



Índice de masa corporal y consumo máximo de oxígeno: análisis correlacional y diferencias según sexo y edad de estudiantes universitarios

Body mass index and maximum oxygen consumption: correlational analysis and differences according to gender and age among university students

Autores

Miguel Posso-Yépez ¹
Edison Flores-Bosmediano ²
Pablo Buitrón-Jácome ³
Ernesto Osejos ⁴
Mikaela Posso-Astudillo ⁵
Zoila Esther Realpe Zambrano ⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Universidad Técnica del Norte (Ecuador)

Autor de correspondencia:
Pablo Buitrón-Jácome
pabuitron@utn.edu.ec

Recibido: 02-12-25
Aceptado: 31-01-26

Cómo citar en APA

Posso-Yépez, M., Flores-Bosmediano, E., Buitrón-Jácome, P., Osejos, E., Posso-Astudillo, M., & Realpe Zambrano, Z. E. (2026). Índice de masa corporal y consumo máximo de oxígeno: análisis correlacional y diferencias según sexo y edad de estudiantes universitarios. *Retos*, 76, 754-768. <https://doi.org/10.47197/retos.v76.118265>

Resumen

Introducción: La evaluación de la salud universitaria requiere indicadores complementarios como el Índice de Masa Corporal (IMC) y el Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂máx), que objetivan el estado nutricional y la aptitud cardiorrespiratoria.

Objetivo: El estudio tuvo como propósito determinar la fuerza de asociación entre ambas variables. Asimismo, se examinaron las variaciones de estos indicadores en función del sexo y la edad de los participantes para identificar diferencias fisiológicas relevantes.

Metodología: Se aplicó un diseño cuantitativo, observacional y transversal con alcance correlacional. La muestra no probabilística estuvo conformada por 309 estudiantes de la carrera de Complementación Deportiva de la Universidad Técnica del Norte, situada en Ibarra (2.220 m s.n.m.). Para la recolección de datos, se estimó el VO₂máx mediante la prueba de campo Yo-Yo IR1 y se determinó el IMC siguiendo protocolos antropométricos estandarizados.

Resultados: Se obtuvo una correlación negativa baja ($r = -0,234$; $p < 0,001$) entre el IMC y el VO₂máx. No hubo diferencias de IMC por sexo, pero el VO₂máx fue significativamente mayor en hombres ($p < 0,001$) y disminuyó significativamente en el grupo de mayor edad.

Discusión: La baja varianza compartida sugiere que el IMC es un predictor limitado de la aptitud cardiorrespiratoria y que factores no evaluados (p. ej., composición corporal y actividad física) pueden modular la relación.

Conclusión: IMC y VO₂máx coexisten de forma inversa, aunque con magnitud explicativa limitada; por tanto, la evaluación de la condición cardiorrespiratoria debe complementarse con indicadores más específicos que el IMC.

Palabras clave

Consumo máximo de oxígeno; estudiantes universitarios; composición corporal; aptitud cardiorrespiratoria; índice de masa corporal.

Abstract

Introduction: The assessment of university students' health requires complementary indicators such as Body Mass Index (BMI) and maximal oxygen uptake (VO₂max), which objectively reflect nutritional status and cardiorespiratory fitness.

Objective: This study aimed to determine the strength of the association between these two variables. Additionally, variations in these indicators according to sex and age were examined to identify relevant physiological differences.

Methodology: A quantitative, observational, cross-sectional design with a correlational scope was applied. The non-probabilistic sample consisted of 309 students enrolled in the Sports Complementation program at the Universidad Técnica del Norte, located in Ibarra (2,220 m above sea level). VO₂max was estimated using the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (Yo-Yo IR1), and BMI was calculated following standardized anthropometric protocols.

Results: A low negative correlation was found between BMI and VO₂max ($r = -0.234$; $p < 0.001$). No significant differences in BMI were observed by sex; however, VO₂max was significantly higher in men ($p < 0.001$) and showed a significant decline in the older age group.

Discussion: The low shared variance suggests that BMI is a limited predictor of cardiorespiratory fitness and that unmeasured factors (e.g., body composition and physical activity levels) may modulate this relationship.

Conclusion: BMI and VO₂max coexist in an inverse manner, although with limited explanatory magnitude; therefore, the assessment of cardiorespiratory fitness should be complemented with more specific indicators than BMI.

Keywords

Maximal oxygen uptake; university students; body composition; cardiorespiratory fitness; body mass index.

Introducción

Diversas evidencias han demostrado que poseer una adecuada aptitud física cardiorrespiratoria en la adultez temprana se asocia con menor riesgo de mortalidad prematura y de desarrollar múltiples enfermedades crónicas (Lang et al., 2024). El periodo universitario, sin embargo, suele acompañarse de cambios en el estilo de vida, caracterizados por menor actividad física, incremento del sedentarismo y patrones alimentarios irregulares, que favorecen el aumento de peso y el deterioro de la condición física (Alarcón et al., 2024; Da Silva Prado et al., 2021). En estudiantes de educación superior de países de ingresos bajos y medios se ha reportado una prevalencia combinada aproximada de 22% de sobrepeso y 5% de obesidad (Alqassimi et al., 2024), lo que convierte al ambiente universitario en un escenario crítico para la vigilancia del estado nutricional y la capacidad cardiorrespiratoria.

La medida antropométrica más utilizada, tanto en sector privado como público, es el Índice de Masa Corporal (IMC), tiene el propósito de clasificar la población adulta en base a su estado nutricional. Su cálculo es simple dividiendo el peso corporal en kilogramos (kg) para la talla al cuadrado (m²). El aumento del IMC en una persona se vincula directamente con alteraciones metabólicas, diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular, hipertensión y ciertos tipos de cáncer (Li y Zhang, 2024; Bojórquez-Díaz et al., 2021).

Por otro lado, la capacidad máxima del organismo para captar, transportar y utilizar oxígeno durante el ejercicio incremental hasta el agotamiento, también conocido como consumo máximo de oxígeno (VO₂máx), es usado por profesionales del entrenamiento deportivo para valorar el rendimiento aeróbico y la aptitud cardiorrespiratoria (Leao et al., 2022). La importancia de la relación de la aptitud cardiorrespiratoria y el VO₂máx con relación a morbimortalidad es concluyente según Lang et al. (2024), puesto que menciona que es el predictor más relevante y consistente epidemiológicamente. Por lo tanto, el VO₂máx permite valorar el rendimiento de resistencia y la respuesta al entrenamiento aeróbico que los deportistas tienen en las disciplinas.

Los datos del IMC y VO₂máx ofrecen un diagnóstico situacional de la condición física y estado de salud de los estudiantes en un ambiente de educativo, puesto que permite identificar situaciones de riesgo con la finalidad de reorientar la planificación del acondicionamiento físico y evaluar el impacto de las estrategias empleadas de la promoción de estilos de vida más activos (Arnetz et al., 2020).

Muchos estudios han demostrado la correlación inversa entre el porcentaje de grasa corporal y la capacidad aeróbica en población juvenil. De forma general, un mayor IMC (siempre y cuando el porcentaje de grasa corporal sea más elevado), está asociado con una menor capacidad cardiopulmonar (Mondal y Mishra, 2017), puesto que demostraron que en poblaciones homogéneas hay presencia de correlación negativa débil entre IMC y VO₂máx ($r \approx -0,32$), y relaciones más fuertes cuando se emplea el porcentaje de grasa corporal ($r \approx -0,75$). Fernández Rodríguez et al. (2018) encontraron que no hay asociaciones significativas entre VO₂máx e IMC, pese a observarse relación con el porcentaje de grasa. Mientras que en población escolar Caamaño Navarrete et al. (2016) describieron niveles inferiores de VO₂máx en niños y adolescentes con sobrepeso/obesidad en comparación con sus pares de peso normal.

Gregory (2024) explica las diferencias de entre el IMC y VO₂máx con relación al sexo, asimismo otros estudios como el de Diaz-Canestro et al. (2022) y Santisteban et al. (2022) exponen las razones por las que los hombres tienen valores superiores en VO₂máx, se debe al mayor volumen sanguíneo, concentración de hemoglobina y gasto cardíaco máximo. Por otra parte, el estudio realizado por Martins et al. (2023) ha descrito valores de $\sim 44-50$ ml/kg/min en hombres frente a $\sim 38-42$ ml/kg/min en mujeres, lo que supone una brecha aproximada del 20% en adultos jóvenes no entrenados, no obstante cuando el VO₂máx se ajusta por masa muscular específica, las diferencias entre sexos tienden a reducirse.

La edad es otro factor relevante. La literatura evidencia que el VO₂máx desciende progresivamente desde la adultez temprana, a razón de cerca del 10% por década en adultos inactivos (Letnes et al., 2023). Paralelamente, el IMC tiende a incrementarse con los años, sobre todo cuando se consolidan estilos de vida sedentarios y se deteriora el balance energético (Caamaño Navarrete et al., 2016; Apaza-Ahumada et al., 2023). Sin embargo, en rangos de edad estrechos, como en población universitaria, la variabilidad del IMC y del VO₂máx suele estar más condicionada por los hábitos de actividad física y los estilos de vida que por la edad cronológica per se (Flores Paredes et al., 2023; Dávila-Morán y Agüero Corzo, 2024).



A nivel global, la relación inversa entre obesidad y condición cardiorrespiratoria, así como la ventaja de los hombres y el descenso del VO_2 máx con la edad, se consideran patrones bien establecidos (Mondal y Mishra, 2017; Martins et al., 2023). Estudios recientes en estudiantes universitarios de distintos países confirman que el sobrepeso, la inactividad física y el sedentarismo se asocian con menor VO_2 máx y con peores perfiles de salud (Peltzer y Pengpid, 2014; Da Silva Prado et al., 2021; Kermanjani et al., 2023; Singh et al., 2023; Potosí-Moya et al., 2024).

En la actualidad las investigaciones de carácter correlacional en contextos universitarios respecto a las variables del estudio son limitadas, por ello, uno de los estudios explica sobre hábitos de vida poco saludables en los estudiantes de Fisioterapia al iniciar su carrera Gutiérrez-Espinoza et al. (2024). Por otro lado, en la ciudad de Ambato el 29,2% de universitarias se clasifica con obesidad según su porcentaje de grasa corporal a pesar de presentar un IMC promedio normal.

Parte de los resultados de la revisión de la literatura fue que en la misma Universidad Técnica del Norte Potosí-Moya et al. (2024), confirmaron que el VO_2 máx es susceptible de mejora mediante intervenciones específicas, pero no encontraron correlación con cambios inmediatos en el IMC. De igual manera en la ciudad de Guayaquil Vaca-García et al. (2024) relacionaron los estilos de vida con alteraciones en la composición corporal. A pesar de estos hallazgos, los estudios han sido escasos.

La Educación Física universitaria constituye un espacio estratégico para la prevención en salud y la promoción de estilos de vida activos. El trabajo sistemático de capacidades físicas básicas en el currículo contribuye a mejorar el rendimiento cardiorrespiratorio y a reducir factores de riesgo (Valenzuela Contreras et al., 2024; Hernández Gallardo et al., 2025). En consecuencia, es necesario revertir el escenario de los resultados encontrado y el primer paso es que entrenadores y docentes universitarios requieran de información actualizada y contextualizada específica sobre el IMC y VO_2 máx en los propios estudiantes para diseñar estrategias para atender esta problemática.

Además, la ubicación geográfica de la universidad (Ibarra, 2.220 m s.n.m.) ofrece un escenario particular para evaluar la respuesta cardiorrespiratoria en condiciones de moderada altitud, un factor poco explorado en estudios comparativos previos en la región.

Fisiológicamente la relación entre el Índice de Masa Corporal y el VO_2 máx dista de ser directa, debido a que es el resultado de múltiples mecanismos interconectados como se explica en la siguiente tabla:

Tabla 1.

| Mecanismo Fisiológico | Explicación e Impacto en el Rendimiento |
|---------------------------------------|--|
| Masa Muscular | Tejido metabólicamente activo. Es el principal impulsor del consumo de oxígeno, ya que las fibras musculares extraen y utilizan el O_2 durante el esfuerzo. |
| Masa Grasa | Tejido inerte. Incrementa el peso corporal total y el costo energético, no contribuye a la capacidad oxidativa, penalizando el VO_2 máx. |
| Eficiencia Biomecánica | El exceso de peso corporal altera la economía de carrera. Esto hace que el músculo requiera más oxígeno para mantener la carga de trabajo. |
| Determinantes del "Techo" Fisiológico | EL VO_2 máx depende de la capacidad central del cuerpo que es el volumen sistólico, gasto cardíaco y transporte de O_2 , así como la densidad mitocondrial. |
| Rol del IMC | Es una referencia indirecta. Este índice no diferencia entre masa grasa y masa magra, por ello tiene un bajo valor predictivo sobre la aptitud cardiorrespiratoria real. |

El metabolismo se activa principalmente por la actividad muscular, siendo este el principal elemento de consumo de oxígeno asimismo puede contribuir a la capacidad oxidativa, contrario a la masa grasa, ya que es un tejido inerte que aumenta el costo energético y no contribuye en la capacidad oxidativa. Cabe recalcar que el aumento del peso corporal puede elevar la demanda de oxígeno para una misma carga de trabajo, esto se debe a que altera la biomecánica y economía locomotora.

El verdadero techo fisiológico del VO_2 máx, sin embargo, lo establecen tanto la capacidad central de transporte —volumen sistólico, gasto cardíaco y contenido arterial de O_2 — como la utilización mitocondrial periférica. En este escenario, el IMC funciona apenas como una referencia indirecta que no distinga entre masa magra y grasa, lo cual explica su limitada capacidad para predecir, por sí solo, la aptitud cardiorrespiratoria.

En este contexto, el presente estudio tiene el propósito de evidenciar la relación entre el IMC y el VO_2 máx y su variación según sexo y edad en estudiantes que participan actualmente en el proceso de Complementación Educativa en la Universidad Técnica del Norte. Por ello, de manera más puntual el objetivo general de la investigación es determinar la correlación entre el IMC y el VO_2 máx y analizar las diferencias significativas de ambas variables según sexo y grupos de edad en estudiantes universitarios.

A partir de estos objetivos, se formulan las siguientes hipótesis: (H1) existe correlación entre IMC y VO_2 máx; (H2) el IMC difiere según el sexo; (H3) el IMC difiere según la edad; (H4) el VO_2 máx difiere según el sexo; y (H5) el VO_2 máx difiere según la edad.

Método

Se realizó un estudio con enfoque cuantitativo, de tipo observacional, no experimental, de corte transversal y alcance relacional, en el que se analizaron las asociaciones entre el IMC y el VO_2 máx y se exploraron sus diferencias según sexo y grupos de edad (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). La muestra fue no probabilística, conformada por estudiantes que cursaban Complementación Educativa como parte de su formación universitaria en la Universidad Técnica del Norte, en el período académico en que se ejecutó el estudio fue Septiembre 2024 a Febrero 2025.

Participantes

La muestra final estuvo conformada por 309 estudiantes universitarios (62,1% hombres y 37,9% mujeres) con una edad media de $20,87 \pm 2,85$ años. Los participantes fueron reclutados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia desde Complementación Educativa. Se seleccionó esta fuente de reclutamiento por ser una materia de formación básica obligatoria para estudiantes de primer y segundo nivel de todas las facultades de la universidad (incluyendo Ingenierías, Ciencias Administrativas, Educación y Salud), asegurando así una muestra heterogénea y representativa de la población universitaria general, evitando el sesgo de selección hacia poblaciones exclusivamente deportistas.

Para el muestreo estadístico se utilizó el software G*Power v.3.1. para calcular la potencia estadística, considerando un error $\alpha = 0.05$ y una muestra de $n=309$, resultó una potencia $(1-\beta)$ superior a 0.99 para detectar efectos medianos ($r = 0.30$) y de 0.82 para efectos pequeños ($r = 0.15$), por lo que se confirmó que esta muestra es suficiente y robusta para demostrar los objetivos planteados.

Para ser incluidos en el estudio, los estudiantes debían estar matriculados legalmente en la asignatura y haber residido en Ibarra (2.220 m s.n.m.) durante un mínimo de tres meses, un requisito indispensable para garantizar la aclimatación fisiológica a la altitud moderada. Además, se exigió la firma voluntaria del consentimiento informado. Por el contrario, se excluyó a los participantes con contraindicaciones médicas, lesiones musculoesqueléticas agudas o enfermedades cardiorrespiratorias que limitaran el esfuerzo físico intenso, así como aquellos casos con errores técnicos en la ejecución del protocolo o el registro de datos. Bajo este último criterio de control de calidad, de los 319 participantes iniciales se excluyeron 10 casos (3,1%) que presentaron inconsistencias en las medidas antropométricas o que interrumpieron el test de campo por causas ajenas al agotamiento fisiológico real (e.g, falta de motivación manifiesta o incidentes menores), lo cual impide una estimación válida del VO_2 máx.

Procedimiento

El estudio se condujo en estricto apego a los principios éticos para la investigación con seres humanos establecidos en la Declaración de Helsinki (actualización 2013). El protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología (FECYT) de la UTN. Previo a la toma de datos, se realizaron reuniones de coordinación con el cuerpo docente de la carrera de Pedagogía de la Actividad Física y Entrenamiento Deportivo para estandarizar los procesos de evaluación.

La aplicación de instrumentos se realizó las dos primeras semanas de enero de 2025 en horario matutino (08h00 – 11h00) en las instalaciones de la universidad, misma que cuenta con superficies planas y adecuadas, canchas de fútbol sintético y de cemento, canchas de baloncesto, Ecuavoley, coliseo, entre otros espacios deportivos, con la finalidad de minimizar la variabilidad fisiológica.

El protocolo estandarizado que se aplicó a los estudiantes fue el siguiente:



- 1) Socialización y explicación objetivos y riesgos de la investigación, enseguida la firma del consentimiento informado;
- 2) Se instruyó a los estudiantes para evitar el ejercicio vigoroso y el consumo de café o alcohol en las 24 horas previas a la evaluación;
- 3) Registro de datos sociodemográficos y tamizaje de salud;
- 4) Evaluación antropométrica individual en un espacio reservado y debidamente adecuado para garantizar la privacidad; y
- 5) Aplicación del Yo-Yo test nivel 1.

Previo aplicación del test de VO_{2max} realizaron un calentamiento de 10 minutos con actividades de movilidad articular dinámica y desplazamientos de baja intensidad.

Instrumentos

Índice de Masa Corporal (IMC)

Esta medición se realizó con ropa deportiva ligera (uniforme de Complementación Educativa) y sin calzado, tal y como lo menciona la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) para la medición del peso corporal (kg) y talla (m) usando una balanza y tallímetro de columna con precisión de 0,1 kg y 0,1 cm, respectivamente.

El Índice de Masa Corporal (IMC) se calculó mediante la fórmula de Quetelet (kg/m^2). Para facilitar el análisis comparativo, se clasificó a los participantes según los puntos de corte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para adultos, distribuyéndolos en las categorías de: bajo peso ($<18,5 kg/m^2$), normopeso ($18,5-24,9 kg/m^2$), sobrepeso ($25,0-29,9 kg/m^2$) y obesidad ($\geq 30,0 kg/m^2$).

Yo-Yo test intermitente de recuperación nivel 1 (VO_{2max})

Este instrumento ha demostrado una alta validez y fiabilidad para evaluar el rendimiento físico intermitente y estimar el consumo máximo de oxígeno en poblaciones jóvenes (Bangsbo et al., 2008). El protocolo consistió en realizar carreras de ida y vuelta de 20 m ($2 \times 20m$) a velocidades incrementales dictadas por una señal sonora pregrabada, intercaladas con periodos de recuperación activa de 10 s en una zona de 5 m. La prueba finalizó cuando el participante alcanzó el agotamiento volitivo o cuando no fue capaz de mantener el ritmo impuesto en dos ocasiones consecutivas. Se registró la distancia total recorrida (m) por cada participante. El VO_{2max} relativo ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) se calculó utilizando la ecuación de predicción validada por Bangsbo et al. (2008):

$$VO_{2max} = IR1 \text{ distancia (m)} \times 0.0084 + 36.4$$

Una de las ventajas, a nivel fisiológico, del test Yo-Yo es que evalúa más allá del consumo de oxígeno, sino que principalmente mide qué tan rápido el cuerpo es capaz de regenerarse de la fatiga durante descansos breves, esto significa que trasciende la medición de la potencia aeróbica máxima y presta mayor atención a la recuperación metabólica en la actividad física. Este test captura la interacción dinámica entre el VO_{2max} , la cinética de resíntesis de fosfocreatina, la oxidación mitocondrial y la eficiencia del transporte de oxígeno. Por esta razón, este instrumento representa una medida funcional robusta del VO_{2max} . Al replicar las demandas metabólicas reales del ejercicio de una manera más ecológica, ofrece una ventaja distintiva sobre las pruebas continuas de laboratorio convencionales.

La elección del Yo-Yo IR1 se fundamentó en su alta reproducibilidad y validez ecológica reportada internacionalmente (Bangsbo et al., 2008). Si bien no existe una validación exclusiva para la población universitaria ecuatoriana, este instrumento ha sido ampliamente aceptado y utilizado en la región andina y en condiciones de altitud moderada. Su empleo en investigaciones previas demuestra que es un estimador sensible de la potencia aeróbica para este contexto demográfico y ambiental.

Análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó con el software SPSS, versión 25.0. Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, frecuencias y porcentajes) para caracterizar la muestra y las variables de interés. La normalidad de las distribuciones fue evaluada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.



El análisis de correlación entre IMC y VO_2 máx se realizó a través del coeficiente Rho de Spearman, puesto que el IMC no presentó distribución normal ($p=0,006$), mientras que el VO_2 máx sí lo hizo ($p=0,091$).

Al tratarse el IMC una variable no paramétrica y dos grupos independientes se procedió a aplicar la U de Mann-Whitney para comparar el IMC según el sexo. Mientras que para el análisis diferenciado del IMC entre rangos de edad se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis, con contrastes por pares y significación ajustada en el análisis post hoc.

Para el VO_2 máx, al cumplirse los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizaron la prueba t de Student para muestras independientes (comparación por sexo) y el ANOVA de un factor (comparación por grupos de edad), con prueba post hoc de Tukey cuando la F resultó significativa. Se adoptó un nivel de significación de $\alpha=0,05$ (bilateral).

Resultados

Descriptivos

La Tabla 2 resume las características antropométricas y fisiológicas basales de los 309 participantes. Los estadísticos descriptivos evidencian una muestra marcadamente heterogénea. El Índice de Masa Corporal (IMC) presentó una media de $24,01 \pm 3,85$ kg/m², pero lo más relevante es la amplitud del rango (22,77 puntos de diferencia), oscilando desde un mínimo de 13,41 kg/m² (insuficiencia ponderal severa) hasta un máximo de 36,18 kg/m² (obesidad grado II).

Por su parte, la aptitud cardiorrespiratoria (VO_2 máx) mostró una variabilidad aún mayor, con una desviación estándar de $\pm 8,38$ ml/kg/min sobre una media de 37,95 ml/kg/min. Es destacable que la muestra incluye estudiantes con una capacidad funcional crítica (15,28 ml/kg/min) junto a otros con valores de rendimiento deportivo (58,58 ml/kg/min), lo que refleja la diversidad de estilos de vida en la población universitaria.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de variables cuantitativas de estudio

| | IMC | VO_2 máx | Edad |
|------------|---------|--------------------|-------|
| Media | 24,0094 | 37,9471 | 20,87 |
| Mediana | 23,5716 | 37,5706 | 20,00 |
| Moda | 23,28 | 32,32 ^a | 19 |
| Desviación | 3,85258 | 8,37629 | 2,846 |
| Varianza | 14,842 | 70,162 | 8,100 |
| Rango | 22,77 | 43,30 | 14 |
| Mínimo | 13,41 | 15,28 | 18 |
| Máximo | 36,18 | 58,58 | 32 |

Nota: a. Existen múltiples modas. Se muestra el valor más pequeño.

Al estratificar la muestra según los puntos de corte de la OMS (Tabla 3), se observa un perfil de salud polarizado. Si bien el grupo predominante corresponde al normopeso (57,3%), es clínicamente relevante la alta prevalencia combinada de malnutrición por exceso. La suma de los casos de sobrepeso (26,2%) y los diferentes grados de obesidad (9,6%) revela que el 35,9% de la población estudiantil excede el peso saludable recomendado, una cifra que alerta sobre el riesgo cardiometabólico temprano en este grupo universitario.

Tabla 3. Niveles del IMC

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|------------------|------------|------------|----------------------|
| Bajo peso | 21 | 6,8 | 6,8 |
| Peso normal | 177 | 57,3 | 64,1 |
| Sobrepeso | 81 | 26,2 | 90,3 |
| Obesidad grado 1 | 26 | 8,4 | 98,7 |
| Obesidad grado 2 | 2 | 0,6 | 99,4 |
| Obesidad grado 3 | 2 | 0,6 | 100,0 |

Correlación IMC- VO₂máx

Al analizar la asociación bivariada (Tabla 4), se encontró una correlación inversa estadísticamente significativa entre el IMC y el VO₂máx ($r = -0,234$; IC 95% [-0,33; -0,12]; $p < 0,001$).

No obstante, es fundamental dimensionar el impacto real de esta variable en el rendimiento. El coeficiente de determinación obtenido ($R^2 = 0,055$) indica que el IMC explica apenas el 5,5% de la varianza del VO₂máx, lo que evidencia su limitado poder predictivo sobre la condición física en esta muestra. Desde la teoría del entrenamiento, este resultado es lógico, dado que el IMC no distingue entre masa grasa —un lastre que dificulta el rendimiento— y masa muscular, que es un tejido activo. Por consiguiente, otros factores como la economía de carrera, el umbral anaeróbico o la densidad mitocondrial tienen un peso determinante (cercano al 94,5%) en el resultado de la prueba física.

Si bien el IMC mostró una capacidad limitada para explicar la variabilidad del VO₂máx a nivel poblacional, esto no invalida su utilidad clínica. La relación entre adiposidad y rendimiento cardiorrespiratorio no es necesariamente lineal, sino que suele manifestarse a través de efectos umbral. En este sentido, mientras que pequeñas variaciones dentro del rango de normalidad pueden tener un impacto funcional menor, la transición hacia la obesidad puede imponer restricciones fisiológicas desproporcionadas sobre la capacidad aeróbica. Por ello, el análisis categórico del IMC permite detectar perfiles de riesgo que la correlación lineal global pasa por alto.

Tabla 4. Correlación IMC-VO₂máx

| | | VO ₂ máx | IMC |
|---------------------|-----------------------------|---------------------|---------|
| VO ₂ máx | Coefficiente de correlación | 1,000 | -,234** |
| | Sig. (bilateral) | . | ,000 |
| | N | 309 | 309 |
| IMC | Coefficiente de correlación | -,234** | 1,000 |
| | Sig. (bilateral) | ,000 | . |
| | N | 309 | 309 |

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Diferencias de IMC según sexo

La Tabla 5 detalla los rangos promedio y las medias del Índice de Masa Corporal desagregados por sexo. Los datos descriptivos revelan una notable homogeneidad en la composición corporal de la muestra. El IMC medio registrado en el grupo masculino fue de 23,99 kg/m², una cifra prácticamente idéntica a la observada en el grupo femenino (24,03 kg/m²). Esta paridad se refleja también en los rangos promedio (155,70 en hombres vs. 153,85 en mujeres), lo que indica preliminarmente que la distribución de la masa corporal no presenta sesgos evidentes atribuibles al dimorfismo sexual en esta población universitaria.

Tabla 5. Rangos y medias de IMC y sexo

| | Sexo | N | Rango promedio | Media |
|-----|---------|-----|----------------|---------|
| IMC | Hombres | 192 | 155,70 | 23,9953 |
| | Mujeres | 117 | 153,85 | 24,0326 |
| | Total | 309 | | 24,0094 |

Con el objetivo de determinar la relevancia práctica de los hallazgos, se realizó un análisis cruzado entre las categorías clínicas del IMC y los niveles de condición física (Tabla 6). Los resultados en la población masculina revelan un escenario preocupante: el 58,9% de los hombres (113 de 192) se sitúa en la categoría de VO₂máx "Muy bajo", independientemente de su peso.

Sin embargo, al observar los estratos de obesidad, la tendencia negativa se acentúa drásticamente. De los 14 estudiantes varones clasificados con obesidad (grados I, II y III), 12 (85,7%) presentaron una aptitud cardiorrespiratoria deficiente, ubicándose en el nivel "Muy bajo". Esto evidencia que, aunque la correlación lineal general sea moderada, la presencia clínica de obesidad impone un límite fisiológico severo al rendimiento aeróbico, restringiendo la capacidad de estos estudiantes para realizar esfuerzos físicos sostenidos.



Tabla 6. Tabla cruzada VO₂ máximo hombres*Niveles IMC

| | | Niveles IMC | | | | | | Total | |
|-----------------------------|-----------|---|-------------|-----------|------------------|------------------|------------------|-------|--------|
| | | Bajo de peso | Peso normal | Sobrepeso | Obesidad grado 1 | Obesidad grado 2 | Obesidad grado 3 | | |
| VO ₂ máx hombres | Muy bajo | Recuento | 5 | 58 | 38 | 9 | 2 | 1 | 113 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 4,4% | 51,3% | 33,6% | 8,0% | 1,8% | 0,9% | 100,0% |
| | Bajo | Recuento | 5 | 24 | 10 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 12,8% | 61,5% | 25,6% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| | Aceptable | Recuento | 0 | 12 | 2 | 1 | 0 | 0 | 15 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 0,0% | 80,0% | 13,3% | 6,7% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| | Bueno | Recuento | 0 | 8 | 5 | 0 | 0 | 1 | 14 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 0,0% | 57,1% | 35,7% | 0,0% | 0,0% | 7,1% | 100,0% |
| | Excelente | Recuento | 1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 9,1% | 81,8% | 9,1% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| | Total | Recuento | 11 | 111 | 56 | 10 | 2 | 2 | 192 |
| | | % dentro de VO ₂ máx hombres | 5,7% | 57,8% | 29,2% | 5,2% | 1,0% | 1,0% | 100,0% |

En el subgrupo femenino (Tabla 7), la estratificación cruzada evidencia un déficit generalizado de la capacidad aeróbica que trasciende al estado nutricional. Los resultados son contundentes: el 81,2% de las participantes (95 de 117) se clasificaron en el rango de rendimiento "Muy bajo".

A diferencia de los hombres, donde el descenso del rendimiento estaba más marcado por el exceso de peso, en las mujeres se observa una disociación parcial: el 80,3% de las estudiantes con normopeso (53 de 66) también presentaron una condición física deficiente ("Muy baja"). No obstante, la adiposidad actúa como un factor agravante, dado que el 87,5% de las estudiantes con obesidad grado I se ubicaron en el estrato funcional más bajo. Este fenómeno explica estadísticamente la baja correlación lineal encontrada al inicio ($R^2 = 0,055$): la "mala condición física" es un denominador común en la muestra femenina, independientemente de si presentan delgadez o exceso de peso, lo que apunta hacia un perfil de "sedentarismo normopeso" predominante.

Tabla 7. Tabla cruzada VO₂ mujeres*Niveles IMC

| | | Niveles IMC | | | | Total | |
|-----------------------------|-----------|---|-------------|-----------|------------------|-------|--------|
| | | Bajo de peso | Peso normal | Sobrepeso | Obesidad grado 1 | | |
| VO ₂ máx mujeres | Muy bajo | Recuento | 8 | 53 | 20 | 14 | 95 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 8,4% | 55,8% | 21,1% | 14,7% | 100,0% |
| | Bajo | Recuento | 0 | 8 | 4 | 0 | 12 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 0,0% | 66,7% | 33,3% | 0,0% | 100,0% |
| | Aceptable | Recuento | 1 | 2 | 0 | 2 | 5 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 20,0% | 40,0% | 0,0% | 40,0% | 100,0% |
| | Bueno | Recuento | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 0,0% | 66,7% | 33,3% | 0,0% | 100,0% |
| | Excelente | Recuento | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 50,0% | 50,0% | 0,0% | 0,0% | 100,0% |
| | Total | Recuento | 10 | 66 | 25 | 16 | 117 |
| | | % dentro de VO ₂ máx mujeres | 8,5% | 56,4% | 21,4% | 13,7% | 100,0% |

Para corroborar los hallazgos descriptivos, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (Tabla 8). El análisis estadístico arrojó un valor $p = 0,859$, lo cual permite aceptar la hipótesis nula de igualdad.

Esto significa que, en términos de masa corporal bruta normalizada por la talla, no existe dimorfismo sexual significativo en esta población universitaria. Es decir, aunque fisiológicamente hombres y mujeres difieren en su composición tisular (porcentajes de masa magra vs. grasa), el índice global de masa corporal se comporta de manera uniforme en ambos grupos, descartando al sexo como una variable discriminante del estado nutricional en esta muestra específica.

Tabla 8. U de Mann-Whitney: IMC en función del sexo

| | IMC |
|--------------------------------|-----------|
| U de Mann-Whitney ^a | 11097,000 |
| W de Wilcoxon | 18000,000 |
| Z | -,177 |
| Sig. Asintótica | ,859 |



Nota: a. Variable de agrupación: sexo

Diferencias IMC según edad

Al desagregar el estado ponderal por rangos de edad (Tabla 9), se evidencia un patrón lineal ascendente asociado a la maduración académica. El grupo más joven (18-22 años), que representa la mayoría de la muestra ($n=248$), mantiene el promedio más bajo (23,84 kg/m²).

En contraste, el grupo de mayor edad (28-32 años) exhibe un incremento notable, alcanzando una media de 26,08 kg/m². Esto implica que el promedio de los estudiantes mayores ya se sitúa dentro de la categoría de sobrepeso, con un aumento neto de más de 2 puntos de IMC respecto a sus pares novatos, lo que sugiere un deterioro progresivo del perfil antropométrico a lo largo de la vida universitaria.

Tabla 9. Descriptivos de IMC en función de edad

| | Edad | N | Rango promedio | Media |
|-----|--------------|-----|----------------|---------|
| IMC | 18-22 años | 248 | 149,65 | 23,8478 |
| | 23 a 27 años | 47 | 167,89 | 24,2424 |
| | 28 a 32 años | 14 | 206,43 | 26,0899 |
| | Total | 309 | | 24,0094 |

Para determinar si el incremento del IMC observado en los descriptivos posee significancia estadística, se aplicó la prueba H de Kruskal-Wallis (Tabla 10). El análisis arrojó un estadístico de contraste $H = 6,506$ con un valor $p = 0,039$.

Este resultado, al situarse por debajo del umbral crítico ($\alpha < 0,05$), permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de distribuciones. En consecuencia, se confirma la existencia de una diferencia global estadísticamente significativa en el estado ponderal entre los tres grupos etarios, lo que habilita la exploración de comparaciones múltiples para identificar qué grupos específicos difieren entre sí.

Tabla 10. H de Kruskal Wallis: IMC - edad

| | IMC |
|---------------------|-------|
| H de Kruskal-Wallis | 6,506 |
| Gl | 2 |
| Sig. Asintótica | ,039 |

Posteriormente, se realizó el análisis Post Hoc para identificar entre qué grupos específicos residen las diferencias (Tabla 11). Se observa un fenómeno estadístico particular: aunque el contraste entre el grupo más joven (18-22 años) y el de mayor edad (28-32 años) presentó una significancia preliminar ($p = 0,021$), al aplicar la corrección de Bonferroni para ajustar el error por comparaciones múltiples, el valor de probabilidad se situó en el límite de la significancia ($P_{ajustada} = 0,062$).

Este resultado indica que, si bien existe una clara tendencia clínica al aumento del IMC en los estudiantes mayores (diferencia de rangos observada), la falta de potencia estadística derivada del reducido tamaño muestral en el grupo de 28-32 años ($n=14$) impidió que esta diferencia se consolidara matemáticamente tras la penalización del ajuste. Por tanto, se interpreta como una diferencia biológicamente relevante con significancia estadística marginal.

Tabla 11. Prueba Post Hoc de pares de grupos

| Muestra1-Muestra2 | Desv. Estadístico de contraste | Sig. | Sig. ajustada |
|---------------------------|--------------------------------|------|---------------|
| 18-22 años - 23 a 27 años | 14,214 | ,199 | ,598 |
| 18-22 años - 28 a 32 años | 24,543 | ,021 | ,062 |
| 23-27 años - 28 a 32 años | 27,203 | ,157 | ,740 |

Diferencias de VO_2 máx según sexo

Previo al análisis comparativo, se verificó el supuesto de homocedasticidad mediante la prueba de Levene (Tabla 12). El valor obtenido ($p = 0,389$) confirmó la igualdad de varianzas entre los grupos, validando la aplicación de la prueba t de Student para muestras independientes.

El contraste estadístico reveló diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) en la aptitud cardiorrespiratoria. La diferencia media observada fue de 5,90 ml/kg/min a favor del grupo masculino. Para dimensionar la relevancia práctica de este hallazgo más allá del valor p, se calculó el tamaño del efecto (d de Cohen), obteniendo un valor de $d = 0,75$. Según los baremos estándar, esto representa una diferencia de magnitud media-alta, confirmando que el sexo biológico ejerce una influencia determinante y robusta sobre el consumo máximo de oxígeno en esta población universitaria.

Tabla 12. Prueba de muestras independiente

| | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | Prueba t para la igualdad de medias | |
|---------------------|---|-----|-------------------------------------|-----------------------|
| | Sig. | Gl | Sig. (bilateral) | Diferencias de medias |
| VO_2 máx por sexo | 0,389 | 307 | 0,000 | 5,89867 |

La Tabla 13 desglosa los estadísticos puntuales que sustentan la diferencia significativa detectada en la prueba anterior. El grupo masculino registró una media de consumo de oxígeno de $40,18 \pm 8,00$ ml/kg/min, superando notablemente al promedio femenino, que se situó en $34,28 \pm 7,67$ ml/kg/min.

Es relevante notar que, a pesar de la diferencia en las medias, la dispersión de los datos (Desviación Estándar) es muy similar en ambos grupos (8,0 vs 7,7), lo que sugiere que la variabilidad en la condición física dentro de cada sexo es homogénea, aunque partan de líneas base fisiológicas distintas.

Tabla 13. Estadísticas de grupo de la prueba t Student

| | Sexo | N | Media | Desviación | Desv. Error promedio |
|------------|---------|-----|---------|------------|----------------------|
| VO_2 máx | Hombres | 192 | 40,1806 | 8,00610 | ,57779 |
| | Mujeres | 117 | 34,2819 | 7,67767 | ,70980 |

Diferencias VO_2 máx según rangos de edad

Al estratificar el VO_2 máx por rangos de edad (Tabla 14), se evidencia un patrón de deterioro funcional acelerado. El grupo más joven (18-22 años) ostenta el promedio más alto ($38,95 \pm 7,97$ ml/kg/min), estableciendo una línea base de referencia para la muestra.

Sin embargo, se observa una fractura en el rendimiento al pasar al siguiente estrato: el grupo de 23-27 años desciende abruptamente a una media de 33,99 ml/kg/min. Esta disminución de casi 5 unidades metabólicas sugiere que la transición hacia etapas superiores de la vida universitaria se asocia con una pérdida sustancial de la potencia aeróbica, manteniéndose esta tendencia baja en el grupo de 28-32 años ($33,52$ ml/kg/min).

Tabla 14. Descriptivos de VO_2 máx en función de edad

| Edad | N | Media | Desviación | Desv. Error |
|--------------|-----|--------|------------|-------------|
| 18-22 años | 248 | 38,945 | 7,9708 | 0,5061 |
| 23 a 27 años | 47 | 33,994 | 8,5937 | 1,2535 |
| 28 a 32 años | 14 | 33,521 | 9,8602 | 2,6352 |
| Total | 309 | 37,947 | 8,3762 | 0,4765 |

Para confirmar la significancia estadística de las diferencias observadas en las medias, se ejecutó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor (Tabla 15). El modelo arrojó un valor $F_{(2, 306)} = 9,439$ con una significancia de $p < 0,001$. Este resultado permite rechazar con firmeza la hipótesis nula, demostrando que la variabilidad en el consumo máximo de oxígeno entre los distintos grupos etarios no es producto del azar. Existe, por tanto, un efecto principal significativo de la edad sobre la condición física, lo que

justifica la realización de pruebas de comparaciones múltiples para determinar la magnitud de las diferencias entre pares específicos.

Tabla 15. Anova de un factor: VO₂máx - edad

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 1255,756 | 2 | 627,878 | 9,439 | ,000 |
| Dentro de grupos | 20354,213 | 306 | 66,517 | | |
| Total | 21609,969 | 308 | | | |

Finalmente, el análisis de comparaciones múltiples (Tabla 16) permitió identificar el momento crítico del deterioro aeróbico. El grupo más joven (18-22 años) exhibió una superioridad estadística robusta frente a los estudiantes de 23-27 años (Diferencia de medias = 4,95; $p < 0,001$) y frente al grupo de 28-32 años (Diferencia de medias = 5,42; $p = 0,042$). Por el contrario, el contraste entre los dos grupos de mayor edad no arrojó diferencias significativas ($p = 0,980$). Este comportamiento de los datos sugiere que el descenso de la capacidad cardiorrespiratoria no es gradual, sino que se produce un escalón descendente significativo al superar la barrera de los 22 años, estabilizándose posteriormente en niveles de rendimiento inferiores.

Tabla 16. Prueba Post Hoc (HSD Tukey); comparaciones múltiples

| (I) Edad | (J) Edad | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. |
|--------------|--------------|----------------------------|-------------|------|
| 18-22 años | 23 a 27 años | 4,95113* | 1,29749 | ,000 |
| | 28 a 32 años | 5,42410* | 2,24041 | ,042 |
| 23 a 27 años | 18-22 años | -4,95113* | 1,29749 | ,000 |
| | 28 a 32 años | ,47297 | 2,48324 | ,980 |
| 28 a 32 años | 18-22 años | -5,42410* | 2,24041 | ,042 |
| | 23 a 27 años | -,47297 | 2,48324 | ,980 |

Nota: * La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Discusión

Este estudio tuvo como objetivo establecer la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y el Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂máx) en estudiantes universitarios, analizando dicha interacción según sexo y edad. Los resultados principales evidenciaron una correlación inversa estadísticamente significativa, aunque de magnitud débil ($r = -0,234$; $p < 0,001$). Para comprender este comportamiento, es necesario recurrir a un modelo fisiológico multicomponente. El VO₂máx depende de la integración entre el transporte central de oxígeno —gasto cardíaco máximo, volumen sistólico y contenido arterial de O₂— y la capacidad periférica de extracción y utilización mitocondrial.

Dado que el IMC no distingue entre masa grasa y masa muscular, solo refleja de forma indirecta la fracción corporal metabólicamente activa. Por consiguiente, un individuo con IMC elevado debido a hipertrofia muscular puede mantener un VO₂máx alto, mientras que otro con IMC normal pero baja masa magra y sedentarismo puede mostrar una capacidad aeróbica deficiente. Esta disociación fisiológica explica por qué la relación IMC-VO₂máx es estadísticamente significativa, pero presenta una baja capacidad explicativa en la población universitaria.

El coeficiente observado en esta cohorte ($r = -0,234$) se sitúa dentro del rango reportado en poblaciones universitarias internacionales ($r \approx -0,18$ a $-0,32$) (Aboshkair y Al-Nuaimy, 2024; Victoria et al., 2023), lo que sugiere estabilidad del patrón asociativo a nivel poblacional. Sin embargo, la magnitud explicativa hallada en nuestro estudio ($R^2 = 5,5\%$) se encuentra en el extremo inferior de lo descrito en cohortes evaluadas a nivel del mar, lo que refuerza la hipótesis de que factores contextuales, como la altitud moderada, y conductuales, como el sedentarismo normopeso, modulan la expresión funcional de esta relación (Mondal y Mishra, 2017).

Otro factor relevante que podría incidir en la baja magnitud de la asociación observada es el contexto de altitud moderada. Residir a 2.220 m s.n.m. conlleva una menor disponibilidad de oxígeno inspirado, una condición que tiende a comprimir la variabilidad interindividual del VO₂máx y reduce su sensibili-

dad ante predictores antropométricos. La evidencia fisiológica indica que, en estas condiciones, la limitación del $\text{VO}_2\text{máx}$ está más condicionada por factores hematológicos y ventilatorios que por la masa corporal per se. Esto explicaría por qué el poder predictivo del IMC en nuestra cohorte andina resulta inferior al reportado en poblaciones evaluadas a nivel del mar.

Más allá de la correlación lineal, el análisis estratificado (Tablas Cruzadas) permitió detectar un fenómeno relevante para la planificación del acondicionamiento físico. Observamos una desconexión entre la clasificación del IMC y el nivel de $\text{VO}_2\text{máx}$, especialmente en las mujeres.

Cabe destacar que el 80,3% de las estudiantes clasificadas con normopeso mostraron un $\text{VO}_2\text{máx}$ catalogado como "Muy bajo". Este resultado evidencia que mantener un IMC dentro de los rangos normales no garantiza una capacidad aeróbica eficiente. Mientras que el bajo rendimiento en los hombres se concentró mayoritariamente en la categoría de obesidad —donde el 85,7% presentó un $\text{VO}_2\text{máx}$ muy bajo—, en las mujeres la deficiencia aeróbica fue un denominador común, independientemente de su categoría de peso.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Potosí-Moya et al. (2024) y sugieren que las estrategias universitarias para mejorar la condición física no deben basarse exclusivamente en el control del IMC. Por el contrario, es necesario enfocar los esfuerzos en el desarrollo de la potencia aeróbica, incluso en aquellos estudiantes con peso normal.

En cuanto a las variables biológicas, los hombres mostraron un $\text{VO}_2\text{máx}$ significativamente superior ($\Delta \approx 5,9$ ml/kg/min). Lo relevante de este análisis trasciende la mera significancia estadística ($p < 0,001$) —esperable dada la influencia de factores como la hemoglobina y el gasto cardíaco (Díaz-Canestro et al., 2022)— y se centra en la magnitud de la discrepancia. El cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen = 0,75) revela una diferencia de magnitud media-alta en el rendimiento físico entre sexos.

Este panorama contrasta notablemente con el del IMC, donde no se observaron diferencias significativas ($p = 0,859$) ni tamaños de efecto relevantes entre hombres y mujeres. Este hallazgo coincide con estudios multicéntricos (Hernández-Segura et al., 2023) que indican que los promedios de IMC en el entorno universitario tienden a ser homogéneos, mientras que la brecha en el $\text{VO}_2\text{máx}$ persiste marcada, impulsada por determinantes fisiológicos específicos del rendimiento.

Finalmente, el análisis de la edad reveló un patrón de descenso no lineal en la capacidad física. Si bien la literatura describe una disminución gradual del $\text{VO}_2\text{máx}$ con los años (Letnes et al., 2023), nuestros datos muestran una caída marcada en el rendimiento una vez superados los 22 años. Las diferencias significativas halladas en el análisis post hoc entre el grupo de 18-22 años y los de mayor edad, junto con la ausencia de variaciones entre los grupos de 23-27 y 28-32 años, sugieren que la pérdida de potencia aeróbica se produce principalmente durante la transición a los últimos años de la carrera. Esto se alinea con lo expuesto por Sharma et al. (2022), quienes atribuyen este deterioro a la carga académica y la reducción de la práctica deportiva. En la práctica, esto implica que los programas de actividad física universitaria deberían priorizarse desde los primeros semestres para frenar este declive.

Limitaciones

Una de las limitaciones fundamentales es que el diseño no permitió determinar el punto causalidad entre un aumento del IMC y el descenso del $\text{VO}_2\text{máx}$. Asimismo, a pesar de que se obtuvieron resultados robustos, la selección no probabilística restringe la generalización de los resultados a toda la población universitaria y deja abierta su aplicación solo en este contexto.

Conclusiones

En esta cohorte universitaria, la relación inversa observada entre el Índice de Masa Corporal y el Consumo Máximo de Oxígeno, si bien estadísticamente presente, carece de la fuerza explicativa necesaria para asumir una causalidad directa. Más que una dependencia lineal, estos resultados sugieren una coexistencia condicionada: el IMC, por su incapacidad intrínseca para discriminar entre tejido adiposo y masa muscular metabólicamente activa, no debe considerarse un predictor aislado del rendimiento. Por



consiguiente, inferir que la modificación del peso corporal derivará automáticamente en mejoras cardiorrespiratorias es un error conceptual; ambas variables parecen responder de forma independiente a estímulos de entrenamiento y hábitos de vida que este estudio transversal captura solo parcialmente.

El análisis por sexo revela una dicotomía fascinante entre la presión ambiental y el imperativo biológico. Mientras que el entorno universitario actúa como un "ecualizador antropométrico" —homogeneizando los valores de IMC entre hombres y mujeres—, no logra mitigar la huella fisiológica en la potencia aeróbica. El dimorfismo sexual en el $VO_2\text{máx}$ se mantiene robusto, lo que confirma que los determinantes centrales del rendimiento (como la volemia, los niveles de hemoglobina y el volumen sistólico) siguen patrones biológicos rígidos que prevalecen sobre la estandarización de los estilos de vida estudiantiles.

Respecto a la evolución etaria, los datos desafían la teoría del declive fisiológico gradual. Identificamos un "punto de quiebre" funcional a los 22 años, momento en el que la capacidad cardiorrespiratoria sufre una caída abrupta en lugar de un descenso lineal. Este hallazgo sugiere que el final de la etapa universitaria temprana coincide con el agotamiento de la reserva funcional acumulada durante la adolescencia, marcando los 22 años como una frontera crítica donde la inactividad física comienza a cobrar un peaje fisiológico inmediato y estabiliza el rendimiento en niveles basales inferiores.

Bajo esta óptica, es imperativo que los departamentos de bienestar estudiantil superen el sesgo "peso-céntrico" en sus evaluaciones. Dado que un IMC normopeso puede enmascarar una baja eficiencia metabólica, la salud universitaria no puede validarse solo en la báscula. Se recomienda institucionalizar la medición del $VO_2\text{máx}$ —directa o estimada— como el verdadero biomarcador de la condición física, desplazando el foco de la simple composición corporal hacia la funcionalidad cardiovascular real del estudiante.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte por su acogida, a la Unidad Hiperbárica de Investigación Científica "Miguel Naranjo Toro" y el Instituto de Educación Física de la UTN.

Financiación

La presente investigación fue financiada por la Universidad Técnica del Norte en el marco de la convocatoria Investiga 2024, con el proyecto: Universidad, Educación Física y Salud.

Referencias

- Aboshkair, K., y Al-Nuaimy, S. M. (2024). Does age, sex, and body mass index (BMI) affect the maximum capacity for oxygen consumption ($VO_2\text{max}$) in university students? *Spectrum Journal of Sport Sciences*, 1(2), 37–44. <https://doi.org/10.61552/SJSS.2024.02.001>
- Alarcón, R. A. Y., Loor, C. L. P., Morán, N. A. A., Valverde, K. G. A., Ibarra, N. F. S., García, W. A. G., Lemus, K. N. M., Asanza, K. C., Sánchez, R. M. B., Cevallos, M. A. C., Izurieta, Y. M. R., Montoya, Y. T. O., y Guerra, A. J. B. (2024). Estilos de vida y su influencia en la composición corporal de estudiantes universitarios. *Retos*, 61, 1635-1643. <https://doi.org/10.47197/retos.v61.110934>
- Alqassimi, S., Elmakki, E., Areeshi, A. S., Aburasain, A. B. M., Majrabi, A. H., Masmali, E. M. A., Refaei, E. A. I., Mobaraki, R. A. A., Qahtani, R. M. A., Oraibi, O., Darraj, M., Madkhali, M. A., y Mohrag, M. (2024). Overweight, Obesity, and Associated Risk Factors among Students at the Faculty of Medicine, Jazan University. *Medicina*, 60(6), 940. <https://doi.org/10.3390/medicina60060940>
- Apaza-Ahumada, M. G., Valdivia-Barra, T. P., Huillca-Maldonado, H. R., Ticona-Arapa, H. C., Chambi-Condori, N., y Zela-Payí, N. O. (2023). Estilos de vida y su relación con el índice de masa corporal en estudiantes universitarios de la zona altiplánica del Perú. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 43(4), 56–65. <https://doi.org/10.12873/434ticona>
- Arnetz, B. B., Templin, T. N., Jen, K. L. C., Sudan, S., y Arnetz, J. E. (2020). Lifestyle and psychosocial factors associated with maintenance of normal body mass index in college students: A cross-sectional study. *BMC Research Notes*, 13, 516. <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05362-1>



- Bangsbo, J., Iaia, F. M., y Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Bojórquez-Díaz, C. I., Castro-Robles, A. I., Mejía-León, M. E., Díaz-López, K. de J., y Quintana-López, V. A. (2021). Asociación del índice de masa corporal y relación cintura/estatura con la presión arterial como factor de riesgo metabólico en estudiantes universitarios. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 71(3), 178–188. <https://doi.org/10.37527/2021.71.3.002>
- Caamaño Navarrete, F., Delgado Floody, P., Jerez Mayorga, D., y Osorio Poblete, A. (2016). Bajos niveles de rendimiento físico, VO₂max y elevada prevalencia de obesidad en escolares de 9 a 14 años de edad. *Nutrición Hospitalaria*, 33(5), 1045–1051. <https://doi.org/10.20960/nh.565>
- Da Silva Prado, L. V., Pereira Floro Arcoverde, G. M., Diniz Araújo, M. L., Cabral da Silva, P., y Coelho Cabral, P. (2021). Changes in weight and body composition during the first year at a public university in northeastern Brazil. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 41(4), 161–169. <https://doi.org/10.12873/414leila>
- Dávila-Morán, R. C., y Agüero Corzo, E. del C. (2024). Estilos de vida e índice de masa corporal en estudiantes universitarios del Callao, Perú. *Retos*, 57, 849–858. <https://doi.org/10.47197/retos.v57.107265>
- Diaz-Canestro, C., Pentz, B., Sehgal, A., y Montero, D. (2022). Differences in cardiac output and aerobic capacity between sexes are explained by blood volume and oxygen carrying capacity. *Frontiers in Physiology*, 13, 747903. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.747903>
- Flores Paredes, A., Coila Pancca, D., Mamani Mamani, S., y Herrera Chipana, P. (2023). Estilos de vida y el índice de masa corporal en estudiantes universitarios [Lifestyles and body mass index in university students]. *Retos*, 50, 320–329. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.99499>
- Fernández Rodríguez, J. A., Ramos, H. S., Santamaría, O. M., y Ramos Bermúdez, S. (2018). Relación entre consumo de oxígeno, porcentaje de grasa e índice de masa corporal en universitarios. *Hacia la Promoción de la Salud*, 23(2), 79–89. <https://doi.org/10.17151/hpsal.2018.23.2.6>
- Gregory, J. M. (2024). Modeling VO₂max with relative fitness and BMI. *Journal of Biosciences and Medicines*, 12(12), 466–492. <https://doi.org/10.4236/jbm.2024.1212037>
- Gutiérrez-Espinoza, H., Cassola-Cajiao, M., Garzón-Ulloa, E., Celi-Lalama, D., Bastidas-Caldes, C., Araya-Quintanilla, F., Cristi-Montero, C., y López-Gil, J. F. (2024). Lifestyle behavior of physiotherapy students from Ecuador upon admission to higher education: A cross-sectional study. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1352144. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1352144>
- Hernández Gallardo, D., Mendoza López, L. V., Hidalgo Barreto, T. J., Cachón Zagalaz, J., Linares Manrique, M., y Arencibia Moreno, R. (2025). Composición corporal, condición física y rendimiento físico en estudiantes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador. *Retos*, 71, 1259–1274. <https://doi.org/10.47197/retos.v72.112209>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS)*, 10(18), 92–95. <https://doi.org/10.22201/fesc.20072236e.2019.10.18.6>
- Hernández-Segura, N., Botella-Juan, L., Amezcua-Prieto, C., Morales-Suárez-Varela, M., Mateos-Campos, R., Fernández-Villa, T., Ortiz-Moncada, R., Almaraz, A., Narciso-Rufo, A., Ayán-Pérez, C., Molina, A. J., y UniHcos Project Working Group. (2023). Excess weight in relation to lifestyle habits in Spanish first-year university students: Differences between pre- and post-COVID-19—A serial cross-sectional study based on uniHcos Project. *Healthcare*, 11(11), 1547. <https://doi.org/10.3390/healthcare11111547>
- Kermanjani, B., Allahyari, T., Mohebbi, I., y Khalkhali, H. (2023). Estimation of aerobic capacity among university students and determination of its related factors. *Health Science Monitor*, 2(3), 167–173. <https://doi.org/10.61186/hsm.2.3.167>
- Lang, J. J., Prince, S. A., Merucci, K., Cadenas-Sanchez, C., Chaput, J., Fraser, B. J., Manyanga, T., McGrath, R., Ortega, F. B., Singh, B., y Tomkinson, G. R. (2024). Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: an overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. *British Journal Of Sports Medicine*, 58(10), 556–566. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-107849>

- Leao, I., Yáñez, N., Ortega, F., Lorca, L., Arias, M., Silva, I., Canales, I., Campos, J., y Vásquez-Gómez, J. (2022). Método indirecto para estimar el consumo máximo de oxígeno en supervivientes de cáncer de mama y controles sanos. *Retos*, 44, 295–301. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90702>
- Letnes, J. M., Nes, B. M., y Wisløff, U. (2023). Age-related decline in peak oxygen uptake: Cross-sectional vs. longitudinal findings. A review. *International Journal of Cardiology: Cardiovascular Risk and Prevention*, 16, 200171. <https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2023.200171>
- Li, S., Fu, Z., y Zhang, W. (2024). Association of anthropometric measures with all-cause and cause-specific mortality in US adults: Revisiting the obesity paradox. *BMC Public Health*, 24, 929. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18418-9>
- Martins, H. A., Barbosa, J. G., Seffrin, A., Vivan, L., Souza, V. R. de A., de Lira, C. A. B., Weiss, K., Knechtle, B., y Andrade, M. S. (2023). Sex differences in maximal oxygen uptake adjusted for skeletal muscle mass in amateur endurance athletes: A cross-sectional study. *Healthcare*, 11(11), 1502. <https://doi.org/10.3390/healthcare11101502>
- Mondal, H., y Mishra, S. P. (2017). Effect of BMI, body fat percentage and fat free mass on maximal oxygen consumption in healthy young adults. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(6), CC17–CC20. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25465.10039>
- Peltzer, K., y Pengpid, S. (2014). Prevalence of overweight/obesity and its associated factors among university students from 22 countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(7), 7425–7441. <https://doi.org/10.3390/ijerph110707425>
- Potosí-Moya, V., Paredes-Gómez, R., y Durango-Sánchez, X. (2024). HIIT y su influencia sobre el VO₂max en estudiantes de fisioterapia. *Retos*, 54, 616–624. <https://doi.org/10.47197/retos.v54.104333>
- Santisteban, K. J., Lovering, A. T., Halliwill, J. R., y Minson, C. T. (2022). Sex differences in VO₂max and the impact on endurance-exercise performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 4946. <https://doi.org/10.3390/ijerph19094946>
- Sharma, A., Sah, S. P., y Rajak, A. (2022). Assessment of cardiorespiratory fitness among medical students: A prospective study. *F1000Research*, 11, 776. <https://doi.org/10.12688/f1000research.122673.1>
- Singh, H., Esht, V., Shaphe, M. A., Rathore, N., Chahal, A., y Kashoo, F. Z. (2023). Relationship between body mass index and cardiorespiratory fitness to interpret health risks among sedentary university students from Northern India: A correlation study. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 21, 101254. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101254>
- Vaca-García, M. R., Vaca-García, J. C., y Vaca-García, F. E. (2024). Estilos de vida y su influencia en la composición corporal de estudiantes universitarios. *Retos*, 51, 1109–1116. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.100934>
- Valenzuela Contreras, L., Villaseca-Vicuña, R., Segueida-Lorca, A., Morales Ríos, C., Osorio Aud, J., y Barrera Díaz, J. (2024). Comparación de la composición corporal y rendimiento físico según sexo y su relación entre variables en estudiantes universitarios de educación física de Santiago de Chile. *Retos*, 56, 114–121. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.103220>
- Victoria, E. F. E. (2023). Aptitud física cardiorrespiratoria en estudiantes de nivel superior de la provincia de Jujuy, Argentina (Cardiorespiratory physical fitness in higher level students from the province of Jujuy, Argentina). *Retos*, 51, 771–777. <https://doi.org/10.47197/retos.v51.100399>

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

| | | |
|------------------------------|----------------------|-----------------|
| Miguel Posso-Yépez | maposso@utn.edu.ec | Autor |
| Edison Flores-Bosmediano | emflores@utn.edu.ec | Autor |
| Pablo Buitrón-Jácome | pabuitron@utn.edu.ec | Autor/Traductor |
| Ernesto Osejos | ebosejos@utn.edu.ec | Autor |
| Mikaela Posso-Astudillo | amposso@utn.edu.ec | Autora |
| Zoila Esther Realpe Zambrano | zerealpe@utn.edu.ec | Autora |

