocre" y el 6.9% "Insuficiente". Ningún participante se ubicó en la categoría "Mala adaptación".

Figura 1.

Distribución de la clasificación del Índice de Ruffier por sexo.

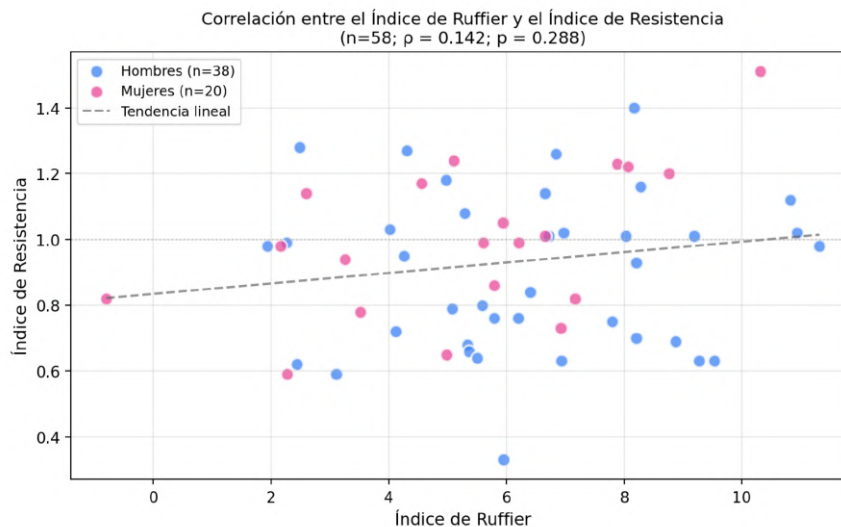


Correlación entre el Índice de Ruffier y el Índice de Resistencia

El análisis de Pearson reveló $r = 0.168$ ($p = 0.206$; IC 95%: -0.094 a 0.408), indicando una correlación positiva débil y no significativa. El coeficiente de Spearman, utilizado como análisis de sensibilidad ante posibles desviaciones de la linealidad, confirmó este patrón: $\rho = 0.142$ ($p = 0.288$; IC 95%: -0.121 a 0.386). Este resultado constituye el hallazgo central del estudio: la respuesta cardíaca submáxima medida por el Test de Ruffier no se asocia de forma significativa con el rendimiento de campo capturado por el Índice de Resistencia.

Figura 2.

Diagrama de dispersión entre el Índice de Ruffier y el Índice de Resistencia. La línea discontinua representa la tendencia lineal.



La inspección del diagrama de dispersión confirma la ausencia de un patrón lineal claro y permite identificar casos en los que ambos índices ofrecen lecturas divergentes. Por ejemplo, dos participantes con un IR cercano a 8 (categoría "Mediocre") presentaron valores muy distintos de IRes: uno con 1.40 (alta resistencia relativa) y otro con 0.63 (baja resistencia relativa). Este tipo de discordancia implica que dos sujetos clasificados de forma idéntica por el Test de Ruffier pueden tener rendimientos en campo claramente diferentes.

Comparación por sexo

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en ninguno de los dos índices ($p > 0.05$). Los tamaños del efecto fueron pequeños ($r = 0.165$ para el IR y $r = 0.182$ para el IRes) (Tabla 3).

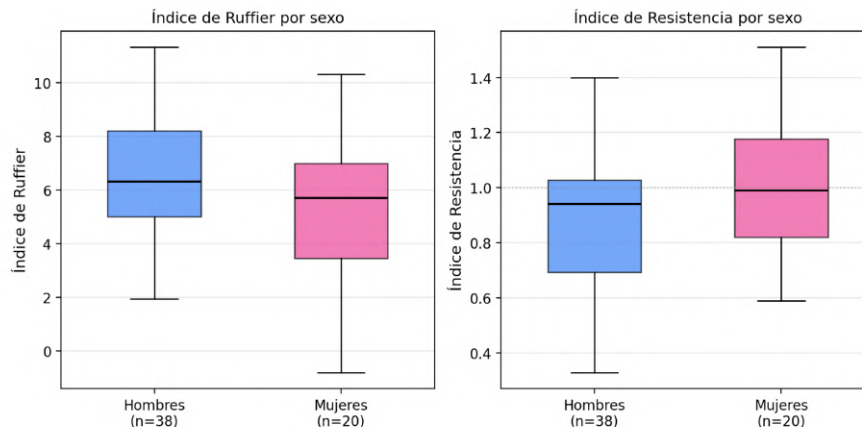
Tabla 3.

Comparación entre hombres y mujeres mediante la prueba U de Mann-Whitney.

Variable	Hombres (M $\pm$ DE)	Mujeres (M $\pm$ DE)	U	p	r (efecto)
Índice de Ruffier	6.40 $\pm$ 2.46	5.35 $\pm$ 2.64	457.0	0.211	0.165
Índice de Resistencia	0.90 $\pm$ 0.24	1.00 $\pm$ 0.23	295.5	0.169	0.182

Como análisis exploratorio, los hombres presentaron valores ligeramente más elevados de IR ($M = 6.40 \pm 2.46$) en comparación con las mujeres ($M = 5.35 \pm 2.64$), mientras que las mujeres mostraron valores ligeramente mayores de IRes ($M = 1.00 \pm 0.23$) frente a los hombres ($M = 0.90 \pm 0.24$) (Figura 3).

Figura 3.
Distribución de ambos índices por sexo.



Análisis exploratorio: correlación por sexo

Como análisis exploratorio adicional, se calcularon correlaciones de Spearman entre IR e IRes estratificadas por sexo. En hombres ($n = 38$), la correlación fue prácticamente nula ($\rho = 0.037$; $p = 0.825$), mientras que en mujeres ($n = 20$) se observó una correlación moderada y estadísticamente significativa ($\rho = 0.489$; $p = 0.029$). Este resultado debe interpretarse con cautela debido al menor tamaño de muestra en el subgrupo femenino y al carácter exploratorio del análisis. Sin embargo, sugiere la posibilidad de que el comportamiento conjunto de ambos índices presente diferencias por sexo, aspecto que merece confirmación en estudios con muestras más amplias y balanceadas.

DISCUSIÓN

El hallazgo principal del presente estudio es la ausencia de correlación significativa entre el Índice de Ruffier y el Índice de Resistencia ($r = 0.168$, $p = 0.206$; $\rho = 0.142$, $p = 0.288$) en una muestra de 58 estudiantes universitarios físicamente activos. Con una potencia estadística cercana al 80% para detectar correlaciones moderadas ($r = 0.40$), el intervalo de confianza obtenido descarta razonablemente la presencia de una asociación moderada-fuerte entre ambos índices. Este resultado tiene implicaciones prácticas relevantes: si un evaluador utiliza únicamente el Test de Ruffier para clasificar la aptitud cardiovascular de un deportista o estudiante, podría estar obteniendo una imagen parcial o incluso distorsionada de su verdadera capacidad de rendimiento en campo.

La razón de esta disociación es plausible desde una perspectiva fisiológica. El Test de Ruffier mide la respuesta cardíaca a un esfuerzo localizado y submáximo (sentadillas), mientras que el Índice de Resistencia captura la capacidad funcional de mantener velocidad en una tarea de carrera. Aunque ambas pruebas pretenden estimar dimensiones de la aptitud cardiovascular, evalúan constructos distintos: la respuesta cronotrópica al esfuerzo y la eficiencia mecánico-energética en carrera, respectivamente. Berry et al. (2021) demostraron que la dinámica cardíaca durante la recuperación al

ejercicio en adultos jóvenes posee una complejidad que no se captura en una sola medición lineal de la frecuencia cardíaca, lo que apoya la interpretación de que el IR colapsa información fisiológicamente diferenciada y no necesariamente predictiva del rendimiento en campo.

Los resultados son consistentes con la evidencia internacional reciente. Thomas et al. (2022), trabajando con 61 adultos jóvenes (edad media 25.2 años), no encontraron correlación significativa entre la recuperación de la frecuencia cardíaca a 1, 2 y 3 minutos (sustrato fisiológico del IR) y el VO_2 pico medido directamente. Si la recuperación cardíaca a 1 minuto, núcleo del cálculo del IR, no se correlaciona con la capacidad cardiorrespiratoria medida en condiciones de laboratorio en este grupo etario, la presunción de que el IR aislado refleja fielmente el rendimiento en campo pierde sustento. Römer y Wolfarth (2023) confirmaron en una muestra mucho mayor (1,234 protocolos) que la recuperación cardíaca aislada explica solo el 25% de la varianza en parámetros de aptitud física, lo que la inhabilita como predictor único.

De forma convergente, Trovato et al. (2023) y Martín-Ruiz (2026) han mostrado que el IR adquiere poder predictivo significativo solo cuando se integra como covariable dentro de modelos multivariantes que incluyen sexo, edad, índice de masa corporal y otras características antropométricas. Apetsko et al. (2026) corroboraron en estudiantes universitarios polacos que el IR conserva validez de constructo frente a indicadores cardiovasculares en reposo (volumen sistólico, gasto cardíaco), pero advirtieron sobre la ausencia de validez concurrente respecto al VO_2 máx. Castro-Piñero et al. (2021), en su revisión sistemática sobre validez de criterio de pruebas de campo en adultos, no incluyen al Test de Ruffier entre las pruebas con evidencia de validez fuerte, posicionando en su lugar al Course Navette de 20 metros, al test de Cooper de 12 minutos, al Rockport y al Chester step test.

Otro aspecto relevante es la variabilidad intragrupal del IR. Un coeficiente de variación del 42.2% dentro de un grupo de estudiantes universitarios de Cultura Física que se declaran físicamente activos plantea dos lecturas posibles: o bien la prueba es sensible a factores que escapan a la condición cardiovascular propiamente dicha estado emocional, cafeína, calidad del sueño previo, temperatura ambiente, masa corporal, o bien el concepto de "ser físicamente activo" enmascara diferencias sustanciales en el tipo, volumen e intensidad de la actividad realizada. Ehsan y Asim (2023) reportaron en 300 estudiantes universitarios que el IR está significativamente influido por índice de masa corporal, peso corporal, frecuencia cardíaca de reposo, talla y nivel de actividad física, lo que apoya la hipótesis de una alta sensibilidad a covariables no cardiovasculares. Liu et al. (2024) confirmaron que la recuperación cardíaca está fuertemente moderada por el tiempo sedentario y la actividad física moderada-vigorosa, factores que el IR no controla.

Consideraciones metodológicas sobre el Índice de Resistencia

Un hallazgo metodológico que merece discusión específica es el rango observado del IRes en la presente muestra (0.33 a 1.51, media 0.93). En términos teóricos, valores del cociente $V_{\text{trote}} / V_{\text{sprint}}$ cercanos a 1.0 indicarían que la velocidad de trote se aproxima a la velocidad máxima de sprint, mientras que valores muy bajos (< 0.30) reflejarían una marcada disociación entre ambas capacidades. En la presente muestra, una proporción no despreciable de participantes presentó valores superiores a 1.0, lo que sugiere que la velocidad de sprint registrada fue inferior a la esperable o, alternativamente, que la

velocidad de trote fue más alta que el promedio típico para tareas submáximas. Este patrón puede reflejar factores motivacionales (esfuerzo submáximo en la prueba de sprint), efectos de la distancia utilizada en cada prueba (tareas más cortas favorecen el ritmo, tareas más largas penalizan el sprint), o limitaciones del protocolo de medición de campo cuando se aplica de forma colectiva.

Esta observación no invalida el hallazgo central del estudio, sino que lo refuerza desde una óptica metodológica: incluso cuando el Índice de Resistencia se obtiene con limitaciones de campo, la ausencia de correlación con el Test de Ruffier persiste. Es decir, las dos pruebas no convergen ni cuando ambas se aplican en condiciones reales del aula universitaria. Para futuros estudios se recomienda estandarizar las distancias de trote y sprint, supervisar individualmente la motivación en la prueba de velocidad máxima, y considerar la incorporación de pruebas de criterio con mayor validez psicométrica como el Course Navette o el test de Cooper (Castro-Piñero et al., 2021; Podstawski et al., 2025).

Hallazgo exploratorio sobre diferencias por sexo

La ausencia de diferencias significativas entre sexos en ambos índices coincide parcialmente con lo reportado por Apetsko et al. (2026). El hallazgo exploratorio de una correlación significativa entre IR e IRes solo en mujeres ($p = 0.489$, $p = 0.029$) y prácticamente nula en hombres ($p = 0.037$, $p = 0.825$) constituye un resultado novedoso que merece confirmación. Una hipótesis posible es que la mayor variabilidad en la frecuencia cardíaca pico en hombres asociada a mayor masa corporal y demanda relativa durante las sentadillas introduzca ruido en la relación entre los componentes del IR y el rendimiento de campo; otra es que se trate de un artefacto del menor tamaño muestral en el subgrupo femenino. La confirmación de este hallazgo requeriría muestras balanceadas y de mayor tamaño.

Limitaciones

El presente estudio tiene varias limitaciones. En primer lugar, no se incorporó una medición criterio externa de la capacidad cardiovascular ($VO_{2\text{máx}}$, Course Navette o Cooper), por lo que la discusión sobre validez concurrente debe apoyarse en la literatura existente. En segundo lugar, no se registraron variables antropométricas (peso, talla, índice de masa corporal, composición corporal) ni cuantificación validada del nivel de actividad física mediante instrumentos como el IPAQ, lo que impide controlar potenciales confusores. En tercer lugar, el desbalance por sexo (38 hombres frente a 20 mujeres) limita la potencia del análisis comparativo y exploratorio por sexo.

CONCLUSIONES

La ausencia de correlación significativa entre el Índice de Ruffier y el Índice de Resistencia en estudiantes universitarios físicamente activos sugiere que la respuesta cardíaca submáxima a sentadillas no anticipa de forma confiable el rendimiento en una prueba de campo de resistencia relativa. Dos sujetos con el mismo Índice de Ruffier pueden presentar perfiles de rendimiento en campo claramente diferentes, lo que limita la utilidad del uso aislado del Test de Ruffier como herramienta clasificatoria del rendimiento en este tipo de población.

Se recomienda que los profesionales de la evaluación del rendimiento deportivo y la educación física integren el Test de Ruffier como parte de una batería de evaluaciones, complementándolo con pruebas de campo de mayor validez de criterio (Course Navette,

Cooper, Rockport o Chester step test) y con cuantificación objetiva del nivel de actividad física. Este estudio aporta evidencia mexicana al cuerpo creciente de literatura internacional que cuestiona el uso aislado del Test de Ruffier en adultos jóvenes universitarios y abre la puerta a futuras investigaciones que incorporen mediciones criterio, protocolos de campo estandarizados y muestras más amplias y balanceadas por sexo.

REFERENCIAS

- Apetsko, A., Kurhaluk, N., & Tkaczenko, H. (2026). Relationship between Ruffier Index-derived fitness levels and resting cardiovascular performance in young adults. *Biota. Human. Technology*, (1), 128–139. <https://doi.org/10.58407/bht.1.26.11>
- Berry, N. T., Bechke, E., Shriver, L. H., Calkins, S. D., Keane, S. P., Shanahan, L., & Wideman, L. (2021). Heart rate dynamics during acute recovery from maximal aerobic exercise in young adults. *Frontiers in Physiology*, 12, 627320. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.627320>
- Bragada, J. A., Bartolomeu, R. F., Rodrigues, P. M., Magalhães, P. M., Bragada, J. P., & Morais, J. E. (2022). Validation of StepTest4all for assessing cardiovascular capacity in young adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11274. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811274>
- Castro-Piñero, J., Marin-Jimenez, N., Fernandez-Santos, J. R., Martin-Acosta, F., Segura-Jimenez, V., Izquierdo-Gomez, R., Ruiz, J. R., & Cuenca-Garcia, M. (2021). Criterion-related validity of field-based fitness tests in adults: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(16), 3743. <https://doi.org/10.3390/jcm10163743>
- Dickson, J. M. (1950). The Ruffier test. *British Journal of Physical Medicine*, 13(2), 35–37.
- Ehsan, F., & Asim, M. (2023). Assessment of cardiorespiratory fitness by the Ruffier Dickson test and its correlation with lifestyle related factors: A cross-sectional study among Pakistani youth. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 73(9), 1833–1836. <https://doi.org/10.47391/JPMA.7669>
- Freire Nieto, M. D., Conlago Chancosi, E. V., Luján Pozo, D. I., & Talavera Iza, E. R. (2025). Relación entre actividad física y capacidad cardiovascular evaluada con el Test de Ruffier-Dickson en estudiantes universitarios. *Polo del Conocimiento*, 10(8). <https://doi.org/10.23857/pc.v10i8.10218>
- Liu, Z., Zheng, P., Fang, Y., Huang, J., Huang, J., Chen, L., Hu, Q., Zou, C., Tao, J., & Chen, L. (2024). Joint association of sedentary time and physical activity with abnormal heart rate recovery in young and middle-aged adults. *BMC Public Health*, 24(1), 1762. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-19298-9>
- Martín-Ruiz, J. (2026). Prediction of estimated VO₂max in active university students using field tests: Rockport Walk Test versus 20-m Shuttle Run. *Physiologia*, 6(2), 28. <https://doi.org/10.3390/physiologia6020028>
- Podstawski, R., Boryślawski, K., Ihász, F., & Gronek, P. (2025). International standards for the 12-minute Cooper test on a Concept 2 rowing ergometer: Validity and reliability of the test. *Journal of Human Kinetics*, 96, 89–100. <https://doi.org/10.5114/jhk/195638>
- Römer, C., & Wolfarth, B. (2023). Heart rate recovery (HRR) is not a singular predictor for physical fitness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 792. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010792>
- Ruffier, J. E. (1951). Considérations sur l'épreuve de Ruffier et le calcul de l'indice de résistance du cœur à l'effort. *Médecine, Éducation Physique et Sport*, 5, 7–14.
- Thomas, J. M., Black, W. S., Kern, P. A., Pendergast, J. S., & Clasey, J. L. (2022). Heart rate recovery as an assessment of cardiorespiratory fitness in young adults. *Journal of*

Clinical Exercise Physiology, 11(2), 44–53. <https://doi.org/10.31189/2165-6193-11.2.44> z
Trovato, B., Roggio, F., Petrigna, L., & Musumeci, G. (2023). Modified isoinertial-based Ruffier test in healthy individuals: A feasibility study. Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 8(2), 36. <https://doi.org/10.3390/jfmk8020036>

ARTÍCULOS DE *Revisión*



Depresión y trastornos mentales asociados en deportistas de élite: artículo de revisión

Depression and associated mental disorders in elite athletes: a review article

José Guadalupe García-Zavala

Maestro en Ciencias en Psicología del Deporte y la Actividad Física, Departamento de Psicología, Universidad Autónoma de Durango, México. 0009-0003-0169-7524 , bizraidjose0908@gmail.com

RESUMEN

La depresión y los trastornos mentales en los deportistas de élite siempre han existido, pero en los últimos años se ha incrementado su prevalencia. **Objetivo:** Analizar el impacto de la depresión y otros trastornos mentales en el deporte de élite. **Metodología:** Se ha realizado una revisión sistemática de distintas bases de datos: PubMed, Cinahl complete, sciELO, Web of Science. Se eligió el sistema SPC (Situación, Población y Cuestión), identificando los términos de búsqueda mediante el descriptor DECS. Se obtuvieron 242 artículos, de los cuales tras el posterior análisis se redujeron a 18. **Resultados:** La prevalencia de trastornos de la salud mental alcanza un 50% en los deportistas de élite, siendo la ansiedad (56%), la depresión (48%), los trastornos de sueño (26%) y abuso de alcohol (19%) respectivamente. **Conclusión:** Se observa una alta prevalencia, de un 50% de trastornos mentales, destacando la ansiedad y la depresión. Estos atletas se someten a múltiples factores de riesgo, siendo el sobre entrenamiento uno de ellos. Es importante su detección para realizar un diagnóstico oportuno y derivar para un tratamiento especializado en tiempo y forma, así como promover la sensibilización en la comunidad deportiva para afrontar estos problemas de forma eficiente en beneficio de todas y todos.

Palabras clave: psicología deportiva; trastornos mentales; prevalencia; atleta de élite.

ABSTRACT

Depression and mental disorders in elite athletes have always existed, but their prevalence has increased in recent years. **Objective:** To analyze the impact of depression and other mental disorders in elite sports. **Methodology:** A systematic review was conducted using various databases: PubMed, CINAHL Complete, SciELO, and Web of Science. The SPC (Situation, Population, and Issue) system was chosen, identifying search terms using the DeCS descriptor. 242 articles were retrieved, which were then reduced to 18 after analysis. **Results:** The prevalence of mental health disorders reaches 50% in elite athletes, with anxiety (56%), depression (48%), sleep disorders (26%), and alcohol abuse (19%) being the most prevalent. **Conclusion:** A high prevalence of mental disorders (50%) was observed, with anxiety and depression being the most prominent. These athletes are subject to multiple risk factors, with overtraining being one of them. Early detection is crucial for timely diagnosis and referral for specialized treatment, as well as for raising awareness within the sports community to address these issues effectively for the benefit of everyone.

Keywords: sports psychology; mental disorders; prevalence; elite athlete.

Citar como: García-Zavala, J. G. (2026). Depresión y trastornos mentales asociados en deportistas de élite: artículo de revisión. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 02 de febrero de 2026 / Aceptado: 24 de marzo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

Lebrun et. al., (2018) plantea que los trastornos mentales en los deportistas de élite siempre han existido, pero los problemas de salud mental de los deportistas regularmente se han mantenido ocultos, siendo considerados como un estigma que es preciso no revelar. Es por ese motivo por el que muchos de los deportistas piensan que la búsqueda apropiada de ayuda para solventar dichos problemas sería considerada como un signo de debilidad. En el deporte de alto nivel ningún espectador se podría llegar a imaginar que un atleta pueda llegar a sufrir dichos trastornos mentales, ya que tienen el pensamiento de que, al estar en lo más alto, deben sentirse triunfadores y no es lógico que padezcan problemas psicológicos. Todo ello dificulta el diagnóstico precoz, necesario para poder evitar las graves sintomatologías consecuentes.

Actualmente, en los medios de comunicación, se hace más hincapié en los problemas de salud mental, con la consecuente normalización de poder padecerlos. Un ejemplo mediático es el de Simone Biles, éste caso dio un giro completo al estigma que todos los atletas sufrían, pues en plenos Juegos Olímpicos de Tokio 2020 expresó su disconformidad a dicha estigmatización y al silencio que tenían que sufrir para no afrontar las consecuencias negativas que todo deportista experimenta tras comunicar que padece problemas de salud mental. Fue en este momento cuando la gimnasta estadounidense hizo público los trastornos mentales que estaba sufriendo, el tema adquirió una gran relevancia a nivel mundial. Todos los atletas aprendieron que hay que dar un paso adelante, aceptar los problemas y ser valiente para pedir ayuda en el caso de padecer trastornos mentales que cursan con tanto sufrimiento a nivel personal (Laborde, 2021).

Laborde, A. (2021) señala que las conceptualizaciones predominantes en el deporte de élite han tendido a adoptar el punto de vista de que la mala salud mental es un problema que hay con el atleta individual. Dicha interpretación puede ser algo problemática, ya que, puede llevar a patologizar al deportista individual ignorando relevantes relaciones entre los factores a nivel individual y los contextos sociales-culturales. La base de la evidencia con respecto al bienestar y la salud mental de esta población en concreto está limitada por la escasez de estudios de alta calidad, pero lo que sí está claro es que los atletas de élite son más vulnerables a padecer cierta variedad de problemas de salud mental debido a la gran diversidad de factores de riesgo a los que están supeditados.

Goutteborge et. al., (2021) afirma que los deportistas considerados de élite son los definidos como atletas profesionales, olímpicos, paralímpicos o de nivel universitario; mayores de 16 años. Estos, se someten a una combinación única de retos con la consecuencia de ser más susceptibles a determinados problemas de salud mental. Sufren intensas demandas tanto físicas como mentales, por el simple hecho de estar en una carrera profesional deportiva. La importancia de investigar sobre este tema surge del rápido aumento a lo largo de los años del número de casos relacionados con el mismo. La existencia de numerosos estigmas en deportistas de alto nivel hace que el riesgo de padecer problemas de salud mental se incremente, así como la incompreensión propia

ante el desconocimiento de su sufrimiento y la relación con su rendimiento. La gestión del cuidado a la salud, la psicología deportiva es muy importante, pueden hacer que el deporte sea más seguro, propiciando así nuevas perspectivas de cuidado a la salud de los atletas desde la iniciación deportiva hasta el alto rendimiento.

Por lo que, analizar el impacto que tiene el deporte de élite en la salud mental, podría dar lugar a soluciones tales como prevenir trastornos mentales, actuando sobre los factores de riesgo y fomentando el papel clave que tienen los factores de protección.

DESARROLLO

La elección de diseño de este trabajo se ha basado en una revisión bibliográfica que comprendió los meses de octubre de 2025 a febrero de 2026, con la finalidad de analizar toda la información necesaria para poder así responder a la pregunta inicial de partida: ¿Cuál es la prevalencia de trastornos mentales en los deportistas de élite? Para la construcción de la ecuación de búsqueda se ha seguido el sistema SPC, el cual en este caso sería: - S - Situación: Trastornos mentales. - P - Población: Deportistas de alto rendimiento. - C - Cuestión: Prevalencia de enfermedades mentales en el deporte de élite.

Se redujo la búsqueda bibliográfica concretando los siguientes criterios de inclusión: - Tiempo: Artículos publicados en los últimos 5 años. - Lengua: Sólo artículos en inglés, español y portugués. - Rango de Edad analizado: 16 a 38 edad - Tipo de estudios: Revisiones, estudios cuantitativos, cualitativos y mixtos. - Tipo de documentos: Libre acceso. En cuanto a los criterios de exclusión: - Tiempo: Artículos con antigüedad superior a 10 años. - Lengua: Diferente idioma al inglés, español y portugués. - Edad: Superior a la mediana edad - Tipo de estudios: Estudios de características distintas a los relatados en los criterios de inclusión, como estudios clínicos. - Tipo de documentos: Acceso privado.

Se ha realizado una revisión bibliográfica de distintas bases de datos: PubMed (por ser una gran referencia en investigación en el área de salud); SciELO (por tener la posibilidad de encontrar literatura publicada tanto en español como en portugués); Web of Science (principal base de dato mundial de citas de publicaciones periódicas y de referencias bibliográficas); Google Scholar; PubMed Central (National Library of Medicine) y Cinahl complete. Se eligió el sistema SPC (Situación, Población y Cuestión), identificando los términos de búsqueda mediante los descriptores reconocidos por los tesauros MeSH (Medical Subject Headings) y DECS (Descriptores en Ciencias de la salud): Atletas de élite (elite athletes), trastornos mentales (mental disorder), prevalencia (prevalence) y adulto joven (Young adult). Se obtuvieron 242 artículos, los cuales tras la lectura crítica y el posterior análisis se han reducido a 18.

Prevalencia

Los datos aportados con relación a la prevalencia de los trastornos mentales en deportistas de élite señalan unanimidad en detectar una mayor prevalencia de síntomas de angustia, trastornos del sueño, de ansiedad/depresión y abuso de alcohol. Según la

revisión sistemática y meta-análisis realizada por Goutteborge et. al., (2019), en 22 estudios se señalan la existencia de síntomas y trastornos de salud mental entre los deportistas de élite, destacando los síntomas de angustia, trastornos del sueño, ansiedad/depresión y abuso de alcohol. Hemos de resaltar que, en 11 de los 22 estudios, los síntomas de angustia se encontraron en deportistas masculinos y femeninos de edades entre 16 y 29 años.

En el metaanálisis realizado por Goutteborge et. al., (2019), detectaron que un 19% de los atletas padecían síntomas de angustia, un 26,4% tenían trastornos del sueño. En 9 de los 22 estudios analizados se señalan que un 33,6% padecían síntomas de ansiedad. Respecto al abuso de alcohol, 11 estudios proporcionaron una prevalencia del 18,8%.

Por otra parte, Li et. al., (2021) desarrolló una investigación con participantes de edad media de 20,3 años, los cuales practicaban un deporte individual. Una cuarta parte del total de participantes cumplía el umbral diagnóstico de Trastorno de Ansiedad Generalizada, se trataba del 22% de los participantes. Según Åkesdotter et. al., (2020), la prevalencia puntual de padecer problemas de salud mental en el contexto deportivo de élite gira en torno al 11,7%, mientras que la prevalencia de padecerlo a lo largo de su vida deportiva es del 51,7%. La edad media de inicio de la sintomatología de los trastornos mentales era de 19,2 años. Sin embargo, los deportistas que tenían antecedentes de problemas de salud mental presentaban la siguiente casuística: el 24,4% refirió haber tenido tan sólo 1 episodio, el 27,9 % padecieron 2 episodios y el 47,7% 3 o más episodios.

En el caso de sintomatología perteneciente a la ansiedad, el 12,6% alcanzó el punto de corte para síntomas considerados como de gravedad moderada y un 4,2% presentó síntomas de alta gravedad. En la depresión, el 14,7% presentaron síntomas depresivos moderados y un 3,6% sintomatología grave. En total, el 19,5% alcanzaron los umbrales clínicos moderados para síntomas de ansiedad y/o depresión. Los síntomas de TDAH estuvieron presentes en un 5,4% sin embargo el consumo peligroso de alcohol se halló en un 25,8%. En general, el 29,1% declararon haber buscado ayuda. Según Åkesdotter et. al., (2020) existían diagnósticos psiquiátricos previos en el 8,1%. Incluso relató que los trastornos más frecuentes según su estudio fueron: trastornos depresivos, trastornos alimentarios o los trastornos relacionados con el trauma y el estrés.

Según Souter, Lewis, & Serrant, (2018), en los atletas universitarios de EE.UU., el 21,4% declararon haber padecido síntomas clínicos de depresión, y en el caso de los atletas australianos el 46,4% experimentaron síntomas de, al menos, un trastorno mental común, señalando que un 27,2% han padecido depresión. De hecho, los deportistas de élite varones son más vulnerables a los trastornos alimentarios que los varones de la población general. El 59% de los jóvenes deportistas de élite estaban insatisfechos con su cuerpo, el 19% se encontraban en ese momento a dieta y el 11% padecían trastornos alimentarios.

Según señala Kristjánsdóttir et. al., (2019), describe que las mujeres superan la puntuación de corte clínica para las preocupaciones sobre la imagen corporal, siendo de un 25,3%.

Siendo la prevalencia de padecer preocupación severa o moderada por la imagen corporal de un 17,3%, llegando al 39,4% en el caso de la estética deportiva, en el caso de las gimnastas artísticas femeninas.

Los estudios con muestras de mayor tamaño ($N > 100$) notificaron, con frecuencia, tasas combinadas de trastornos de alta prevalencia, es decir, trastornos del estado de ánimo o de ansiedad, según la revisión sistemática-narrativa de Rice et. al., (2016), hasta el 46,4% de los deportistas australianos cumplían con el criterio de corte clínico en padecer un trastorno de salud mental diagnosticable basado en escalas estandarizadas con tasas identificadas de: Depresión (27,2%), Trastorno de la conducta alimentaria (22,8%) y Trastorno de ansiedad como es el caso de la fobia social (14,7%). Asimismo, este estudio informó de problemas de sueño relativamente frecuentes en el 21,5% de los deportistas.

Tras conocer la prevalencia que existe en padecer trastornos de salud mental en deportistas de alto nivel, se ha recogido en la siguiente tabla 1, los problemas mentales más repetidos y con mayor prevalencia.

Tabla 1.

Esquema de los problemas de salud mental más frecuentes en los deportistas de élite.

TRASTORNOS MENTALES MÁS FRECUENTES	PREVALENCIA
Depresión	49%
Trastorno de ansiedad generalizada	34%
Trastorno del sueño	26%
Abuso con el alcohol	25,8%
Angustia	16%
Trastornos alimentarios	11%
TOTAL	50% de la población de deportistas de élite han sufrido en algún momento de su vida un problema de salud mental.

Fuente: Rice, S. M., Purcell, R., De Silva, S., Mawren, D., McGorry, P. D., & Parker, A. G. (2016). The Mental Health of Elite Athletes: A Narrative Systematic Review. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 46(9), 1333–1353

Factores de riesgo

Según Li et. al., (2021) los resultados de las correlaciones de orden cero indicaron asociaciones significativas entre el Trastorno de Ansiedad Generalizada (TAG) y cinco variables: lesiones deportivas, TDAH, miedo al fracaso, fortaleza mental y la satisfacción con el deporte; por lo que un historial de lesiones, un alto riesgo de padecer Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad y un alto nivel de miedo al fracaso fueron factores de riesgo significativos para el Trastorno de Ansiedad Generalizada.

Los deportistas de alto rendimiento según el artículo realizado por Souter, Lewis, & Serrant, (2018) pueden estar más predispuestos a la depresión que la población general, debido a las altas exigencias físicas y psicológicas que les impone el entorno deportivo, ya que se asocia mantener un elevado estatus junto con la presión extrema que

experimentan, ya que, están expuestos a factores estresantes similares a los de la población general como sufrir duelos, problemas de salud y rupturas sentimentales.

El rendimiento evaluado públicamente y la aceptación percibida en un entorno de élite (que depende de los resultados obtenidos) puede ser un gran factor de vulnerabilidad para padecer depresión. El estrés deportivo junto con otros factores como: alejamiento del hogar, conductas de riesgo, los trastornos alimentarios, lesiones, presiones sobre el rendimiento, pueden aumentar el riesgo de que los deportistas de élite desarrollen trastornos mentales comunes. De hecho, existe una relación significativa entre los síntomas depresivos de un atleta y su rendimiento, ya que a medida que se intensifican las experiencias depresivas, su rendimiento se ve afectado negativamente por la sintomatología de los trastornos mentales.

El sobreentrenamiento puede llegar a provocar respuestas inadaptadas, además de tener un gran impacto en el rendimiento deportivo. Según Souter, Lewis, & Serrant, (2018) la prevalencia de sufrir dicho factor de riesgo oscila entre el 20-60%. Incluso las relaciones interpersonales pueden tratarse de aspectos negativos como en el caso de conflictos con los entrenadores, compañeros y su propia familia, o por la sensación de haber defraudado a los compañeros en algún momento.

La ansiedad precompetitiva que experimentan los deportistas a niveles muy altos durante las altas competencias puede tener consecuencias negativas para el nivel del rendimiento óptimo según nos relatan Souter, Lewis, & Serrant, (2018), el cual analizó también la prevalencia de síntomas de Trastorno de Ansiedad Generalizada oscilando entre el 10,1-14,6%, lo que supera la tasa de la población general que se trata de un 5%.

Asimismo, Souter, Lewis, & Serrant, (2018) señalan que hay gran variedad de pruebas que sugieren que los deportistas que han sufrido una conmoción cerebral pueden tener un elevado riesgo de padecer síntomas de ansiedad, así como los deportistas de élite que practican deportes en los que el peso es importante, corren un elevado riesgo de desarrollar trastornos alimentarios.

La revisión sistemática-narrativa de Rice et. al., (2016) concluyó con un total de 60 estudios: 4 estudios de los 60 se centraron en la ansiedad en deportistas de élite, en concreto, se observó que los niveles más altos de ansiedad en los deportistas estaban relacionados con patrones negativos de perfeccionismo. Sin embargo 10 estudios de los 60, examinaron la gran prevalencia de trastornos alimentarios y de la imagen corporal, en deportes que enfatizan la delgadez o un menor peso corporal. Las exigencias que producen ciertos deportes, sería el gran factor de riesgo para padecer dicho trastorno, al igual que padecer una lesión importante o comenzar con los entrenamientos en edad más temprana.

En el caso del estrés y el afrontamiento en deportistas de élite, hubo un total de 22

estudios que argumentaban la siguiente conclusión: las lesiones, errores en el campo deportivo, fatiga y el clima que haya en el club/organización se identificaron como fuentes comunes de estrés entre los deportistas de élite. A nivel individual los factores de riesgo pueden ser: una alteración del sueño de moderada a grave, haber experimentado 2 o más acontecimientos adversos en el último año, estar insatisfecho con el equilibrio vital, incluso haber sufrido cualquier conmoción cerebral relacionada con el deporte, se asociaron con mayores síntomas de salud mental. A nivel individual podrían ser: sentirse aislado, carecer de compañía, sentirse excluido, incluso tener un apoyo social inadecuado se asociaron con una elevada probabilidad de padecer problemas de salud mental.

En el nivel interpersonal y social se pueden considerar como factores de riesgo, el hecho de participar en un deporte individual y perderse acontecimientos personales significativos debido a los desplazamientos con el deporte.

Según Olive et. al., (2022) observó que el uso de las redes sociales superior a las 2 horas al día y el hecho de no participar activamente en el deporte se asocian con mayor riesgo de problemas de salud mental. Según McLoughlin et. al., (2021) observó que los deportistas de élite presentaban una media de 13 factores estresantes a lo largo de su vida: una media de 8 acontecimientos vitales agudos, 5 dificultades crónicas, 3 adversidades en los primeros años de vida y 10 en la edad adulta. Reveló que tanto las dificultades crónicas como los acontecimientos vitales agudos, conducen significativamente a mayores síntomas de depresión y ansiedad por encima y más allá de la edad y el género. Además, el recuento total de estresores que predijeron significativamente los síntomas de depresión son los siguientes: trabajo, pareja, aspectos financieros, atrapamiento, interrupción de rol, humillación y pérdida interpersonal. A continuación, se realiza una tabla 2 con la recopilación de los principales trastornos mentales en deportistas de élite en relación con los consecuentes desencadenantes y los factores de riesgos para desarrollar trastornos mentales.

Tabla 2.

Trastornos mentales más prevalentes en relación con sus principales factores de riesgo.

TRASTORNOS MENTALES	FACTORES DE RIESGO
Trastorno de ansiedad generalizada	Lesiones deportivas, Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad, miedo al fracaso, estrés adicional, alejamiento del hogar, conductas de riesgo, presiones sobre rendimiento, sobre entrenamiento, patrones negativos de perfeccionismo y acontecimientos vitales.
Depresión	Altas exigencias físicas, altas exigencias psicológicas, presión extrema, rendimiento evaluado públicamente, aceptación percibida en el entorno y acontecimientos vitales
Trastornos alimentarios	Deportes en los que el peso es importante, deportes que enfatizan la delgadez o un menor peso corporal, lesiones y comenzar con edad más temprana el deporte
Excesivo estrés	Lesiones, errores en el campo deportivo, fatiga y clima en la organización
Abuso de alcohol	Lesiones, estrés adicional, altas exigencias psicológicas. Y acontecimientos vitales.
Trastorno del sueño	Sobre entrenamiento, presión extrema y lesiones.

Tras conocer esta tabla con los consecuentes factores de riesgo en cada trastorno mental, se ha realizado la siguiente tabla 3, para observar la diferencia que existe en los factores de riesgo dependiendo del sexo.

Tabla 3.

Diferencias de factores de riesgo entre ambos sexos.

HOMBRES	MUJERES	AMBOS
• Insatisfacción corporal en relación con la ansiedad / insomnio. • Experiencia de abuso en medios sociales asociado con la disfunción social y producción de quejas somáticas y síndromes dolorosos. • Dificultades económicas desencadenantes para la ansiedad generalizada, insomnio y el trastorno depresivo Mayor o severo.	• Insatisfacción corporal asociada con Trastorno depresivo mayor. severo. • Escasa satisfacción con el apoyo social recibido para los trastornos mentales. • Consumo de alcohol asociado a mayor ansiedad generalizada /insomnio y quejas somáticas. • Mayor prevalencia de efectos adversos como: conflictos interpersonales, deterioro de la calidad de vida, discriminación, problemas en el trabajo y percepciones negativas que ellas experimentan o sexualizadas con su cuerpo.	• Baja autoestima se asoció consistentemente con peores resultados en el rendimiento deportivo y en menor grado de salud mental a corto y mediano plazo.

Fuente: Colagrai, et. al., (2022).

Factores de protección

Según Li et. al., (2021) niveles más altos de fortaleza mental y satisfacción en el deporte fueron factores protectores triviales para el Trastorno de ansiedad generalizada. Según Souter, Lewis, & Serrant, (2018) la ansiedad precompetitiva en los deportistas de alto rendimiento puede ser tanto facilitadora como debilitadora, motivo por el cual debe de ser de vital importancia para los psicólogos deportivos que trabajan en el alto rendimiento con el fin de evitar efectos adversos al usar una u otra técnica para el control del estrés y el manejo de la ansiedad en las altas competencias internacionales. La ansiedad puede estar relacionada con la autoconfianza, y los niveles de ésta pueden fluctuar en las fechas más próximas al evento principal de la competición y en función del nivel de exigencia y la experiencia previa del deportista en los escenarios internacionales.

Los altos niveles de autoconfianza pueden ayudar a proteger a los deportistas para que no interpreten los síntomas de ansiedad como debilitantes y así cambien su respuesta emocional a un estado positivo.

Normalmente, el objetivo de los estudios sobre el bienestar psicológico de los deportistas de élite suele ser la promoción de la salud mental y la consecuente búsqueda de factores de protección en el contexto deportivo de alto rendimiento tales como: disfrutar de los logros y las experiencias deportivas para recargar energía, incrementar la estabilidad

emocional durante la alta competición, desarrollar la propia fortaleza mental, incluso la satisfacción que tienen los atletas con su propio deporte buscado el equilibrio entre el resultado deportivo y la salud mental.

A continuación, se encuentra una tabla 4 con los principales factores de protección que tienen gran importancia en minimizar la prevalencia de padecer trastornos mentales durante su carrera deportiva en el alto rendimiento.

Tabla 4.

Principales factores de protección dirigidos a reducir la prevalencia de los problemas de salud mental.

TRASTORNOS MENTALES	FACTORES DE PROTECCIÓN
Trastorno de ansiedad generalizada	Niveles más elevados de fortaleza mental, mayor satisfacción de uno mismo, menor nivel de ansiedad precompetitiva, mayor nivel de autoconfianza, control y estabilidad emocional, control de pensamiento negativo, así como el uso de rutinas competitivas, plan de manejo de contingencias y pensamiento positivo.
Estrés	Disfrutar de los logros deportivos, uso de auto instrucciones, el desarrollo de una alta tolerancia a la frustración, manejo de los malos resultados deportivos, incrementar la resiliencia y el nivel de fortaleza mental.

Fuente: McLoughlin et. al., (2022).

Según Souter, Lewis, & Serrant, (2018), encontró que los boxeadores de élite varones son más vulnerables a los trastornos alimentarios que los varones de la población general, siendo la prevalencia del 10%, 17% y 42% respectivamente para los deportes de resistencia y de peso. Asimismo, hemos de resaltar la gran prevalencia de este tipo de trastornos en el caso de las mujeres de un 25,3%, que incluso superan la puntuación de corte clínica para las preocupaciones sobre la imagen corporal.

En concreto, en el caso de las gimnastas artísticas femeninas, se ha encontrado que la preocupación por la imagen corporal es el predictor más fuerte de trastornos alimentarios, observándose valores más altos de prevalencia para los deportes estéticos que para los deportes de categoría de peso. En cuanto a los deportes de categoría de peso, también se encuentran dentro de los deportes de riesgo de padecer dicho trastorno, pues existe una gran limitación de participación en campeonatos, ya que la participación está limitada a un representante de cada país por categoría de peso, generando así una gran rivalidad entre atletas que provocan una gran motivación para realizar dichos cambios tan drásticos de peso. Una participante del estudio de Rueda Flores et. al., (2023), comentaba algo impactante: "...si una persona pesa 57 kilos y la ves muy bien, muy delgada, y sube dos kilos más, ya se ve y dice: Dios mío, he engordado muchísimo. Es un martirio continuo".

Es importante destacar que, en el caso de la depresión, según Gouttebarger et. al., (2021),

la prevalencia se encuentra en un 34%, pero es curioso que la prevalencia se eleva hasta llegar a un 48% con medidas de autoinforme. Esta elevación del porcentaje es causada por factores muy comunes en el mundo deportivo, ya que, están constantemente sometidos a altas exigencias tanto físicas como psicológicas, sin olvidar, la presión extrema que soportan para conseguir ese rendimiento que se encuentra tan evaluado públicamente, pues la función de dicho público se basa principalmente en comentar las actuaciones de los deportistas en todo momento, algo normal pero en muchas ocasiones la presión es excesiva, hasta el punto de sobrepasar un límite que afecte al deportista de élite.

Por otro lado, no hemos de olvidar que los deportistas de alto rendimiento siguen siendo personas, estando así influenciados por acontecimientos vitales adversos que hacen que esos síntomas se agraven o incluso que aparezcan en cualquier circunstancia.

En el caso de los hombres, según Walton et. al., (2021), el trastorno depresivo mayor suele estar asociado a tener dificultades económicas pues es una situación de incertidumbre que les puede producir insomnio e incluso ansiedad continuada en el tiempo, lo que significa factor estresor extra aunado a la carrera deportiva, pues están totalmente rodeados de factores de riesgo en su vida cotidiana. Sin embargo, las mujeres deportistas que presentan un trastorno depresivo mayor suelen presentar insatisfacción corporal y baja autoestima.

La prevalencia de padecer depresión y la de ansiedad es bastante similar, pues tienen muchos factores de riesgo en común, ya que normalmente deportistas con trastorno depresivo mayor han cursado con un trastorno de ansiedad en algún momento.

El Trastorno de Ansiedad Generalizada, según informa Li et. al., (2021), se encuentra en estrecha relación con el estrés adicional que sufren los atletas de élite, como bien refiere McLoughlin et. al., (2022), donde los participantes de su investigación experimentaron una media de 13 factores estresantes a lo largo de su vida. Además, demuestra que esa elevada exposición al estrés difiere según los tipos específicos de estrés que haya experimentado el atleta, así como de la capacidad de afrontamiento que el atleta tiene. Cabe destacar que los deportistas se encuentran sucesivamente en contacto con lesiones deportivas, ya que están la mayor parte de sus días realizando esfuerzos físicos a altos niveles.

El agravante de las lesiones es el miedo al fracaso, pues son percibidas como un obstáculo para continuar con ese rendimiento que estaban teniendo hasta el momento de la lesión, en lugar de aprender de ella. Las conductas de riesgo ante el miedo al fracaso y a la presión mediática, como es el ejemplo de entrenar más de lo aconsejado (sobreentrenamiento), lleva a los deportistas a tener patrones negativos de perfeccionismo. Las exigencias estresantes percibidas, son las causantes de padecer dicho patrón, ya que desean que les salga todo a la perfección, sin darse cuenta de que con esas conductas suelen perjudicar su rendimiento deportivo. Por otra parte, las

mujeres junto a los más jóvenes están sometidos a mayor estrés en su vida ya sea por discriminación sexual (en el caso de las mujeres) o por estar en constantes cambios (en el caso de los jóvenes), esta población tiende a presentar un mayor nivel de ansiedad que en el caso de los hombres y atletas de mayor edad.

La gran mayoría de los deportistas recurren al consumo excesivo de alcohol para así poder evadirse del mundo externo, presiones mediáticas o incluso de acontecimientos vitales estresantes, realizando así conductas indebidas (la gran mayoría sin ser conscientes de lo que eso puede repercutir negativamente en su estado de salud, agravando su patología psicológica). Según Åkesdotter (2020), un 25,8% de los atletas de alto rendimiento señalan haber tenido problemas de alcoholemia, utilizándolo como método evitativo de sucesos que estaban viviendo. Aunque haya cierta diferencia entre los dos autores, la conclusión es la misma: hay gran prevalencia en los atletas de élite en recurrir al alcohol, antes que a recurrir al psicólogo.

Esto es llamativo y puede ser el motivo del diagnóstico tardío de los trastornos mentales en esta población, ya que la gran mayoría recurren al psicólogo cuándo ya han utilizado todos los remedios posibles, sin darse cuenta de lo que esto puede agravar su situación psicológica.

Es interesante la relación directa y sucesiva que tiene el consumo abusivo de alcohol con el patrón alterado del sueño. Según Åkesdotter (2020), señala que la prevalencia de abuso de alcohol es similar a la prevalencia que señala Goutteborge et. al., (2019), referente a los trastornos del sueño, en torno a un 26%. Es en este momento cuando podemos comprobar la relación directa que tienen estos dos trastornos. Es algo evidente, pues una persona que realiza un consumo excesivo de alcohol tiene problemas para conciliar el sueño, incluso para mantenerlo, derivando así en el insomnio. Por este motivo, Walton et. al., (2021), señalaba en su artículo las diferencias de factores de riesgo entre hombres y mujeres. En el caso de las mujeres, tenían una asociación directa entre el consumo abusivo de alcohol con padecer mayor nivel de ansiedad e insomnio, incluso de quejas somáticas; que por el contrario en los hombres va asociado a la insatisfacción corporal. Asimismo, se demostró que los hombres experimentaban más dificultades financieras y abuso en las redes sociales provocando así problemas de salud mental.

A raíz de los datos proporcionados por el análisis realizado, consideramos muy importante el diagnóstico precoz de trastornos de salud mental, siendo óptimo y esencial para así poder disminuir la elevada prevalencia que existe.

La Herramienta de Evaluación de la Salud Mental en el Deporte conocida como SMAHT- 1, permite identificar en una fase temprana, a los deportistas que necesitan tratamiento para algún trastorno de salud mental que estén sufriendo. Esta prueba debe incluirse en el período previo a la competición (es decir, idealmente unas semanas después del inicio del entrenamiento deportivo), así como en el período de mitad y final de temporada.

La Herramienta de Reconocimiento de la Salud Mental en el Deporte conocida como SMHRT-1, se desarrolló para los deportistas y su entorno. El objetivo de dicha herramienta es facilitar la detección precoz de la sintomatología de salud mental en los deportistas de alto nivel (profesionales, olímpicos, paralímpicos o universitarios; mayores de 16 años) para promover la búsqueda de ayuda para esos deportistas, que necesitan la adecuada asistencia de un médico especialista en medicina deportiva u otro profesional sanitario autorizado/ registrado, facilitando así la evaluación posterior con el tratamiento subsiguiente.

La SMHAT-1 y la SMHRT-1 permiten que los síntomas y trastornos de salud mental en los deportistas de élite se reconozcan antes de lo que lo harían otras metodologías. Se realizan en tres pasos: triaje, cribado e intervención con un último paso de (re)evaluación. La creación de dichas herramientas surgió en 2017, tras la Declaración de Consenso del Comité Olímpico Internacional, COI, sobre la salud mental en los atletas de élite. Una de las principales recomendaciones incorporadas en esta declaración, fue que existe la necesidad de detectar adecuadamente los síntomas y trastornos de salud mental en los atletas de élite a lo largo de su carrera deportiva para así garantizar que los atletas afectados finalmente reciban el apoyo y el tratamiento que necesitan.

Tras el análisis del gran problema descrito, los trastornos de salud mental en deportistas de alto rendimiento se han creado unas intervenciones dirigidas a minimizar el impacto de esa elevada prevalencia. En septiembre de 2018 se realizó una Declaración de Consenso siendo producto de un Think Tank Internacional sobre Salud Mental en el Deportista, celebrado en la Universidad del sur de Dinamarca por iniciativa de la Sociedad Internacional de Psicología del Deporte (ISSP) (Henriksen, 2020). El propósito del Think Tank fue unificar a las principales organizaciones de psicología deportiva en un debate sobre el estado actual, junto con los desafíos futuros de los aspectos aplicados y de investigación, desarrollando así recomendaciones tanto para las organizaciones deportivas, atletas como para los investigadores. Hay una gran diversidad en cuanto a recomendaciones planteadas, tales como que las organizaciones deportivas, los profesionales y los investigadores deberían prestar la debida atención a la salud mental del deportista de élite en sus esfuerzos para promover el rendimiento deportivo, y esto debería de estar explícitamente redactado en los manuales de procedimientos y protocolos a seguir ante estos casos. Los investigadores deben unirse para desarrollar una definición más contextualizada de la salud mental del deportista y estrategias de evaluación más exhaustivas, así como que complementen fuerzas con las organizaciones deportivas para poder así investigar entornos deportivos de élite sostenibles junto con el papel del responsable de salud mental.

Es recomendable que las federaciones deportivas nacionales e internacionales reconozcan la salud mental de los deportistas como un componente esencial de un sistema deportivo de élite saludable, con un indicador clave de su eficacia, que apoyen las iniciativas de investigación y promuevan los conocimientos sobre salud mental de todo el

personal que éste engloba, al tiempo que contratan a un responsable de salud mental, con la consecuente responsabilidad de controlar un sistema de apoyo a la salud mental de los deportistas.

Según Åkesdotter (2020), ayuda a la intervención para minimizar el impacto que están teniendo los trastornos de salud mental, señalando la gran importancia de centrar la atención en la prevención, en los esfuerzos para facilitar la búsqueda de ayuda y tratamiento precoz, así como en la necesidad de abordar estas cuestiones en cada una de las etapas que pasa un deportista. Lebrun et. al., (2018), señala la gran necesidad de proporcionar herramientas a los deportistas y a sus equipos técnicos de entrenamiento para que se des estigmaticen los problemas de salud mental en el deporte de élite y de formación. Todos los atletas necesitan más educación y recursos para mantener su salud mental e incrementar sus resultados deportivos, así como para luchar contra el estigma de las alteraciones mentales en el deporte de élite.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión indican que existe una elevada prevalencia de trastornos mentales en los deportistas de alto rendimiento que alcanza un 50%. Los trastornos de depresión y ansiedad son los que tienen una prevalencia más elevada, seguidos de los trastornos de sueño y abuso de alcohol.

Los trastornos de conducta alimentaria son más frecuentes en deportes en los que el peso es importante: gimnastas, halterofilia, etc., y en deportes que enfatizan la delgadez o un menor peso corporal. Cabe destacar que los atletas de deportes de combate de élite varones son más vulnerables a los trastornos alimentarios que los varones de la población general.

Un gran porcentaje de los deportistas recurren al consumo excesivo de alcohol para así poder evadirse del mundo externo, presiones mediáticas o incluso de acontecimientos vitales estresantes, realizando así conductas indebidas. Existe una relación directa entre el consumo abusivo de alcohol y el patrón alterado del sueño.

Los principales factores de riesgo para padecer trastornos mentales en el deporte de alto rendimiento son: la edad, lesiones, altos niveles de exigencias junto con patrón de conducta de perfeccionismo, acontecimientos vitales estresantes, sobre entrenamiento, dificultades económicas y falta de apoyo social.

Es recomendable que las federaciones deportivas nacionales e internacionales reconozcan la salud mental de los deportistas como un componente esencial de un sistema deportivo de élite saludable con un indicador clave de su eficacia.

Todos los atletas necesitan más educación y recursos para mantener su salud mental y buscar los mejores los resultados deportivos en su especialidad deportiva.

Se debe aumentar la educación y concientización en salud mental de los deportistas de alto rendimiento y de élite con el fin de reducir los tiempos en el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los trastornos mentales, para reducir las complicaciones sobre el atleta, su familia y el desarrollo de su carrera deportiva.

REFERENCIAS

- Åkesdotter, C., Kenttä, G., Eloranta, S., & Franck, J. (2020). The prevalence of mental health problems in elite athletes. *Journal of science and medicine in sport*, 23(4), 329–335. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.10.022>
- Colagrai, A.C., Barreira, J., Nascimento, F.T. y Fernandes, P.T. (2022). Salud y trastorno mental en deportistas de alto rendimiento: mapeo de artículos científicos internacionales. *Movimiento*, 28, e28008. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.118845>
- Goutteborge, V., Bindra, A., Blauwet, C., Campriani, N., Currie, A., Engebretsen, L., Hainline, B., Kroshus, E., McDuff, D., Mountjoy, M., Purcell, R., Putukian, M., Reardon, C. L., Rice, S. M., & Budgett, R. (2021). International Olympic Committee (IOC) Sport Mental Health Assessment Tool 1 (SMHAT-1) and Sport Mental Health Recognition Tool 1 (SMHRT-1): towards better support of athletes' mental health. *British journal of sports medicine*, 55(1), 30–37. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102411>
- Goutteborge, V., Castaldelli-Maia, J. M., Gorczynski, P., Hainline, B., Hitchcock, M. E., Kerkhoffs, G. M., Rice, S. M., & Reardon, C. L. (2019). Occurrence of mental health symptoms and disorders in current and former elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 53(11), 700–706. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100671>
- Kristjánsdóttir, H., Sigurðardóttir, P., Jónsdóttir, S., Þorsteinsdóttir, G., & Saavedra, J. (2019). Body Image Concern and Eating Disorder Symptoms Among Elite Icelandic Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 16(15), 2728. <https://doi.org/10.3390/ijerph16152728>
- Laborde, A. (2021, September 15). Simone Biles declara en el Senado: “Culpo del abuso sexual a Nassar y a todo el sistema que lo permitió.” Ediciones EL PAÍS S.L. <https://elpais.com/deportes/2021-09-15/simone-biles-declara-en-el-senado-culpo-del-abuso-sexual-a-nassar-y-a-todo-el-sistema-que-lo-permitio.html>
- Lebrun, F., MacNamara, A., Rodgers, S., & Collins, D. (2018). Learning From Elite Athletes' Experience of Depression. *Frontiers in psychology*, 9, 2062. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02062>
- Li, C., Fan, R., Sun, J., & Li, G. (2021). Risk and Protective Factors of Generalized Anxiety Disorder of Elite Collegiate Athletes: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in public health*, 9, 607800. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.607800>
- McLoughlin, E., Arnold, R., Fletcher, D., Spahr, C. M., Slavich, G. M., & Moore, L. J. (2022). Assessing lifetime stressor exposure in sport performers: Associations with trait stress appraisals, health, well-being, and performance. *Psychology of sport and exercise*, 58, 102078. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.102078>
- McLoughlin, E., Fletcher, D., Slavich, G. M., Arnold, R., & Moore, L. J. (2021). Cumulative lifetime stress exposure, depression, anxiety, and well-being in elite athletes: A

- mixed-method study. *Psychology of sport and exercise*, 52, 101823.
<https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101823>
- Olive, L. S., Rice, S. M., Gao, C., Pilkington, V., Walton, C. C., Butterworth, M., Abbott, L., Cross, G., Clements, M., & Purcell, R. (2022). Risk and protective factors for mental ill-health in elite para- and non-para athletes. *Frontiers in psychology*, 13, 939087.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.939087>
- Rice, S. M., Purcell, R., De Silva, S., Mawren, D., McGorry, P. D., & Parker, A. G. (2016). The Mental Health of Elite Athletes: A Narrative Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(9), 1333–1353. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0492-2>
- Rueda Flores, M., Mon-López, D., Gil-Ares, J., & Coterón, J. (2023). Training Conditions and Psychological Health: Eating Behavior Disorders in Spanish High-Performance Women's Olympic Wrestling Athletes-A Qualitative Study. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 2441.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20032441>
- Souter, G., Lewis, R., & Serrant, L. (2018). Men, Mental Health and Elite Sport: a Narrative Review. *Sports medicine - open*, 4(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0175-7>
- Walton, C. C., Rice, S., Gao, C. X., Butterworth, M., Clements, M., & Purcell, R. (2021). Gender differences in mental health symptoms and risk factors in Australian elite athletes. *BMJ open sport & exercise medicine*, 7(1), e000984.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000984>

Entrenamiento basado en control de la velocidad: impacto fisiológico y rendimiento

Velocity-based training: physiological impact and performance

Oxner Arturo Martínez-Botello

**Maestro en fisiología del ejercicio, Norden Sud y ClínicaVitaser, Guanajuato, México.
0009-0008-7665-3995 , oxner.fisio@gmail.com**

RESUMEN

El entrenamiento basado en la velocidad (VBT) surge como un cambio de paradigma frente a la prescripción tradicional por porcentajes. El objetivo de esta revisión es analizar la correlación entre los umbrales de pérdida de velocidad intra-serie y la respuesta de biomarcadores metabólicos (lactato y amonio) y de daño muscular (creatina quinasa) con el fin de determinar la dosis óptima de entrenamiento. Se seleccionaron 9 artículos científicos desde 2020-2026, con excepción de un artículo base de 2011. Los resultados indican que umbrales bajos de pérdida de velocidad (10-20%) permiten maximizar la fuerza con un menor estrés biológico y daño muscular. Por el contrario, umbrales superiores al 30% disparan la concentración de amonio y cortisol sin beneficios adicionales en el rendimiento. Se concluye que la velocidad de ejecución actúa como un biomarcador mecánico no invasivo de alta precisión para la autorregulación de la carga, con aplicaciones fundamentales tanto en el rendimiento deportivo como en la seguridad clínica en procesos de rehabilitación neuromuscular.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza; biomarcadores; lactato; creatina quinasa; fatiga.

ABSTRACT

Velocity-based training (VBT) emerges as a paradigm shift against traditional percentage-based prescription. The objective of this review is to analyze the correlation between intra-set velocity loss thresholds and the response of metabolic biomarkers (lactate and ammonium) and muscle damage markers (creatine kinase) in order to determine the optimal training dose. Nine scientific articles published between 2020 and 2026 were selected, with the exception of one baseline article from 2011. The results indicate that low velocity loss thresholds (10-20%) allow for maximizing strength with lower biological stress and muscle damage. Conversely, thresholds exceeding 30% trigger ammonium and cortisol concentrations without additional performance benefits. It is concluded that execution velocity acts as a highly precise, non-invasive mechanical biomarker for load autoregulation, with fundamental applications in both sports performance and clinical safety during neuromuscular rehabilitation processes.

Keywords: resistance training; biomarkers; lactate; creatine kinase; fatigue.

Citar como: Martínez-Botello, O. A. (2026). Entrenamiento basado en control de la velocidad: impacto fisiológico y rendimiento. CDEFIS Revista Científica, 4(7).

Recibido: 14 de abril de 2026 / Aceptado: 23 de mayo de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

Dentro del área del entrenamiento, fisioterapia y rehabilitación a menudo se implementan programas de entrenamiento de fuerza, los cuales dependen de la combinación y control de tres variables, la intensidad, el volumen y el tipo de ejercicio, sin embargo existen carencias en el control de la carga de entrenamiento, debido a que se estos programas se realizan mediante metodologías tradicionales como el uso de porcentajes de una repetición máxima (1RM), la cual es una variable inestable y difícil de medir con precisión, o con el número máximo de repeticiones de cada serie (XRM) estos métodos suelen variar debido a que cambian en función al estado fisiológico de la persona como la ingesta nutricional, fatiga acumulada del entrenamiento y la calidad de sueño además de que estas metodologías presentan otros inconvenientes en su aplicación ya que pueden generar una excesiva fatiga, provocando dolor, adaptaciones inadecuadas y estancamiento en el entrenamiento (González-Badillo et al., 2011; Wang et al., 2026)

El entrenamiento basado en control de la velocidad (VBT) surge como una solución a los inconvenientes de las metodologías tradicionales ya que ajusta las cargas de entrenamiento en el momento de la ejecución por medio de una retroalimentación instantánea, sin necesidad de test máximos y ajustando la carga a un determinado porcentaje de pérdida de velocidad se podrá entrenar con un menor volumen de entrenamiento y sin producir una fatiga excesiva (Loturco et al., 2025; Wang et al., 2026; Zhang et al., 2023).

El objetivo del presente trabajo se basa en analizar la correlación entre los umbrales de pérdida de velocidad intra-serie y la respuesta de biomarcadores metabólicos (lactato y amonio) y de daño muscular (creatina quinasa), con el fin de determinar la dosis de entrenamiento óptima para maximizar las adaptaciones de fuerza minimizando la fatiga neuromuscular

DESARROLLO

Los hallazgos nos indican que la velocidad de ejecución intra-serie es un predictor del estrés metabólico e indicador del nivel de esfuerzo Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011 encontraron una relación lineal entre el lactato en sangre post-ejercicio y la pérdida de velocidad, además de que encontraron que el amonio se eleva cuando se supera el 30-35% de pérdida de velocidad respecto a la primera serie. Zhang et al., 2023 observaron que los umbrales entre el 10 y 20 % de la pérdida de velocidad son eficientes para el aumento de la fuerza (Tabla 1). Específicamente, autores como:

- Rodríguez-Rosell et al., 2020 reportan que entrenar con una de perdida de velocidad del 10% logra una mejora similar o incluso superior (en salto y sprint) en rendimiento que entrenar al 30%, además de que el daño muscular fue superior al entrenar con 30% de pérdida de velocidad, sin embargo, las concentraciones de cortisol no mostraron cambios significativos, aunque menciona un incremento porcentual mayor al entrenar con mayor pérdida de velocidad.

- Fitas et al., 2026 menciona que el entrenamiento con el control de velocidad provocaría menos estrés metabólico y se reduce la contribución del sistema anaeróbico.
- Rodiles-Guerrero et al., 2026 demostraron que con umbrales por debajo del 25% se mejora la capacidad de producción de fuerza, describen que a mayor umbral en pérdida de velocidad (50%) mejores efectos sobre la hipertrofia muscular sin embargo mencionan que la fosforilación de la proteína CaMKII y la reducción de los tipos de fibras musculares IIX parecen estar interconectadas.
- Rossi et al., 2024 descubrieron que el VBT produjo mejoras en fuerza que métodos tradicionales, sin embargo, no encontraron diferencias significativas en los marcadores de creatina quinasa (CK) por lo que se encontraron efectos similares en términos de daño muscular entre ambas metodologías de entrenamiento.
- Wang et al., 2026 encontraron al VBT como una mejor metodología para mejorar salto y agilidad que el entrenamiento tradicional, sin embargo, coinciden con el estudio de Zhang et al., 2023 donde mencionan que el umbral debajo del 30% de pérdida de velocidad como óptimo para desarrollar la fuerza máxima.

Para finalizar con las aplicaciones prácticas recientes del VBT se destacan dos artículos, por un lado, Forelli et al., 2025 estudiaron la aplicación de VBT en rehabilitación de ligamento cruzado anterior (LCA) y proponen guías para su uso mencionando como beneficio el feedback para ajustar las cargas mientras se minimiza la fatiga, por otra parte Colado et al., 2024 validan la escala RISE (Resistance Intensity Scale for Exercise) para monitorear la intensidad del VBT cuando se entrena con bandas elásticas en lugar de pesos libres.

Tabla 1.

Efectos fisiológicos, mecánicos y clínicos asociados a diferentes umbrales de pérdida de velocidad durante el entrenamiento basado en la velocidad (VBT).

Respuestas fisiológicas	Efectos Biológicos	Cita
Respuesta Metabólica	El lactato aumenta de forma lineal con la fatiga.	
	El amonio (marcador de fatiga) sólo se eleva exponencialmente al superar el 30-35% de VL. El VBT reduce el déficit de oxígeno y la demanda anaeróbica frente a métodos de ritmo controlado.	González-Badillo et al. (2011) / Sánchez-Medina (2011) / Fitas et al. (2026)
Respuesta Endocrina	Umbrales de 10% de VL mantienen niveles de cortisol significativamente menores que el 30% de VL, preservando un entorno anabólico óptimo para la potencia neuromuscular.	Rodríguez-Rosell et al. (2020)
Daño Muscular y Estructura	En mujeres, umbrales de 50% de VL disparan la creatina quinasa (CK) y reducen el porcentaje de fibras rápidas IIX. Umbrales bajos (<20%) inducen menores concentraciones séricas de CK.	Rossi et al. (2024) / Rodiles-Guerrero et al. (2026)

Eficiencia de Fuerza (IRM)	Existe una relación de "U invertida": el pico de ganancia de fuerza máxima se sitúa entre el 20% y 30% de VL. El VBT de bajo volumen es más eficiente (ganancia por repetición) que el entrenamiento al fallo.	Zhang <i>et al.</i> (2023) / Kalmus <i>et al.</i> (2021)
Rendimiento Explosivo	El VBT supera al método tradicional en la mejora del salto vertical (CMJ) y la agilidad. Umbrales de 10% VL optimizan la aceleración y la potenciación aguda.	Wang <i>et al.</i> (2026) / Tutar <i>et al.</i> (2025) / Rojas-Jaramillo <i>et al.</i> (2024)
Aplicación Clínica y Subjetiva	La escala RISE permite monitorizar la intensidad del VBT con bandas elásticas en entornos de rehabilitación. El VBT es la herramienta de seguridad biológica clave en la recuperación post-LCA.	Colado <i>et al.</i> (2024) / Forelli <i>et al.</i> (2025)

Nota: VBT: Velocity Training Based. VL: Velocidad. CK: Creatina Quinasa. CMJ: Salto con Contramovimiento. LCA: Ligamento Cruzado Anterior. RISE: Resistance Intensity Scale for Exercise.

La interpretación de los datos revela que el monitoreo de la pérdida de velocidad de ejecución intra-serie actúa como un biomarcador mecánico no invasivo, la caída de la velocidad representa de manera externa la carga interna o fatiga neuromuscular.

Loturco *et al.*, (2025) defienden la estabilidad y efectividad del método, González-Badillo *et al.* (2011) aportan como justificación bioquímica: la pérdida de velocidad indica el inicio del estrés metabólico crítico. Un punto de debate es el volumen de entrenamiento; Rodríguez-Rosell *et al.* (2020) y Zhang *et al.* (2023) coinciden en que entrenar por encima del 30% de pérdida de velocidad es ineficiente y hormonalmente costoso (Rojas-Jaramillo *et al.*, 2024).

En el área de rehabilitación, el aporte de Colado *et al.*, 2024 es fundamental, ya que permite la aplicación del VBT con bandas elásticas en entornos clínicos. Esto se complementa con las propuestas de Forelli *et al.* (2025), quien menciona que el VBT es la herramienta segura y beneficiosa en rehabilitación de reconstrucción de LCA al objetivar la carga y fatiga. Asimismo, otros estudios como los de (Tutar *et al.*, 2025) y Rojas-Jaramillo *et al.* (2024) refuerzan que solo umbrales bajos (10% VL) permiten mantener la calidad neuromuscular necesaria para el rendimiento, reduciendo la fatiga elevada que caracteriza al entrenamiento al fallo analizado por Kalmus *et al.*, 2021.

Limitaciones del estudio: A pesar del crecimiento de nuevos estudios sobre VBT, la evidencia presenta algunas barreras, ya que la mayoría de los estudios se realizan en hombres entrenados jóvenes, eso no es trasladable del todo en poblaciones con patologías crónicas o en otras lesiones musculoesqueléticas además de la mencionada en estudios como la lesión de LCA. También se presenta una limitación práctica, debido a la necesidad de adquirir dispositivos tecnológicos para la aplicación del VBT sin embargo dado a que su aplicación puede presentar una metodología segura para no afectar a los tejidos en procesos de readaptación, existen otras alternativas para la aplicación del VBT como el Carácter de Esfuerzo (CE) o escalas RISE

CONCLUSIONES

El control de la velocidad de ejecución es una herramienta en el entrenamiento que es equivalente a un biomarcador mecánico preciso para cuantificar la intensidad y la fatiga.

Respecto a los umbrales óptimos para aplicación de esta metodología se concluye como hallazgo principal que el uso de rangos de pérdida de velocidad de los 10-20% permite maximizar los beneficios del entrenamiento minimizando el daño tisular y estrés metabólico.

La aplicación práctica del entrenamiento basado en el control de la velocidad (VBT) se ha expandido significativamente, abarcando desde el uso de dispositivos tecnológicos avanzados hasta escalas de esfuerzo percibido validadas, como la escala RISE. Actualmente la aplicación del VBT no se limita al ámbito del alto rendimiento, se consolida como una herramienta segura y con gran beneficio en entornos clínicos y de readaptación de lesiones.

Se aconsejaría a los fisioterapeutas y readaptadores seguir los protocolos implementados de los autores para poder desarrollar practicas seguras en contextos clínicos, debido a la amplia variabilidad de las condiciones de los pacientes y la evidencia aun limitada de la aplicación de VBT en patologías musculoesqueléticas y sistémicas.

Se sugiere que futuras investigaciones exploren los umbrales en otro tipo de poblaciones con diferentes lesiones o en condiciones con patologías crónicas, además de la relación del carácter del esfuerzo con las respuestas en biomarcadores de fatiga y rendimiento.

La aplicación práctica del entrenamiento basado en el control de la velocidad (VBT) se ha expandido significativamente, abarcando desde el uso de dispositivos tecnológicos avanzados hasta escalas de esfuerzo percibido validadas, como la escala RISE. Actualmente la aplicación del VBT no se limita al ámbito del alto rendimiento, se consolida como una herramienta segura y con gran beneficio en entornos clínicos y de readaptación de lesiones.

Se aconsejaría a los fisioterapeutas y readaptadores seguir los protocolos implementados de los autores para poder desarrollar practicas seguras en contextos clínicos, debido a la amplia variabilidad de las condiciones de los pacientes y la evidencia aun limitada de la aplicación de VBT en patologías musculoesqueléticas y sistémicas.

Se sugiere que futuras investigaciones exploren los umbrales en otro tipo de poblaciones con diferentes lesiones o en condiciones con patologías crónicas, además de la relación del carácter del esfuerzo con las respuestas en biomarcadores de fatiga y rendimiento.

REFERENCIAS

- Colado, J. C., Gene-Morales, J., Jiménez-Martínez, P., Saez-Berlanga, A., Ferri-Caruana, A. M., Garcia-Ramos, A., Flandez, J., & Babiloni-Lopez, C. (2024). Concurrent validation of the resistance intensity scale for exercise for monitoring velocity-based training with elastic bands. *Heliyon*, 10(7).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28298>
- Fitas, A., Miras-Moreno, S., Oliveira, J. H., Cidrais, M., Pezarat-Correia, P., Schoenfeld, B. J., & Mendonca, G. V. (2026). Bench-Press Performed With a Velocity- and Tempo-Based Approach: Are There Differences in Volume Load, Time Under Tension, and Metabolic Demands? *Sports Health*. <https://doi.org/10.1177/19417381261416535>
- Forelli, F., Marine, P., Moiroux-Sahraoui, A., Mazeas, J., Thoelen, M., Swinnen, B., Bizzini, M., Van Melick, N., & Rambaud, A. (2025). Velocity-based training in mid- and late-stage rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a narrative review and practical guidelines. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2025;11:e002503.
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2025-002503>
- González-Badillo, J. J., Marques, M. C., & Sánchez-Medina, L. (2011). The Importance of Movement Velocity as a Measure to Control Resistance Training Intensity. *Journal of Human Kinetics*,
<https://doi.org/10.2478/v10078-011-0053-6>
- Kalmus, O. E., Viru, M., Alvar, B., & Naclerio, F. (2021). Impact of low volume velocity-controlled vs. Repetition to failure resistance training session on measures of explosive performance in a team of adolescents basketball players. *Sports*, 9(8). 115.
<https://doi.org/10.3390/sports9080115>
- Loturco, I., Pereira, L. A., & Pareja-Blanco, F. (2025). Training at Different Velocity Zones: Does It Really Matter? In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 21, Number 1, pp. 153–157). Human Kinetics Publishers Inc.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2025-0044>
- Rodiles-Guerrero, L., Cano-Castillo, C., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Sañudo, B., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., & Pareja-Blanco, F. (2026). Effects of different velocity loss thresholds on strength, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy during bench press training in women. *Biology of Sport*.
<https://doi.org/10.5114/biolSport.2026.152347>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J. J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(8), 817–828.
<https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0829>
- Rojas-Jaramillo, A., León-Sánchez, G., Calvo-Lluch, Á., González-Badillo, J. J., & Rodríguez-Rosell, D. (2024). Comparison of 10% vs. 30% Velocity Loss during Squat Training with Low Loads on Strength and Sport-Specific Performance in Young

- Soccer Players. *Sports*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/sports12020043>
- Rossi, C., Vasiljevic, I., Manojlovic, M., Trivic, T., Ranisavljev, M., Stajer, V., Thomas, E., Bianco, A., & Drid, P. (2024). Optimizing strength training protocols in young females: A comparative study of velocity-based and percentage-based training programs. *Heliyon*, 10(9).<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e306444>
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1725–1734.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213f880>
- Wang, Y., Qiu, J., Dai, D., Li, Q., Wang, X., & Luo, Q. (2026). The effects of velocity-based vs. percentage-based resistance training on sports performance in trained individuals: a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*.
<https://doi.org/10.1186/s13102-025-01504-9>
- Zhang, X., Feng, S., & Li, H. (2023). The Effect of Velocity Loss on Strength Development and Related Training Efficiency: A Dose–Response Meta–Analysis. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(3), 337. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030337>

Propuesta de una bebida isotónica suplementada con creatina sabor maracuyá para mejorar el rendimiento físico de atletas

Proposal for a passion fruit-flavored isotonic drink supplemented with creatine to improve athletes' physical performance

Yenia Salinas Ortiz¹, Alejo Enrique Guerrero Alarcón²

¹*Estudiante de la licenciatura en nutrición, Universidad del Valle de Puebla, Plantel Tehuacán, Puebla. yeniaso312@gmail.com*

²*Maestro en Entrenamiento y Alimentación Aplicada al Fitness, CDEFIS, México. 0009-0007-1850-1101 , alejotlp@gmail.com*

RESUMEN

El consumo de bebidas energéticas ha incrementado en deportistas, en búsqueda de mejorar el rendimiento físico, pese a los efectos adversos. Objetivo: Diseñar la formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina con sello Creapure® y maracuyá como alternativa funcional para deportistas amateur de 18 a 30 años. Métodos: Se realizó una investigación documental, mediante la búsqueda, selección y análisis de literatura científica y normativa vigente sobre bebidas isotónicas, suplementación con creatina y uso de ingredientes naturales. Resultados: La evidencia revisada indica que la creatina se asocia con mejoras en fuerza y potencia en ejercicios de alta intensidad, mientras que los electrolitos y compuestos antioxidantes del maracuyá pueden contribuir al equilibrio hidroelectrolítico, la recuperación muscular y la aceptabilidad sensorial. Asimismo, se identificaron parámetros clave para la formulación, como concentraciones de carbohidratos, electrolitos y condiciones de pH. Conclusiones: La bebida propuesta representa una alternativa potencialmente funcional y regulada; sin embargo, se requieren estudios experimentales futuros para validar su estabilidad y efecto en el rendimiento físico.

Palabras clave: nutrición, creatina, maracuyá, atletas, potencia, fuerza.

ABSTRACT

The consumption of energy drinks has increased among athletes seeking to improve their physical performance, despite the adverse effects. Objective: To design a formula for an isotonic beverage supplemented with Creapure®-certified creatine monohydrate and passion fruit as a functional alternative for amateur athletes aged 18 to 30. Methods: A literature review was conducted, involving the search, selection, and analysis of scientific literature and current regulations regarding isotonic beverages, creatine supplementation, and the use of natural ingredients. Results: The reviewed evidence indicates that creatine is associated with improvements in strength and power during high-intensity exercise, while the electrolytes and antioxidant compounds in passion fruit may contribute to fluid and electrolyte balance, muscle recovery, and sensory acceptability. Additionally, key parameters for the formulation were identified, such as concentrations of carbohydrates, electrolytes, and pH conditions. Conclusions: The proposed beverage represents a potentially functional and regulated alternative; however, future experimental studies are required to validate its stability and effect on physical performance.

Keywords: nutrition, creatine, passion fruit, athletes, potential, strength.

Citar como: Salinas Ortiz, Y., & Guerrero Alarcón, A. E. (2026). Propuesta de una bebida isotónica suplementada con creatina sabor maracuyá para mejorar el rendimiento físico de atletas. *CDEFIS Revista Científica*, 4(7).

Recibido: 04 de febrero de 2026 / Aceptado: 24 de abril de 2026 / Publicado: 04 de junio de 2026.



INTRODUCCIÓN

Las bebidas energéticas, están compuestos por cafeína, ginseng, azúcar, taurina, extracto de té verde y guaraná, además de vitaminas como riboflavina, niacina, piridoxina, y cobalamina, estos ingredientes aumentaran el estado de ánimo, energía, y el estado de alerta (Rivera-Ramírez, et al., 2021).

La popularidad de las bebidas deportivas se ha incrementado debido a la confusión de las bebidas isotónicas, así como a la desinformación y la publicidad engañosa, lo que ha llevado a un consumo excesivo en jóvenes que buscan mejorar el rendimiento deportivo (Reyes-Narváez et al., 2024). Sin embargo, su consumo se ha asociado con efectos adversos como, fatiga, insomnio, temblores y poliuria (Reyes-Narváez, et al., 2024; Rivera-Ramírez et al., 2021; Silva Maldonado, et al., 2022).

Si bien diversos estudios han documentado los efectos negativos del consumo de las bebidas energéticas (Fuentealba et al., 2024; Silva Maldonado et al., 2022), existe una limitada investigación enfocada en el desarrollo y evaluación de alternativas funcionales como bebidas isotónicas suplementadas, que contribuyan al rendimiento físico sin generar efectos adversos en la salud de los deportistas (Mejía López & Mejía Burgos, 2023; Coca et. al., 2023). Asimismo, el uso de ingredientes naturales como el maracuyá combinado con monohidrato de creatina (sello creapure) ha sido poco explorado en este tipo de formulaciones (Campos-Rodríguez, et al., 2023).

Por ello surge la necesidad de diseñar la formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina (sello creapure) y maracuyá, destinada a mejorar el rendimiento físico de deportistas amateur de 18 a 30 años, ofreciendo una alternativa más saludable frente a las bebidas energéticas.

Objetivo general del estudio

Diseñar la formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina (sello Creapure®) y maracuyá , destinada a mejorar el rendimiento físico de deportistas amateur de 18 a 30 años.

MÉTODOS

El presente trabajo se fundamentó en una investigación documental, mediante la búsqueda sistemática, selección crítica y análisis comparativo de fuentes bibliográficas, con el propósito de establecer los parámetros para la formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina (sello Creapure) sabor maracuyá.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos científicos como Google Scholar, PubMed y Scielo, considerando publicaciones en español e inglés publicadas entre 2019 y 2025. Para la estrategia de búsqueda se utilizaron términos MeSH y palabras clave como: "Creatine", "Sports Drinks", "Isotonic Beverages", "Physical Performance", "Hydration" y *Passiflora edulis*. Estos términos fueron combinados mediante operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la recuperación de la información relevante.

Como criterios de inclusión se consideraron artículos científicos, normas oficiales, y documentos de instituciones deportivas como WADA (World Anti Doping Agency), el Instituto australiano del deporte, así como metaanálisis, tesis, y documentos relacionados con la formulación de bebidas y suplementación deportiva. Se excluyeron fuentes no científicas o sin respaldo metodológico.

La información recopilada se organizó y analizó en seis ejes metodológicos.

1. Parámetros normativos de calidad para la formulación: Se consideró la NOM-218-SSA1-2011(Secretaría de Salud, 2011), así como lineamientos del Codex Alimentarius (FAO& WHO,2007) y la FDA (FDA, 2020), para garantizar la estabilidad del producto.
2. Determinación de composición nutricional: Se establecieron rangos de carbohidratos de (6-8%), y electrolitos (sodio entre 230-460 mg/L) para cumplir con la NOM 218.
3. Estandarización del maracuyá: Se definió la proporción de pulpa para evitar alteraciones en el pH y asegurar aceptabilidad sensorial.
4. Compatibilidad fisicoquímica: La creatina presenta mayor estabilidad en soluciones con pH cercano a la neutralidad, mientras que en medios ácidos tiende a degradarse; por ello se establecieron condiciones de pH entre 5.5 a 7.5, para mantener la estabilidad y biodisponibilidad del monohidrato de creatina (sello creapure).
5. Selección de parámetros teóricos de rendimiento: Se identificaron, a partir de la literatura, variables como fuerza, potencia y velocidad como indicadores relevantes del rendimiento físico.
6. Análisis de la información: La información recopilada fue comparada y sintetizada para establecer una propuesta de formulación basada en evidencia científica.

RESULTADOS

FUNDAMENTACIÓN DOCUMENTAL

Evidencia actual de la creatina

Lin et al., (2022) realizaron una revisión sistemática y un metaanálisis, donde se evaluó dos tipos de entrenamiento de fuerza, el cual se clasificó como “entrenamiento de resistencia variable” (uso de bandas elásticas o cadenas, las cuales adoptan los puntos de mayor fortaleza),” entrenamiento de resistencia constante” (entrenamiento con pesas). Se tomaron en cuenta 14 estudios donde se evaluaron los métodos que afectan la fuerza, con o sin experiencia previa al entrenamiento, se observaron mejoras en la fuerza en la resistencia variable a diferencia de la resistencia constante, incluso en aquellos que eran principiantes.

En el grupo control se tuvo un entrenamiento de resistencia variable, se observó un aumento de la fuerza en un 80% en el 1RM y para principiantes el mismo tipo de entrenamiento se realizó con cargas moderadas menor al 80% de 1RM. Este estudio nos sirve para observar cómo se puede mejorar la fuerza en los atletas adecuadamente. Como lo vimos en el estudio, se pueden realizar ejercicios de fuerza específicos para personas veteranas y principiantes y observar las mejoras.

Por otro lado, Burke et al. (2023) reporta como medidas de validación del aumento de grasa corporal magra en la población aplicada las técnicas de medidas directas de hipertrofia localizadas (resonancia magnética [RM], tomografía computarizada [TC] o ecografía) en adultos sanos.

Se tomaron en cuenta 3 variables: composición muscular (masa muscular, masa grasa), fuerza muscular y rendimiento funcional (velocidad al caminar, levantarse de la silla, etc.). Este estudio se realizó en adultos mayores de 60 años. La suplementación con monohidrato de creatina constó de dos fases: una fase de carga (20 g/día por 5-7 días) y una fase de mantenimiento (3 -5 g/día), con una duración de 12 semanas, donde se realizó el entrenamiento de resistencia. Se demostró que la creatina aumento la masa magra, y hubo mejoras en la fuerza de piernas y brazos. Se observó que existe un mayor efecto cuando la creatina se combina con entrenamiento de resistencia. También se registraron mejoras significativas en las pruebas funcionales (caminar, sentarse, levantarse y subir escaleras). Lo que se puede concluir de este estudio es que la suplementación sí ayuda a mejorar la masa muscular, la fuerza. El aumento del ejercicio y la dosis mejora los resultados de este.

En un estudio hecho por Desai et al., (2025) aplicado a 63 personas, de las cuales 34 eran mujeres y 29 hombres, desde 18 a 50 años, se investigó si la creatina aumenta la masa corporal magra sin necesidad de hacer ejercicio y si existe un aumento con entrenamiento de resistencia. Se tuvieron dos grupos de estudio uno con creatina y otro sin creatina, realizando un entrenamiento de 12 semanas, una “semana de lavado” (entrenamiento sin creatina) y posteriormente se realizó el entrenamiento de fuerza, 3 veces por semana, donde se midió la masa magra al inicio de la semana y al final del estudio y se observó un aumento de masa magra con consumo de creatina sin realizar ejercicio (+0.51 kg), especialmente en mujeres.

En el mismo estudio al evaluar el entrenamiento de resistencia se obtuvo un crecimiento de 2 kg de masa magra pero no hubo diferencias significativas entre el grupo con creatina y sin creatina, donde se observó que el grupo de mujeres que tomó creatina tuvo mejores resultados en zonas del cuerpo como la espalda. Dicho estudio apoya la hipótesis de que el consumo de creatina aumenta la masa corporal magra en ambos casos al realizar ejercicio o sin hacerlo, consumiendo la creatina en ambos casos.

Al escuchar suplementación con creatina surge una gran incógnita, ¿La creatina produce retención de líquidos? Antonio et. al., (2021) Menciona que la suplementación de creatina en 20g/día se asocia a la retención de agua en los primeros días, puesto que se presenta un aumento en el agua corporal extracelular e intracelular a corto plazo, esto es debido a que es una sustancia osmótica activa, la cual genera una presión osmótica que repele el agua a través de la membrana semipermeable, es decir es un soluto que no atraviesa fácilmente la membrana y moviliza las concentraciones de agua para igualarse.

Suplementación con creatina

El Instituto Australiano del Deporte (AIS) define a la creatina como “nutriente no esencial que se sintetiza endógenamente (aproximadamente 1 g / día) y también se ingiere a través de la dieta (aproximadamente 1 g / día)”. Este compuesto se encuentra de manera natural en las células musculares, además de ingerirlos en la dieta a través de pescados y carne, esté proporciona una alta cantidad de energía, solo que su capacidad de almacenamiento se encuentra en el músculo, se limita para realizar de 8 a 10 segundos de ejercicio máximo (Australian Institute of Sport, s. f.-a).

Sobre la misma línea el Instituto Australiano del Deporte, menciona que el monohidrato de creatina puede aumentar las reservas de creatina y fosfocreatina del musculo esquelético, además de mejorar el rendimiento en ejercicios de alta intensidad, sus beneficios son la mejores del rendimiento en ejercicios máximos de alta intensidad, además de mejorar las cualidades musculares de (fuerza, resistencia y tamaño), además de mejorar la recuperación, y posibles beneficios para la salud cerebral (Australian Institute of Sport, s. f.-b; Wallimann, 2007).

La suplementación con creatina, mejora el rendimiento de ejercicios breves, de alta intensidad, especialmente cuando no hay episodios repetidos, está puede ayudar en una amplia gamas de deportes y actividades, por ejemplo en deportes como natación, ayudará a tener mayor potencia, en la disminución del tiempo para completar una distancia fija, mejorar el rendimiento en sprints repetidos, pero no en sprints individuales, en los ejercicios de resistencia ayuda en el aumento del volumen total, del levantamiento, aumentado la fuerza muscular, la masa corporal magra, en deportistas que corren a toda la velocidad o después de un ejercicio de resistencia, brinda mayor potencia, menor fatiga, y tiempo para completar la distancia (Harmon et al., 2021; Kreider, 2024).

Bebida isotónica y su suplementación

Las bebidas isotónicas se consideran como un conjunto de bebidas no alcohólicas que pueden contener hidratos de carbono, electrolitos, minerales, saborizantes, a diferencia de las bebidas energéticas estas no contienen estimulantes en su composición, como la cafeína, guaraná, taurina, ginseng, L-carnitina, creatina, estos poseen una concentración de solutos próxima a la del plasma, con una osmolaridad parecida a la sangre de 330 mOsm/litro (Bes, 2024; Lambert et al., 2024).

Las bebidas isotónicas se caracterizan por contener una porción variable de agua, hidratos de carbono de absorción rápida y lenta, sales minerales como sodio, cloro y potasio, aditivos como saborizantes, conservadores, su principal función es la rehidratación en los deportistas, ya que es la fuente principal de energía para los músculos en movimiento, y con un uso secundario de calmar la sed, el principal electrolito es sodio, y carbohidratos como sacarosa, glucosa y maltodextrina, este ayuda a mejorar el vaciamiento gástrico y el paso del líquido del intestino a la sangre (Bes, 2024).

El contenido de sal ayudará a favorecer la absorción de agua a nivel intestinal, esta sal, ayuda a estimular la sed a nivel cerebral y reducir la producción de la orina, contribuyendo a mantener un adecuado equilibrio hídrico en el organismo (Bes, 2024; Lambert et al., 2024).

Las bebidas isotónicas tienen una concentración de solutos, similares a los fluidos corporales, la concentración de esta bebida incluye sodio, potasio, calcio y magnesio como electrolitos principales, estos son una sustancia libre capaz de transportar la corriente eléctrica, esta sustancia se encuentra diluida en el plasma sanguíneo, a manera de solutos, delimitando la concentración y osmolaridad capaz de mantener un pH óptimo para la función orgánica (Mejía López & Mejía Burgos, 2023; Coca et. al., 2022).

Maracuyá composición nutricional

El maracuyá es una fruta tropical apreciada por su atractivo y valor nutricional, en este proyecto hablaremos sobre *Passiflora edulis f. edulis* la cual es rica en carbohidratos, proteínas, lípidos y compuestos bioactivos, esta es una fruta muy noble, ya que todos sus componentes tienen algo especial, esta fruta es rica en compuestos fenólicos y carotenoides, es una fruta muy utilizada en productos industriales (Campos-Rodríguez, et al., 2023).

El maracuyá es conocido por sus altos niveles de fibra, vitamina A, E y C ayudando a reducir el colesterol, favorecer la absorción de hierro, reforzar el sistema inmunológico y actuar como antioxidante, además de ser una buena fuente de riboflavina, niacina, a su vez aportando bajas cantidades de grasa, haciéndolo un alimento de bajo valor energético, la cáscara, las semillas tiene gran cantidad de fibra y lípidos además de micronutrientes como hierro, potasio, magnesio, cobre, manganeso, calcio y zinc (Barriga-Sánchez, et al., 2025).

En cuanto a los minerales, el potasio es el más abundante en la pulpa del maracuyá con 2176,9 mg/100g, seguido del magnesio (76,8 mg/100g), sodio (75,3 mg/100g), calcio (47,1 mg/100g) y hierro (7,1 mg/100g) (Campos Rodríguez, et al., 2023), esto se deba a que el maracuyá tiene un crecimiento vigoroso y la absorción de nutrientes que se intensifica a partir de los 250 días de edad.

PROPUESTA DE BEBIDA

Derivado del análisis de la literatura científica, ficha técnica con grado alimentario de los ingredientes y normativa vigente se establecieron los siguientes componentes y parámetros para la formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina (sello creapure) sabor maracuyá, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Formulación propuesta de bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina (sello Creapure®) y maracuyá

Ingredientes	Cant.	Función	Sustento Reglamentario
Glucosa	0.60 g	Carbohidrato	NOM-218-SSA1-2011
Monohidrato de creatina (Sello creapure)	5 g	Ayuda ergogénica	FDA
Citrato de potasio	0.4 g	Electrolito potasio Restaurar el equilibrio ácido-base	Codex Alimentarius Ficha técnica con grado alimentario
Pulpa de maracuyá	50 g	Sabor, antioxidantes	FDA
Cloruro de sodio	0.5 g	Electrolito sodio	NOM 218 (230 - 460 mg/L) Ficha técnica con grado alimentario
Agua	300 mL	Buffer	FDA Estabilizante

Nota: Cant., cantidad. Elaboración propia con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011 (Secretaría de Salud, 2011), FDA (Food and Drug Administration, 2020) y Codex Alimentarius (FAO & WHO, 2007). El rango de pH (5.5 a 7.5) se definió con base a la estabilidad fisicoquímica de la creatina en soluciones cercanas a la neutralidad.

Asimismo, la revisión de la literatura permitió identificar que las bebidas isotónicas deben contener entre 6-8% de carbohidratos y una concentración de sodio entre 230-460 mg/, de acuerdo con la NOM 218 SSA1-2011, para favorecer la hidratación.

En relación con la creatina, el Instituto Australiano del deporte (s. f.a) recomienda una ingesta de 3 a 5 g/día para mejorar el rendimiento en ejercicios de alta intensidad. Además, se identificó que su estabilidad depende del pH, siendo más estable en rangos cercanos a la neutralidad, ya que en medios ácidos puede degradarse a creatinina. La inclusión del maracuyá aporta beneficios funcionales y sensoriales, ya que ha sido reportado en bebidas funcionales debido a su aporte de compuestos antioxidantes y su influencia en la aceptabilidad funcional.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la revisión documental permiten establecer que, a diferencia de bebidas energéticas con estimulantes (Bes, 2024), la formulación propuesta se alinea con bebidas isotónicas en su función de rehidratación (Lambert et al., 2024),

aunque incorpora un componente ergogénico adicional. La inclusión del monohidrato de creatina y maracuyá representa una innovación al desarrollo de bebidas funcionales con potencial ergogénico y valor nutricional.

La literatura científica respalda el uso de la creatina como un suplemento eficaz para mejorar el rendimiento en actividades de alta intensidad, especialmente en términos de fuerza y potencia (Antonio et. al., 2021; Kreider, 2024). No obstante, su incorporación en bebidas requiere considerar factores bioquímicos como el pH, ya que en medios ácidos puede convertirse en creatinina, lo que disminuye su eficacia (Campos-Rodríguez et al., 2023). En este sentido el maracuyá debe ser cuidadosamente estandarizado para evitar una acidificación excesiva de la formulación.

Entre las principales limitaciones del presente estudio se encuentra su carácter documental, ya que no se realizó validación experimental de la formulación propuesta. Por ello, se recomienda el desarrollo de estudios futuros que evalúen la estabilidad, biodisponibilidad y aceptación sensorial del producto.

Desde el punto de vista práctico y regulatorio, la bebida propuesta cumple con los lineamientos establecidos por la NOM-218-SSA1-2011, así como con referencias internacionales como el Codex Alimentarius y la FDA, lo que respalda su viabilidad como producto potencial en el ámbito de la nutrición deportiva (Gobierno de México, 2021; Kreider, 2024).

Recomendaciones para estudios futuros

En consideración de las limitaciones del presente estudio, se recomienda el desarrollo de investigaciones experimentales, que permitan validar la formulación propuesta. Para ellos se sugieren pruebas de estabilidad fisicoquímica y microbiológica para evaluar la vida útil del producto.

Asimismo, se recomiendan pruebas de aceptabilidad sensorial del producto, y llevar a cabo ensayos clínicos aleatorios en una población deportista, para analizar el efecto de la bebida, para lograr evaluar el rendimiento físico de los deportistas, en relación a la su fuerza, potencia y recuperación muscular.

CONCLUSIONES

La formulación de una bebida isotónica suplementada con monohidrato de creatina sabor maracuyá, representa una propuesta viable dentro del ámbito de la nutrición deportiva, al integrar compuestos ergogénicos y electrolitos que, de acuerdo con la literatura, se asocian con mejoras en el rendimiento físico, particularmente en actividades de fuerza y potencia. La incorporación del maracuyá aporta minerales, antioxidantes que pueden contribuir al equilibrio electrolítico, al metabolismo energético y a la reducción del estrés oxidativo, además de favorecer la aceptabilidad sensorial del producto. Asimismo, el carácter isotónico de la bebida permite su uso potencial como estrategia de

hidratación durante el ejercicio. No obstante, los resultados se limitan a una propuesta teórica, por lo que se recomienda la realización de estudios experimentales futuros, que evalúen la estabilidad fisicoquímica, la biodisponibilidad de la creatina y el impacto real en el rendimiento físico.

En conclusión, la bebida propuesta constituye una alternativa potencialmente funcional y regulada, cuyo desarrollo podría contribuir al diseño de productos innovadores en el ámbito de la suplementación deportiva.

REFERENCIAS

- Antonio, J., Candow, D. G., Forbes, S. C., Gualano, B., Jagim, A. R., Kreider, R. B., ... Ziegenfuss, T. N. (2021). Common questions and misconceptions about creatine supplementation: What does the scientific evidence really show? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1).
<https://doi.org/10.1186/s12970-021-00412-w>
- Australian Institute of Sport. (s. f.a). What is it? (Creatine). Australian Sports Commission.
https://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/group_a/performance-supplements2/creatine/what-is-it
- Australian Institute of Sport. (s. f.b). Creatine. Australian Sports Commission.
https://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/group_a/performance-supplements2/creatine
- Barriga-Sánchez, M., Varas Condori, M. A., Sanchez-Gonzales, G. & Céspedes Chombo, R. (2025). Functional characteristics and antimicrobial activity of supercritical CO₂ extracts from passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 78(1), 11005–11014. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v78n1.113537>
- Bes, G. (2024, agosto 4). Bebidas isotónicas: Cómo deben ser y qué beneficios tienen para los deportistas. NDL Pro-Health. Recuperado de
https://ndlprohealth.com/es-mx/blogs/consejos/bebidas-isotonicas-para-deportistas?srsId=AfmBOopvP3ZACQ8I3oOfTjB2M73I79NKtDivI9svj_KniIHcyuuv_U3.
- Burke, R., Piñero, A., Coleman, M., Mohan, A., Sapuppo, M., Augustin, F., Aragon, A. A., Candow, D. G., Forbes, S. C., Swinton, P., & Schoenfeld, B. J. (2023). The effects of creatine supplementation combined with resistance training on regional measures of muscle hypertrophy: A systematic review with meta-analysis. *Nutrients*, 15(9), 2116. <https://doi.org/10.3390/nu15092116>
- Campos-Rodríguez, J., Acosta-Coral, K., Moreno-Rojo, C., & Paucar-Menacho, L. M. (2023). Maracuyá (*Passiflora edulis*): Composición nutricional, compuestos bioactivos, aprovechamiento de subproductos, biocontrol y fertilización orgánica en el cultivo. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 479-497
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
- Coca Valenzuela, E. S., & Galvis Rubio, E. (2022). Aprovechamiento del lactosuero de bebida isotónica saborizada. *Facultad de Ingeniería Universidad EAN*
<http://hdl.handle.net/10882/12604>
- Desai, I., Pandit, A., Smith-Ryan, A. E., Simar, D., Candow, D. G., Kaakoush, N. O., &

- Hagstrom, A. D. (2025). The Effect of Creatine Supplementation on Lean Body Mass with and Without Resistance Training. *Nutrients*, 17(6), 1081.
<https://doi.org/10.3390/nu17061081>
- FAO & WHO. (2007). Codex Alimentarius: General standard for food additives.
https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192e.pdf
- Food and Drug Administration. (2013). Guidance for industry: Food labelling guide.
<https://www.fda.gov/media/81606/download>
- Fuentealba Garrido, J., Momberg Villanueva, D., Rezende Brito de Oliveira, T., Riquelme Pedraza, M., Valeria González, J., & Aguayo Verdugo, N. (2024) Effect of energy drinks on the mental health of adolescents and young people: Systematic review.
<https://doi.org/10.36789/revsanus.vi1.438>
- Gobierno de México (2021, octubre 5) Etiquetado frontal de alimentos y bebidas.
<https://www.gob.mx/promosalud/acciones-y-programas/etiquetado-de-alimentos>
- Greenhaff, P. L., Casey, A., Short, A. H., Harris, R., Soderlund, K., & Hultman, E. (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clinical science (London, Englan: 1979)*, 84(5), 565–571. <https://doi.org/10.1042/cs0840565>
- Harmon, K. K., Stout, J. R., Fukuda, D. H., Pabian, P. S., Rawson, E. S., & Stock, M. S. (2021). The Application of Creatine Supplementation in Medical Rehabilitation. *Nutrients*, 13(6), 1825. <https://doi.org/10.3390/nu13061825>
- Harris, R. C., Söderlund, K., & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical science (London, England : 1979)*, 83(3), 367–374. <https://doi.org/10.1042/cs0830367>
- Kreider, R. B. (2024) Suplementación con Creatina: Análisis del valor de la Suplementación Ergogénica, de la Seguridad Médica, y de otros temas de interés. G-SE.
<https://g-se.com/es/suplementacion-con-creatina-analisis-del-valor-de-la-suplementacion-ergogenica-de-la-seguridad-medica-y-de-otros-temas-de-interes-69-sa-u57cfb270ee758>.
- Lambert, P., Lanspa, S., Welch, R. & Shi, X. (2024). Efectos combinados de la glucosa y la fructosa en la absorción de fluido a partir de bebidas hipertónicas con carbohidratos- electrolitos. G-SE.
<https://g-se.com/es/efectos-combinados-de-la-glucosa-y-fructosa-en-la-absorcion-de-fluidos-a-partir-de-bebidas-hipertonicas-con-carbohidratos-electrolitos-1106-sa-k57cfb271bea47>.
- Lin, Y., Xu, Y., Hong, F., Li, J., Ye, W., & Korivi, M. (2022). Effects of Variable-Resistance Training Versus Constant-Resistance Training on Maximum Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and*

- public health, 19(14), 8559. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148559>
- Mejía López, A. H. & Mejía Burgos, G. E. (2023). Elaboración de una mezcla en polvo isotónica enriquecida con aminoácidos de cadena ramificada para preparar una bebida destinada a deportistas. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10993>
- Reyes-Narváez, S., Rodríguez Figueroa, A., Oyola Canto, M., (2024) Consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios y sus factores asociados. *Nutrición clínica y dieta hospitalaria*. *Nutr Clín Diet Hosp.*, 44(2):257-265
<https://doi.org/10.12873/442reyes>
- Rivera-Ramírez, L. A., Ramírez-Moreno, E., Valencia-Ortíz, A. I., Ruvalcaba, J. C., & Arias-Rico, J. (2021). Revisión de la composición de las bebidas energizantes y efectos en la salud percibidos por jóvenes consumidores. *Journal of Negative and No Positive Results*, 6(1), 177-188. <https://dx.doi.org/10.19230/jonnpr.3800>
- Secretaría de Salud. (2011). NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4643/salud/salud.htm>
- Silva Maldonado P., Ramírez Moreno E., Arias Rico J., & Fernández Cortés T. L. (2022) Patrones de consumo de bebidas energéticas y sus efectos adversos en la salud de adolescentes. *Rev Esp Salud Pública*. 96.
<https://ojs.sanidad.gob.es/index.php/resp/article/view/280>
- Wallimann, T. (2007). Introduction – Creatine: Cheap Ergogenic Supplement with Great Potential for Health and Disease. In: Salomons, G.S., Wyss, M. (eds) *Creatine and Creatine Kinase in Health and Disease*. Subcellular Biochemistry, vol 46. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6486-9_1.

LICENCIATURAS

- Entrenamiento Personal en Musculación y Fitness
- Cultura Física y Deporte
- Fisioterapia
- Nutrición

MAESTRÍAS

- Fisiología del Ejercicio
- Nutrición Deportiva
- Entrenamiento en Deporte Adaptado
- Psicología de la Actividad Física y Deporte
- Entrenamiento Deportivo
- Entrenamiento y Alimentación Aplicado al Fitness
- Educación Física y Deporte
- Biomecánica Deportiva
- Readaptación Deportiva
- Fisioterapia Deportiva
- Fisioterapia Invasiva y Terapia Manual
- Fisioterapia Dermatofuncional
- Comunicación Deportiva
- Dirección y Administración Empresarial
- Dirección y Administración de Negocios Deportivos
- Dirección y Administración de Hospitales y Servicios de Salud
- Dirección y Administración de Negocios de Belleza y Cuidado Personal

ESPECIALIDADES

- Preparación Física
- Periodismo Deportivo
- Marketing Deportivo
- Inteligencia Artificial y Tecnología Educativa
- Pedagogía y Didáctica de la Educación Física
- Docencia y Diseño del Aprendizaje

DOCTORADOS

- Educación
- Dirección Estratégica y Desarrollo Empresarial

PREPARATORIA

ENFOQUES:

- Ciencias de la salud, químico biológicas y psicología.
- Ciencias económico administrativas.
- Lengua, comunicación y ciencias sociales.
- Pensamiento matemático, ciencias experimentales y tecnologías.

OFERTA ACADÉMICA

EDUCACIÓN CONTINUA | **CDEFIS**
UNIVERSIDAD

CERTIFICACIONES
EN LÍNEA

16

DIPLOMADOS
EN LÍNEA

9

CERTIFICACIONES
PRESENCIAL

16

DIPLOMADOS
SEMIPRESENCIAL

1

CURSOS
EN LÍNEA

3

MÁS INFORMACIÓN:

informes@cdefis.edu.mx

(443) 257 7874
(443) 304 66 43 ext. 101

f i s j y x
www.cdefis.edu.mx



CDEFIS[®]

REVISTA CIENTÍFICA

Profesionaliza tu Futuro



www.cdefis.edu.mx

Morelia, Michoacán, México.