



TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de

LICENCIATURA EN ACTIVIDAD FÍSICA

Título: “Análisis retrospectivo de variables antropométricas y fisiológicas en ciclistas masculinos de diferentes edades”

Autor/res:

Balestreri, Gianluca - DNI 40.312.839

Director/a:

Msc Ahumada, Facundo.

Lugar:

Rosario, Santa Fe

Fecha de presentación

17/08/2026

RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito caracterizar el perfil fisiológico y la composición corporal de ciclistas masculinos, estableciendo estándares de referencia según su rango etario (U18, G19-29, G30-40, G41-50 y G51-60). Para ello, se integraron valoraciones incrementales de laboratorio y protocolos antropométricos bajo protocolo ISAK II. Se analizaron un total de 137 registros correspondientes a 130 ciclistas únicos. Los resultados evidenciaron un incremento de las variables absolutas de potencia (pVO_2 máx, $pVT1$ y $pVT2$) desde categoría U18 hasta G19-29 seguido de un declive progresivo asociado al avance etario en categorías adultas y másters. La frecuencia cardíaca máxima presentó una tendencia descendente desde U18 en adelante. Sin embargo, en variables relativas de umbrales ventilatorios y frecuencia cardíaca se mantuvieron estables a través de las diferentes categorías. En cuanto a la composición corporal se observó un incremento de la masa corporal y muscular absoluta desde U18 hasta G41-50 acompañado de un incremento relativo del tejido adiposo en los rangos etarios más avanzados. Se concluye que el rendimiento en el ciclismo experimenta una curva de maduración hacia la tercera década de vida, seguida de una atenuación de la potencia absoluta que no compromete la estabilidad de los umbrales relativos. Estos datos pueden utilizarse como parámetros de consulta para evaluar el nivel de un atleta en comparación con el grupo analizado para la prescripción del entrenamiento y la evaluación del perfil competitivo en ciclistas.

Palabras clave: ciclismo; consumo de oxígeno; composición corporal; umbral ventilatorio; pruebas de esfuerzo.

I. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento inicial probablemente consistía simplemente en "ir a trabajar" o "hacer tu trabajo". Los naturalmente habilidosos ganaban las carreras. Estas actividades cotidianas incluían ráfagas de velocidad/esfuerzo necesarias para la caza, la guerra, los trabajos de reparto o el terreno. Los entrenadores profesionales eran poco comunes antes de la Segunda Guerra Mundial. (1)

Con el paso del tiempo, a finales de la década de 1930 el entrenamiento fue logrando su formalización hacia un método más sistemático con la llegada del entrenamiento por intervalos propuesta por el entrenador Woldemar Gerschler y el médico Herbert Reindell basado en carreras repetitivas hasta alcanzar los 180 latidos/min con un intervalo de recuperación hasta alcanzar los 120 latidos/min. (2)

Desde aquella época hasta la actualidad los avances tecnológicos y las ciencias del ejercicio han evolucionado exponencialmente mediante la incorporación de medidores de frecuencia cardíaca, relojes inteligentes, potenciómetros, analizadores de gases, medidores de lactato, entre otros.

Esta capacidad tecnológica no solo ayuda a optimizar las cargas de entrenamiento, sino que redefine lo que Foster y colaboradores describen como las necesidades fundamentales del científico del deporte: evaluar el potencial del atleta, monitorear su estado actual, comprender la respuesta individual a los programas y traducir dicho progreso en rendimiento real. (2)

Por ejemplo, específicamente en el ciclismo, la era moderna del Tour de Francia se inició en la década de 1980 con la incorporación de los avances tecnológicos tales como pedales automáticos y componentes aerodinámicos. Esto favoreció ampliamente la mejora en las velocidades de carrera a pesar de la misma carga fisiológica. (3,4)

Más precisamente, el potenciómetro proveyó al ciclismo de sensores validados que facultan al entrenador, ciclista y científicos a obtener datos de carga externa medidos en watts durante las competiciones y entrenamientos lo que permite comparar con datos de carga interna como la frecuencia cardíaca. (4,5)

A pesar de disponer de una mayor cantidad de herramientas para la evaluación de la carga externa, se recomienda tener precaución en el uso exclusivo de esta medida de carga para el monitoreo de atletas, ya que posee limitaciones conceptuales. Al respecto, también es fundamental el uso de un indicador de carga interna adecuado. (6)

Además de estos elementos de carga, también se deben considerar otras variables que hacen al ciclista: medidas antropométricas y parámetros bioquímicos, variables que determinan, en parte, el rendimiento. (7–10)

La escasez de datos limita al entrenador en el conocimiento integral de la fisiología, rendimiento y salud que su ciclista posee. Esta situación predispone al entrenador a tomar decisiones basadas en estimaciones empíricas. A su vez, el desconocimiento de los valores promedio del perfil de potencia, así como de las variables antropométricas y bioquímicas para rangos etarios específicos, dificulta la posibilidad de prever el nivel de competitividad real del deportista.

Sin embargo, el desafío actual no radica tanto en la obtención de grandes volúmenes de datos sino en identificar valores de referencia que permitan al entrenador gestionar de la manera más eficiente el proceso de entrenamiento de sus deportistas. En este escenario, la correlación de variables como la composición corporal, el perfil de potencia, la respuesta de la frecuencia cardíaca, los umbrales metabólicos y los parámetros bioquímicos se vuelve indispensable. Al disponer de estos estándares, a los entrenadores les permitirá conocer los valores promedio observados en la muestra de cada categoría y utilizar dichos valores para optimizar la prescripción del entrenamiento, realizar un seguimiento objetivo a lo largo del tiempo y proyectar el rendimiento del ciclista.

Finalmente, la utilización de una base de datos retrospectiva que abarca más de una década de evaluaciones sistemáticas aporta una base empírica considerable, proporcionando un perfilado orientativo detallado, constituyéndose como una herramienta de consulta sobre la cual entrenadores e investigadores podrán basar su labor.

II. OBJETIVO GENERAL

Establecer perfiles de referencia en ciclistas masculinos de diferentes rangos etarios a partir de la caracterización de indicadores clave de potencia y composición corporal.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.a Diseño

El presente trabajo de investigación se enmarcó dentro de un diseño observacional retrospectivo y de alcance descriptivo comparativo. La naturaleza retrospectiva radicó en la utilización de valoraciones extraídas de una recolección de datos históricos acumulados durante un período de 10 años. Asimismo, el enfoque fue descriptivo comparativo, ya que busca describir las tendencias existentes de múltiples variables (características fisiológicas basadas en test de laboratorio y la composición corporal) de los diferentes rangos etarios.

La selección de la población se determinó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, utilizando los registros disponibles en la base de datos histórica. Finalmente, para el tratamiento de los datos se adoptó un diseño transversal.

III.b Participantes

El tamaño muestral estuvo compuesto por 137 evaluaciones de 130 ciclistas únicos (N) clasificados por las siguientes categorías y N° de sujetos respectivamente:

1. U18 - 39 sujetos únicos
2. G19-29 - 11 sujetos únicos
3. G30-40 - 41 sujetos únicos
4. G41-50 - 32 sujetos únicos
5. G51-60 - 14 sujetos únicos

Criterios de inclusión:

- Registros de ciclistas con información demográfica completa (edad y sexo).
- Evaluaciones que contengan al menos una variable de rendimiento, antropométrica o bioquímica válida.
- Se integró la totalidad de los registros disponibles en la base de datos para cada categoría, permitiendo la conformación de perfiles de referencia de cada rango de edad, independientemente de la fecha exacta de realización de cada medición.

Criterios de exclusión:

- Registros con información demográfica ausente (edad o sexo).
- Datos que presenten errores evidentes de carga, definidos como valores biológicamente inverosímiles (ej. porcentajes de grasa corporal <3% o $\dot{V}O_2$ máx. >100 ml/kg/min) o registros duplicados sin justificación técnica.

III.c Variables

Para el análisis del perfil del ciclista, se consideraron las siguientes variables, agrupadas según su dimensión fisiológica y de rendimiento:

- **Variables demográficas y antropométricas:** edad cronológica (años); masa corporal (kg); masa muscular (kg); masa adiposa (kg); masa ósea (kg); masa residual (kg); masa de la piel (kg); % muscular; % adiposo; % óseo; % residual; % piel; índice músculo-óseo (IMO); índice adiposo-muscular (IAM) y sumatoria de 6 pliegues cutáneos (mm).
- **Variables de rendimiento fisiológico (test de lab):** consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx. en mL/kg/min); potencia asociada al $\dot{V}O_2$ máx. ($p\dot{V}O_2$ máx en W y W/kg); frecuencia cardíaca máxima (FC máx. en lat/min); latidos recuperados al primer minuto post-esfuerzo (HRR en lat/min) y duración total del test (min).
- **Variables de umbrales metabólicos:** Potencia absoluta (W) y relativa (W/kg) en el primer (VT1) y segundo (VT2) umbral ventilatorio; frecuencia cardíaca en VT1 y VT2 (lat/min); percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en VT1 y VT2, expresión relativa de la potencia y frecuencia cardíaca en dichos umbrales expresada como porcentaje del máximo alcanzado (% $p\dot{V}O_2$ máx. y % FC máx.).

III.d Procedimientos

La recolección de datos se realizó mediante un sistema de gestión centralizado en hojas de cálculo (Excel), donde la carga de datos fue realizada de manera manual por el investigador y evaluadores e integra valoraciones laboratorio y antropométricas de los ciclistas. Para el presente estudio, se consolidó una base de datos histórica acumulada durante el período 2016-2026, la cual contaba con una estructura estandarizada que permitió la normalización y comparación de las variables.

El sistema de registro contó con una arquitectura de fórmulas que computaban las variables dependientes e independientes (promedios por categoría etaria) a partir de

los datos brutos ingresados. El procedimiento de carga y validación siguió un protocolo de control de calidad, donde:

1. Se excluyeron los registros con información crítica ausente (edad o sexo).
2. Se filtraron manualmente valores biológicamente inverosímiles (outliers) antes del procesamiento automático para evitar sesgos en el cálculo de las medias.
3. El sistema recopiló las valoraciones válidas de los atletas para conformar el perfil promedio de su respectivo rango etario. Sin embargo, para garantizar la independencia de las observaciones, en los ciclistas con más de una valoración disponible en un mismo campo (test incremental de laboratorio o composición corporal) se conservó una única valoración por sujeto en cada categoría, seleccionada de forma aleatoria. De este modo se evitó tanto la sobrerepresentación de los ciclistas más evaluados como el sesgo que implicaría elegir la valoración según un criterio de conveniencia.

Protocolos de evaluación y adquisición de datos:

Para asegurar la consistencia interna de los registros históricos analizados, las mediciones cargadas en el sistema respondieron a los siguientes protocolos estandarizados:

1. **Evaluación antropométrica:** La determinación de la composición corporal se realizó siguiendo estrictamente las directrices internacionales ISAK Nivel II. La composición corporal fue calculada aplicando el método de cinco componentes, dividiendo a los tejidos del cuerpo en diferentes masas: adiposa, muscular, residual, ósea y de la piel. La masa fraccionada de los cinco componentes fue estimada a través de las medidas de antropometría directa y expresadas en absolutos (kg) y relativos (% de la masa total). También fue calculado el índice de sumatoria de seis pliegues ($\Sigma 6 \text{ Skf}$ = tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo y pantorrilla).
2. **Evaluaciones de laboratorio:** Las pruebas de rendimiento fisiológico máximo se ejecutaron mediante un test incremental escalonado con tres cicloergómetros diferentes según disponibilidad CompuTrainer Pro, CycleOps Hammer y Tacx Flux Smart siguiendo las recomendaciones del fabricante. Cada ciclista con su propia bicicleta.

El protocolo consistió en un periodo de calentamiento de 10 minutos a una potencia constante de 100 W, seguido inmediatamente por una fase incremental progresiva a razón de 25 W por minuto (25 W/min) sostenida hasta el agotamiento. A partir de este test se determinaron los siguientes parámetros:

- Potencia asociada al consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$): Valor de potencia media obtenido en el último escalón completado de un minuto.
- Frecuencia cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$): Máximo valor de frecuencia cardíaca alcanzado en el último escalón, expresado en latidos por minuto (lat/min).
- Recuperación de frecuencia cardíaca (HRR): Calculada mediante la diferencia entre la frecuencia cardíaca alcanzada al finalizar el último escalón y el registro obtenido al minuto posterior de recuperación.
- Consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$): En los casos evaluados con ergoespirometría directa, se midió mediante el analizador de gases Carefusion VMax Encore 29. El protocolo de calibración incluía un protocolo de calibración del flujo de aire y un protocolo de calibración con mezcla de gases del sensor de oxígeno. En casos de valoraciones sin analizador de gases la $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fue estimada según fórmula $\dot{V}O_{2\text{máx}} (l \cdot \text{min}^{-1}) = 0.16 + (0.0117 \times \text{maximal power output (MPO)}) (w)$. (11)
- Determinación de los umbrales ventilatorios ($VT1$ y $VT2$):

A) Con analizador de gases: El primer umbral ventilatorio ($VT1$) se identificó en el punto donde el equivalente ventilatorio de oxígeno ($\dot{V}E/\dot{V}O_2$) comenzó a aumentar sin un incremento simultáneo en el equivalente ventilatorio de dióxido de carbono ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$). El segundo umbral ventilatorio ($VT2$) se localizó en el punto donde tanto $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ como ($\dot{V}E/\dot{V}CO_2$) aumentaron de manera concomitante, coincidiendo con una caída abrupta en la presión parcial de dióxido de carbono espirado ($P_{\text{et}}CO_2$).

B) Sin analizador de gases: Se determinaron mediante los porcentajes de referencia correspondientes, ubicándose en los valores de frecuencia cardíaca más cercanos al 75% y 90% de la $FC_{\text{máx}}$, respaldados por una percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) de la escala de Borg adaptada (1-10) de 3 para $VT1$ y de 7 para $VT2$, respectivamente.

III.e Análisis estadístico

El análisis de los resultados consistió en la descripción de los promedios obtenidos en cada variable seleccionada. Se utilizó estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar) para caracterizar los valores de prueba fisiológica del esfuerzo y composición corporal por grupo de edad. La comparación entre categorías es descriptiva apoyada sobre gráficos de resultado de cada variable.

III.f Consideraciones Éticas

Dado que el diseño fue de carácter retrospectivo y utiliza información proveniente de registros históricos acumulados en el sistema de gestión. Todo el conjunto de datos ha sido anonimizado antes de su análisis. Se ha procedido a la eliminación de nombres, apellidos, documentos de identidad y cualquier otra información que permita la identificación directa de los participantes. La investigación se realizó utilizando una base de datos preexistente, cuyos registros fueron obtenidos en el marco de evaluaciones de rendimiento deportivo habituales. Los datos se utilizaron con fines exclusivamente académicos y científicos, garantizando que el tratamiento de la información no interfiera en la integridad ni en la privacidad de los deportistas. Los investigadores se comprometieron a mantener la estricta confidencialidad de la información procesada. Los resultados se presentaron de forma agregada, reportando promedios y tendencias por categorías, lo que impidió la identificación indirecta de cualquier sujeto individual.

IV. RESULTADOS

IV.a Caracterización y densidad

Se analizaron 137 registros correspondientes a 130 ciclistas únicos, conservando una única valoración por sujeto dentro de cada categoría etaria. Los sujetos fueron clasificados por categorías de rango etario U18 (menores y hasta 18 años inclusive), G19-29 (entre 19 y 29 años), G30-40 (entre 30 y 40 años), G41-50 (entre 41 y 50 años) y G51-60 (entre 51 y 60 años). Las edades fueron consideradas según la edad del sujeto a la fecha de la evaluación correspondiente. Siete ciclistas aportaron registros en dos categorías distintas, por lo que la suma de sujetos por categoría (137) es superior al total de individuos únicos (130).

1. U18 - 39 sujetos únicos
2. G19-29 - 11 sujetos únicos
3. G30-40 - 41 sujetos únicos
4. G41-50 - 32 sujetos únicos
5. G51-60 - 14 sujetos únicos

Al desglosar la densidad según la naturaleza de la prueba, se obtuvo la siguiente distribución:

- Test de laboratorio: 125 sujetos únicos y 128 registros.
- Valoración antropométrica: 56 sujetos únicos y 56 registros.
- Test de campo 6 sujetos únicos y 55 evaluaciones totales
- Valoraciones bioquímicas 6 sujetos únicos y 57 evaluaciones totales

Debido al reducido número de sujetos únicos totales ($N = 6$) en las pruebas de campo y los análisis bioquímicos, dichas variables fueron excluidas del análisis destinado a la caracterización de los perfiles por categoría, ya que el tamaño muestral resultaba insuficiente.

IV.b Perfil laboratorio

Estadística descriptiva por categoría etaria

Variable	U18	G19-29	G30-40	G41-50	G51-60
Gasto Energético (kcal)	—	3048.1 ± 493.2 (4)	2838.9 ± 148.4 (16)	3050.2 ± 450.3 (8)	2471.0 ± 0.0 (1)
pVO ₂ máx (W)	346.8 ± 43.6 (38)	384.7 ± 55.5 (10)	365.8 ± 57.2 (37)	363.4 ± 36.8 (30)	315.7 ± 36.7 (13)
pVO ₂ máx (W/kg)	5.44 ± 0.43 (38)	5.37 ± 1.03 (10)	4.89 ± 0.80 (37)	4.75 ± 0.54 (29)	4.27 ± 0.77 (13)
VO ₂ máx (mL/kg/min)	67.8 ± 5.3 (29)	64.7 ± 11.8 (10)	59.4 ± 9.2 (36)	57.7 ± 7.0 (30)	52.9 ± 9.6 (13)
FCmáx (lat/min)	196.3 ± 8.1 (38)	191.1 ± 6.7 (10)	183.9 ± 11.0 (37)	181.5 ± 7.2 (30)	170.5 ± 9.3 (13)
HRR (lat en 1 min)	25.2 ± 6.7 (38)	27.3 ± 3.7 (10)	25.0 ± 8.7 (37)	25.2 ± 7.2 (29)	24.8 ± 9.4 (13)
Duración (min)	10.9 ± 1.8 (38)	12.7 ± 2.3 (10)	11.7 ± 2.2 (36)	11.5 ± 1.5 (29)	9.7 ± 1.4 (13)
Potencia VT1 (W)	185.3 ± 29.8 (38)	212.5 ± 39.5 (10)	196.0 ± 36.1 (37)	195.8 ± 20.9 (30)	173.1 ± 16.0 (13)
Potencia VT1 (W/kg)	2.91 ± 0.37 (38)	2.96 ± 0.62 (10)	2.63 ± 0.53 (37)	2.55 ± 0.37 (29)	2.33 ± 0.34 (13)
FC VT1 (lat/min)	152.2 ± 13.9 (29)	145.3 ± 7.3 (10)	141.6 ± 11.3 (37)	140.8 ± 10.4 (30)	132.8 ± 9.9 (13)
RPE VT1	3.56 ± 0.73 (18)	3.67 ± 1.12 (9)	3.19 ± 1.42 (36)	3.31 ± 1.23 (27)	3.23 ± 0.93 (13)
Potencia VT2 (W)	262.5 ± 36.6 (38)	300.0 ± 56.5 (10)	287.2 ± 45.5 (37)	284.2 ± 32.5 (30)	250.0 ± 32.3 (13)
Potencia VT2 (W/kg)	4.13 ± 0.42 (37)	4.19 ± 0.92 (10)	3.84 ± 0.64 (37)	3.72 ± 0.48 (29)	3.38 ± 0.67 (13)
FC VT2 (lat/min)	177.2 ± 10.3 (29)	170.9 ± 7.1 (10)	165.9 ± 10.5 (37)	165.1 ± 8.5 (30)	155.4 ± 10.1 (13)
RPE VT2	6.69 ± 1.11 (18)	6.67 ± 1.12 (9)	6.35 ± 1.30 (36)	6.24 ± 1.23 (27)	6.27 ± 1.54 (13)
Potencia VT1 (%)	53.5 ± 6.4 (38)	54.9 ± 4.1 (10)	53.7 ± 6.6 (37)	54.0 ± 3.4 (30)	55.1 ± 4.6 (13)
Potencia VT2 (%)	75.8 ± 5.8 (38)	77.5 ± 5.2 (10)	78.7 ± 5.6 (37)	78.2 ± 3.4 (30)	79.2 ± 4.6 (13)
FC VT1 (%)	77.8 ± 5.3 (29)	76.1 ± 3.9 (10)	76.6 ± 3.5 (37)	77.6 ± 4.7 (30)	78.1 ± 3.6 (11)

Variable	U18	G19-29	G30-40	G41-50	G51-60
FC VT2 (%)	90.6 ± 2.8 (29)	89.5 ± 1.5 (10)	89.9 ± 1.8 (37)	91.0 ± 2.6 (30)	91.6 ± 2.4 (11)

Tabla 1. Valoraciones de laboratorio: media ± DE por categoría etaria (n de sujetos con dato disponible). Nota: $pVO_2\text{máx}$: potencia asociada al $VO_2\text{máx}$; $VO_2\text{máx}$: consumo máximo de oxígeno; $FC\text{máx}$: frecuencia cardíaca máxima; HRR : latidos recuperados en el primer minuto post-esfuerzo; $VT1/VT2$: primer y segundo umbral ventilatorio; RPE : percepción subjetiva del esfuerzo.

Al analizar las variables absolutas de potencia, se evidencia una curva ascendente desde la categoría U18 hasta el grupo G19-29, donde se registra el pico de rendimiento. Seguidamente, los valores experimentan un leve detrimento durante las etapas G30-40 y G41-50, acentuándose esta pérdida en la categoría G51-60.

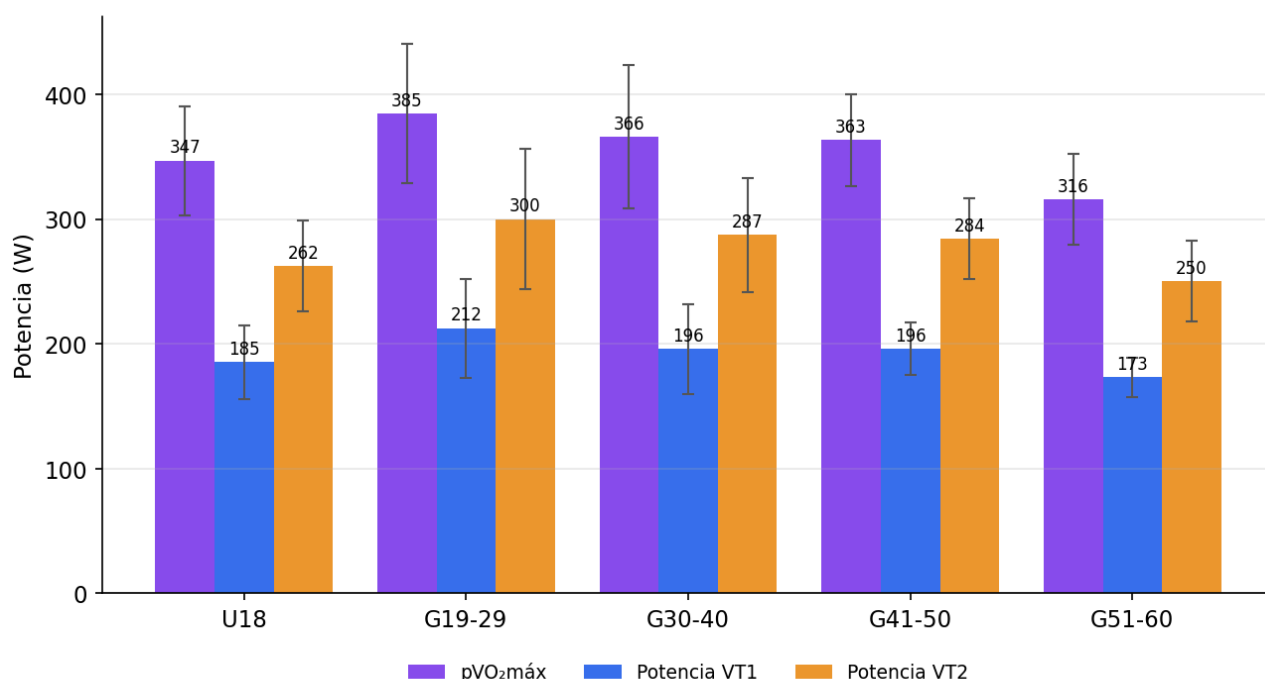


Figura 1. Potencia absoluta asociada al $VO_2\text{máx}$ ($pVO_2\text{máx}$) y en el primer y segundo umbral ventilatorio ($VT1$ y $VT2$) en W por categoría etaria. Media ± DE.

Las variables relativas de potencia (W/kg) muestran una tendencia general similar. Si bien se observa una media similar entre las categorías U18 y G19-29, cabe destacar que la dispersión de la desviación estándar en el grupo G19-29 duplica su valor respecto a la categoría formativa (5.44 ± 0.43 vs 5.37 ± 1.03 respectivamente), lo que evidencia una mayor heterogeneidad en los niveles de potencia relativa de este grupo analizado.

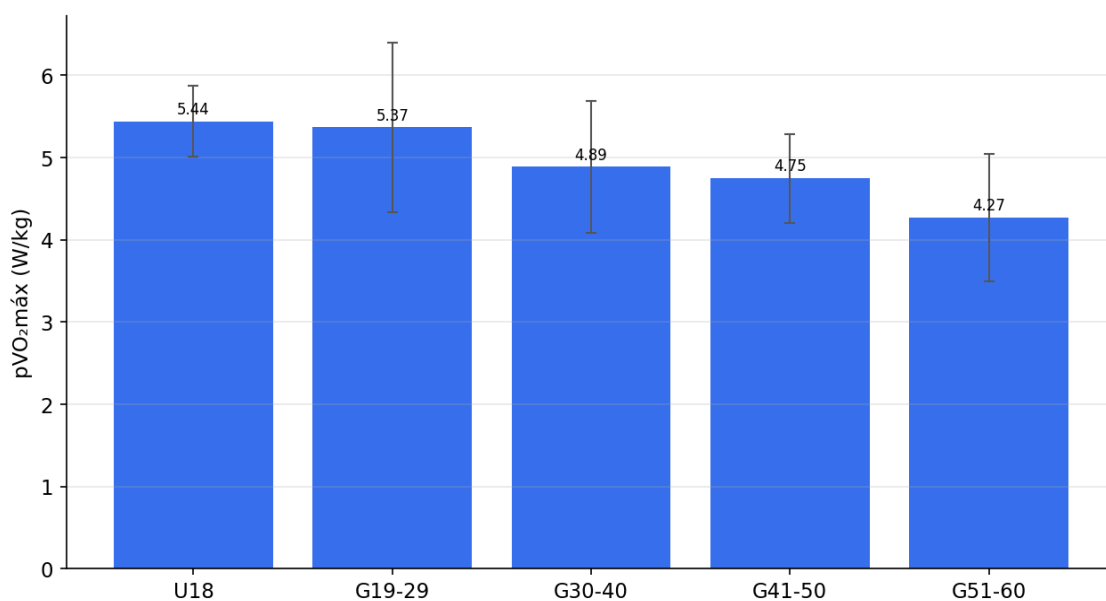


Figura 2. Potencia asociada al VO₂máx (pVO₂máx) relativa (W/kg) por categoría etaria. Media ± DE.

Sin embargo, cuando las potencias de los umbrales se expresan de manera relativa (como porcentaje del máximo), los valores se mantienen estables a través de las diferentes categorías.

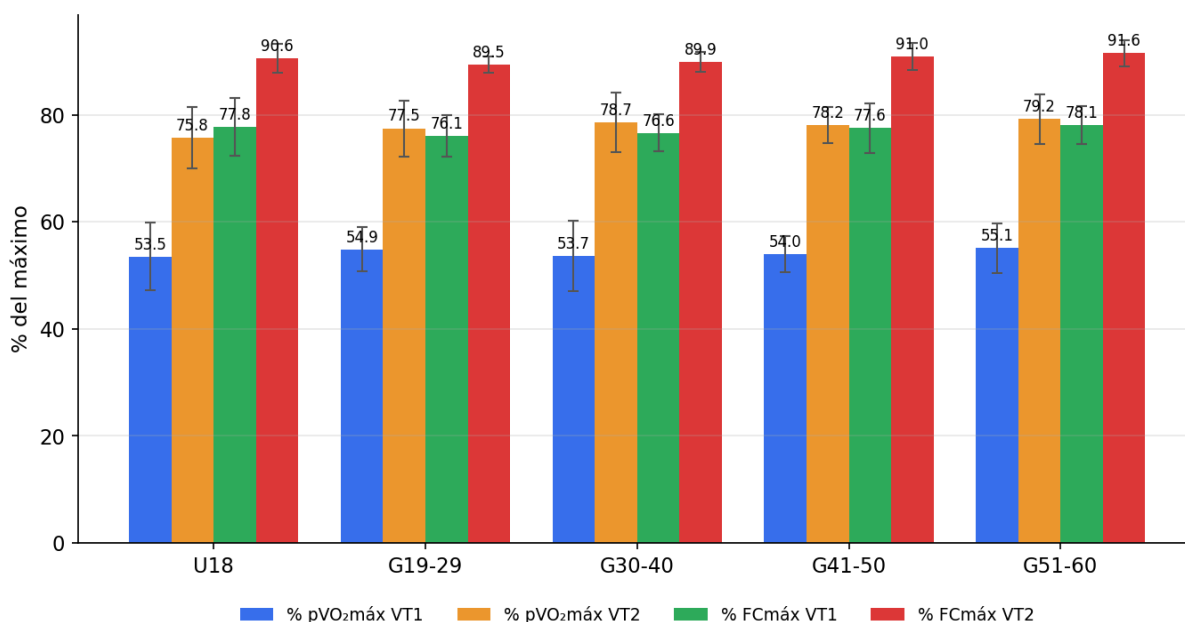


Figura 3. Potencia y frecuencia cardíaca en VT1 y VT2 expresadas como porcentaje del máximo (% pVO₂máx y % FCmáx) por categoría etaria. Media ± DE.

Por otra parte, la frecuencia cardíaca máxima (FC máx.) y asociada a VT1-VT2 exhibe una clara tendencia descendente con el incremento de la edad.

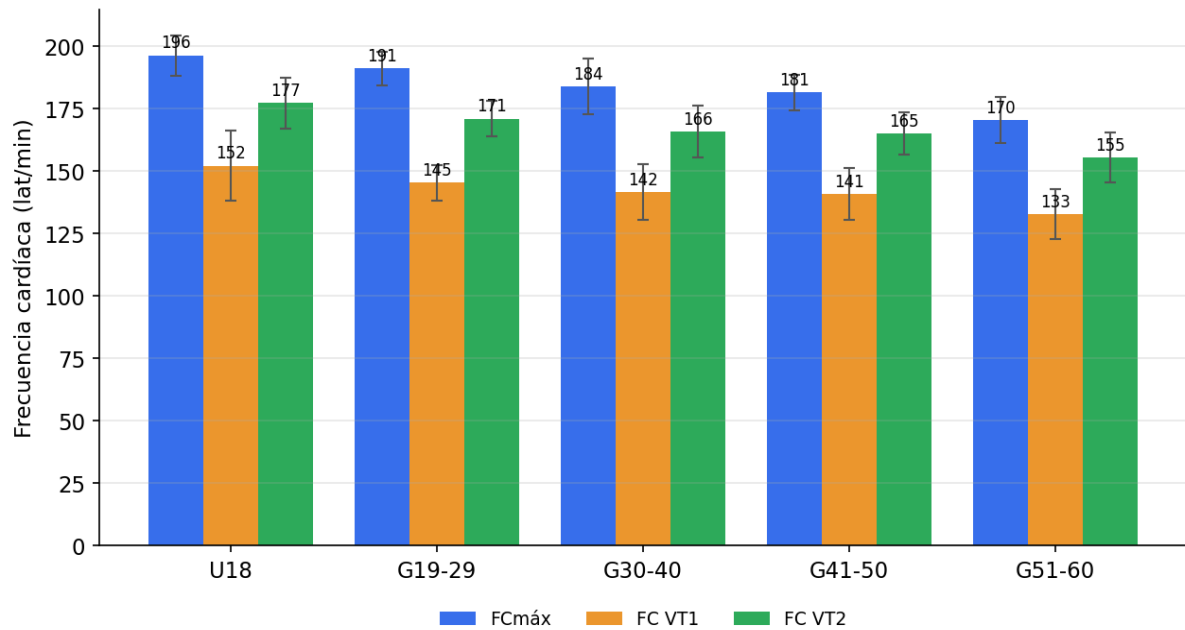


Figura 4. Frecuencia cardíaca máxima (FCmáx) y de los umbrales VT1 y VT2 (lat/min) por categoría etaria. Media $\pm$ DE.

IV.c Composición corporal

Variable	U18	G19-29	G30-40	G41-50
Edad (años)	16.3 $\pm$ 1.7 (39)	24.2 $\pm$ 3.6 (10)	36.3 $\pm$ 3.5 (40)	45.0 $\pm$ 2.9 (31)
Talla (cm)	175.2 $\pm$ 6.1 (21)	177.6 $\pm$ 5.6 (6)	176.7 $\pm$ 5.7 (18)	180.7 $\pm$ 5.9 (9)
Masa corporal (kg)	64.1 $\pm$ 7.6 (39)	69.9 $\pm$ 6.7 (10)	75.2 $\pm$ 7.2 (41)	76.5 $\pm$ 8.1 (30)
Masa muscular (kg)	31.3 $\pm$ 4.6 (20)	34.7 $\pm$ 3.4 (5)	36.5 $\pm$ 3.7 (20)	37.9 $\pm$ 4.3 (11)
Masa adiposa (kg)	14.8 $\pm$ 2.2 (20)	13.8 $\pm$ 2.2 (5)	16.6 $\pm$ 4.5 (20)	19.2 $\pm$ 4.0 (11)
Masa ósea (kg)	8.52 $\pm$ 1.36 (20)	8.63 $\pm$ 0.83 (5)	9.00 $\pm$ 0.97 (20)	9.38 $\pm$ 0.89 (11)
Masa de la piel (kg)	3.83 $\pm$ 0.67 (20)	3.92 $\pm$ 0.33 (5)	3.77 $\pm$ 0.24 (20)	3.95 $\pm$ 0.27 (11)
Masa residual (kg)	7.49 $\pm$ 1.06 (20)	7.17 $\pm$ 0.75 (5)	8.67 $\pm$ 1.14 (20)	9.48 $\pm$ 1.81 (11)
% Muscular	47.5 $\pm$ 3.1 (20)	50.7 $\pm$ 2.3 (5)	49.0 $\pm$ 3.7 (20)	47.6 $\pm$ 2.5 (11)
% Adiposo	22.5 $\pm$ 2.9 (20)	20.2 $\pm$ 3.2 (5)	22.0 $\pm$ 4.5 (20)	23.9 $\pm$ 3.8 (11)
% Óseo	13.0 $\pm$ 1.8 (20)	12.8 $\pm$ 1.2 (5)	11.9 $\pm$ 1.0 (20)	11.8 $\pm$ 1.1 (11)
% Piel	5.9 $\pm$ 1.2 (20)	5.8 $\pm$ 0.1 (5)	5.1 $\pm$ 0.4 (20)	5.0 $\pm$ 0.3 (11)
% Residual	11.4 $\pm$ 0.8 (20)	10.5 $\pm$ 0.5 (5)	11.5 $\pm$ 1.3 (20)	11.6 $\pm$ 1.3 (11)
IMO	3.63 $\pm$ 0.52 (20)	4.03 $\pm$ 0.29 (5)	4.16 $\pm$ 0.37 (20)	4.04 $\pm$ 0.34 (11)
IAM	0.48 $\pm$ 0.09 (20)	0.40 $\pm$ 0.08 (5)	0.46 $\pm$ 0.13 (20)	0.51 $\pm$ 0.11 (11)

Variable	U18	G19-29	G30-40	G41-50
Σ 6 pliegues (mm)	47.1 $\pm$ 11.3 (20)	38.6 $\pm$ 14.1 (5)	57.8 $\pm$ 26.0 (19)	68.9 $\pm$ 27.8 (11)

Tabla 2. Medidas antropométricas y composición corporal: media $\pm$ DE por categoría etaria (n de sujetos con dato disponible). Nota: IMO: índice músculo-óseo; IAM: índice adiposo-muscular; Σ 6 pliegues: sumatoria de 6 pliegues cutáneos.

Se analizaron un total de 56 evaluaciones correspondiente a 56 sujetos únicos, de los cuales: U18 (20); G19-29 (5); G30-40 (20) y G41-50 (11). La categoría G51-60 fue excluida de los resultados por no alcanzar un tamaño muestral suficiente para el análisis estadístico descriptivo (N = 2).

Se observa una tendencia de mayor masa corporal y muscular expresada en términos absolutos desde U18 hasta G41-50 respectivamente. No así la masa adiposa donde mantiene una tendencia ascendente a partir de G19-29 en adelante.

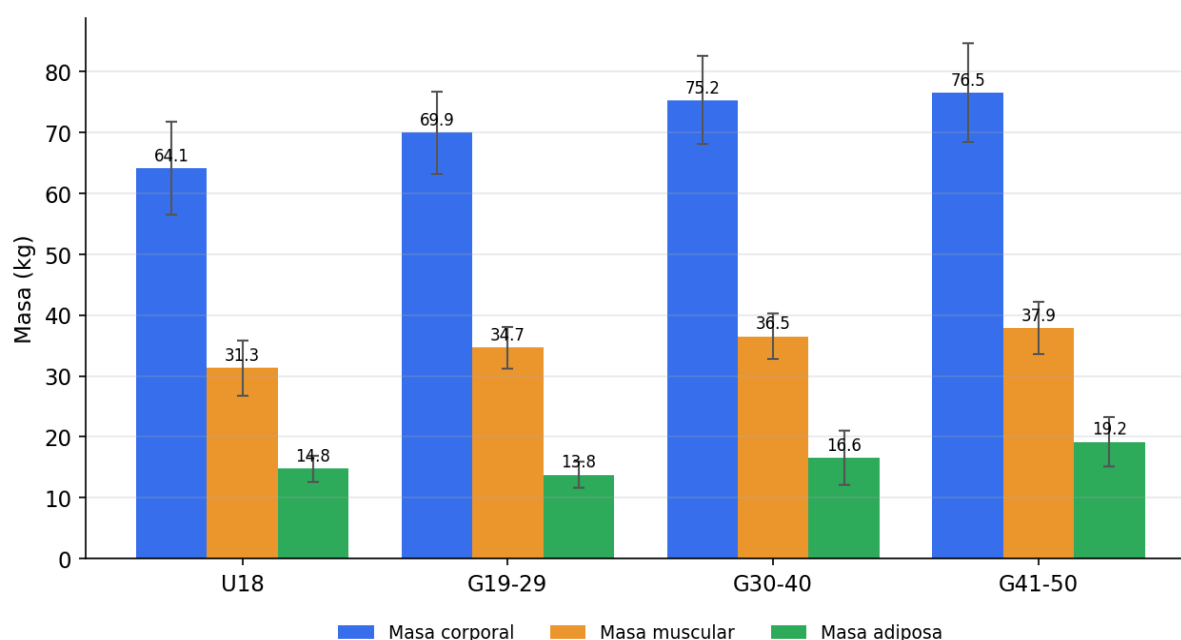


Figura 5. Masa corporal, muscular y adiposa (kg) por categoría etaria. Media $\pm$ DE.

En términos relativos se observa una tendencia de mayores valores de masa muscular desde U18 alcanzando un pico G19-29, seguido de un declive progresivo del mismo. Los valores relativos de tejido adiposo presentan una tendencia contraria a los valores de tejido muscular: descenso de 22.5% a 20.2% de U18 a G19-29 respectivamente, seguido de un incremento hasta el 23.9% en G41-50. En cuanto a la distribución de la masa residual, ósea y de la piel, se observa un carácter estable a lo largo de las categorías.

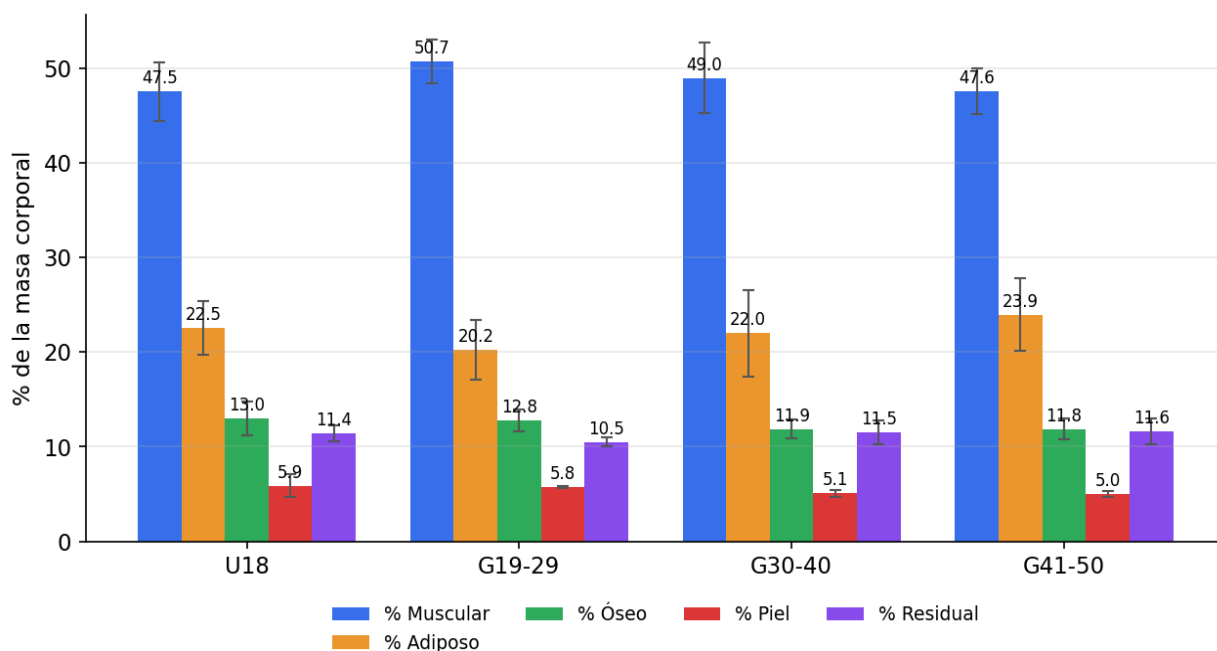


Figura 6. Composición corporal relativa (% de la masa corporal) por categoría etaria. Media $\pm$ DE.

En la sumatoria de 6 pliegues se observa un menor volumen de 47.1 mm en categoría U18 hasta 38.6 mm en G19-29 seguido de un marcado incremento a 57.8 mm y 68.9 mm en G30-40 y G41-50 respectivamente.

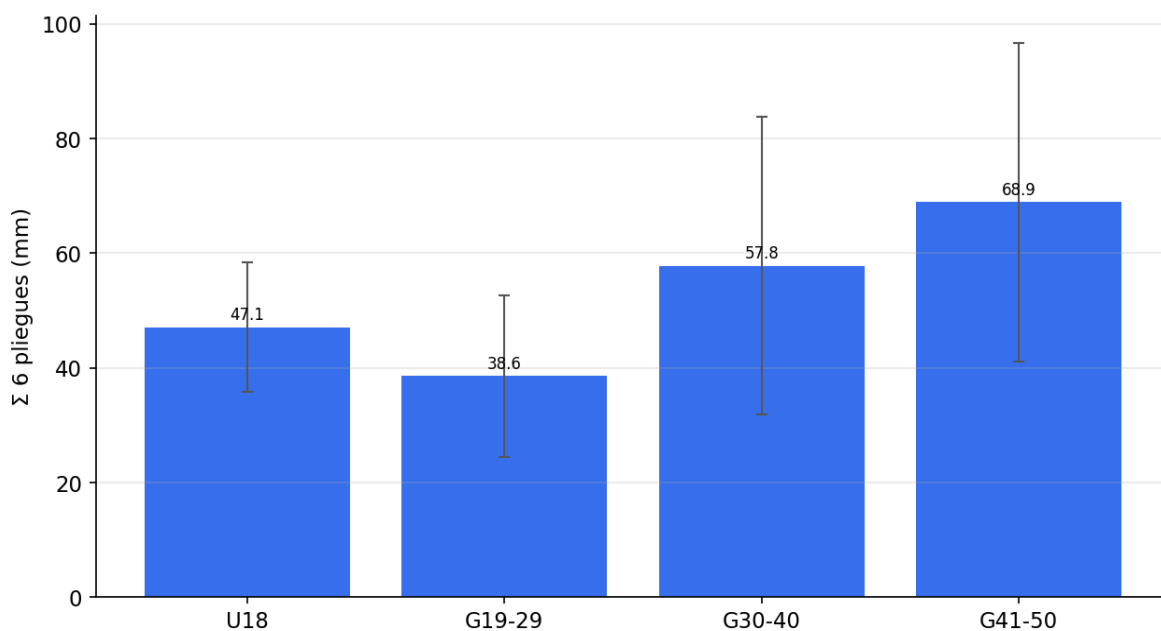


Figura 7. Sumatoria de 6 pliegues cutáneos (mm) por categoría etaria. Media $\pm$ DE.

V. Discusión

Los valores absolutos asociados al rendimiento en ciclistas, tales como la potencia en el $\text{VO}_2\text{máx}$ ($\text{pVO}_2\text{máx}$) y el primer y segundo umbral ventilatorio (VT1 y VT2), exhiben un incremento desde la categoría U18 hasta alcanzar un pico en el grupo de 19 a 29 años (G19-29), seguido de un descenso progresivo a partir de la categoría G30-40. Por su parte, los valores absolutos de frecuencia cardíaca presentan una clara tendencia descendente que ocurre desde el inicio del rango de edad evaluado (U18). Al analizar estos parámetros en términos relativos (porcentaje del $\text{pVO}_2\text{máx}$ y de la frecuencia cardíaca máxima), se observa una tendencia estable entre las diferentes categorías.

Estos hallazgos señalan que entre los 35 y 50 años comienza un declive en la capacidad de rendimiento, con un descenso más marcado a partir de los 60 años. Dicho declive podría estar impulsado fundamentalmente por una disminución del $\text{VO}_2\text{máx}$, y no tanto por factores como los umbrales o la economía de esfuerzo, lo cual respalda la estabilidad de los valores relativos observados en la muestra. (12)

En relación con la composición corporal, la masa muscular disminuye entre un 3% y un 8% por década a partir de los 30 años, un proceso que se acelera significativamente al cruzar la barrera de los 60 años (13). Si bien en la presente investigación se observó la limitante de no contar con una cantidad suficiente de sujetos para consolidar estadísticamente la categoría G51-60, los datos de la muestra evaluada reportan una tendencia ascendente en los valores absolutos de masa muscular (en kg) hasta alcanzar el grupo G41-50. Es importante destacar que, dado el diseño transversal del estudio, este hallazgo refleja las diferencias promedio entre grupos de distintas edades, y no debe interpretarse como un incremento longitudinal de la masa muscular en los mismos sujetos con el paso del tiempo. La diferencia principal radica en los términos relativos: el porcentaje de masa muscular desciende de un 50,7% a un 47,6%, fenómeno asociado a un incremento relativo de la masa adiposa (del 20,2% al 23,9% de G19-29 a G41-50, respectivamente).

Durante la categoría U18, el organismo del atleta aún atraviesa etapas de maduración biológica. Parámetros determinantes del consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_2\text{máx}$) y la generación de potencia absoluta, como el volumen sanguíneo total y la masa de hemoglobina, no se terminan de consolidar hasta superar la pubertad y adentrarse en la adultez joven. Los ciclistas U23 y profesionales logran valores absolutos significativamente superiores en el pico de potencia y los umbrales ventilatorios. A su vez, también, esta superioridad podría estar impulsada principalmente por una mayor masa muscular

consolidada y una menor masa grasa relativa en comparación con los corredores junior. (14) En este sentido, si bien los ciclistas de la categoría formativa U18 aún no han alcanzado su pico de potencia absoluta, la valoración de su rendimiento debe centrarse fuertemente en sus indicadores relativos al peso corporal. En ciclistas de la Selección Argentina Junior de Cross-Country (XCO) los índices de aptitud aeróbica máxima ($\text{pVO}_2\text{máx}$) y submáxima (umbrales metabólicos) expresados en términos relativos (W/kg) exhiben correlaciones grandes y significativas con el rendimiento competitivo. Estas variables de potencia relativas logran explicar más del 80% de la varianza en el tiempo de carrera de estos atletas jóvenes. (15)

Si bien el presente estudio no cuantificó la cantidad de horas de entrenamiento que acumula cada categoría, la brecha de rendimiento entre U18 y G19-29 podría explicarse por la "edad de entrenamiento", es decir, los años ininterrumpidos de estímulos sistemáticos. La edad de entrenamiento sostenida es un factor determinante para alcanzar el potencial de rendimiento. Este pico de rendimiento coincide con el aumento en el volumen e intensidad de entrenamiento que se exige al abandonar las categorías formativas, por lo que el ciclista G19-29 podría estar capitalizando las horas de estímulo crónico que el atleta U18 recién está comenzando a asimilar. (16)

Limitantes de la heterogeneidad de la muestra: La base de datos agrupa a ciclistas de diversos niveles competitivos (desde aficionados hasta ciclistas categoría pro y másters avanzados), lo que genera una amplia dispersión en algunas variables fisiológicas y antropométricas.

Limitantes de diseño y alcance: el estudio posee un alcance estrictamente descriptivo-comparativo y un diseño transversal, lo que impide establecer relaciones de causalidad o realizar inferencias sobre trayectorias longitudinales individuales de desarrollo.

Limitantes de muestreo: La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia a partir de una base de datos histórica, por lo que los hallazgos no son generalizables a la totalidad de la población de ciclistas y deben interpretarse como valores de referencia específicos del grupo analizado.

Limitantes de la participación de sujetos en diferentes categorías: Siete ciclistas aportaron registros correspondientes a dos categorías etarias diferentes a lo largo del periodo analizado, constituyendo esta situación una característica inherente de la base de datos histórica utilizada.

Limitantes de los equipos de evaluación: Las pruebas incrementales de laboratorio se ejecutaron utilizando tres cicloergómetros diferentes (CompuTrainer Pro, CycleOps Hammer y Tacx Flux Smart). Aunque se utilizaron los protocolos recomendados por los fabricantes y los ciclistas evaluaron con su propia bicicleta, las diferencias inherentes entre dispositivos de medición de potencia pueden introducir una fuente de variabilidad técnica menor en los registros.

Limitantes de metodología de evaluación de $\text{VO}_2\text{máx}$: Si bien parte de la muestra fue evaluada mediante analizador de gases, en otros casos el consumo máximo de oxígeno fue estimado mediante fórmula predictiva basada en el rendimiento del test incremental, lo cual conlleva un margen de error metodológico propio de las estimaciones indirectas en comparación con la ergoespirometría directa.

Limitantes en la determinación de umbrales ventilatorios: En aquellos sujetos evaluados sin analizador de gases, el primer y segundo umbral ventilatorio (VT1 y VT2) fueron estimados de manera estandarizada asociándose al 75% y 90% de la frecuencia cardíaca máxima, respectivamente. Si bien estos porcentajes constituyen puntos de corte de referencia ampliamente aceptados en la bibliografía práctica (17), representan estimaciones teóricas y arbitrarias que no contemplan la variabilidad biológica interindividual en la respuesta metabólica al esfuerzo. Esto introduce un margen de error metodológico, ya que podría subestimar o sobreestimar la potencia y frecuencia cardíaca reales en las que ocurre la transición metabólica de cada ciclista.

VI. Conclusiones

El presente trabajo de investigación logró cumplir su objetivo general de caracterizar el perfil fisiológico y de composición corporal de ciclistas masculinos a través de diferentes rangos etarios. De este modo, se aporta una base de valores de referencia que resulta de utilidad para entrenadores, ciclistas y profesionales vinculados a las ciencias del deporte. Estos datos pueden utilizarse como parámetros de consulta para contextualizar el nivel de un ciclista respecto a las tendencias del grupo etario al que pertenece, a la vez que reflejan las diferencias antropométricas y fisiológicas observadas entre los distintos grupos.

A partir de estos hallazgos, el entrenador no solo cuenta con valores de referencia específicos para el perfil de cada categoría, sino que dispone de información clave para la toma de decisiones. Frente a estas variaciones observadas, los datos resaltan la relevancia que podrían tener las estrategias conjuntas de nutrición y entrenamiento orientadas al desarrollo y mantenimiento de los niveles de fuerza y potencia, con el objetivo primordial de mitigar la pérdida de masa muscular y el consecuente aumento de tejido adiposo asociados

a la edad adulta. En este sentido, las variables como la pVO_2 máx y los respectivos umbrales metabólicos demostraron mantener relevancia por lo que constituyen aspectos centrales a considerar en la planificación y programación de entrenamiento del ciclista.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Foster C, Casado A, Bok D, Hofmann P, Bakken M, Tjelta A, et al. History and perspectives on interval training in sport, health, and disease. *Appl Physiol Nutr Metab.* 1 de enero de 2025;50:1-16. doi:10.1139/apnm-2023-0611
2. Foster C, Rodriguez-Marroyo JA, De Koning JJ. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *Int J Sports Physiol Perform.* abril de 2017;12(s2):S2-2-S2-8. doi:10.1123/IJSP.2016-0388
3. Lucia A, Earnest C, Arribas C. The Tour de France: a physiological review. *Scand J Med Sci Sports.* octubre de 2003;13(5):275-83. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00345.x
4. Vogt S, Heinrich L, Schumacher YO, Blum A, Roecker K, Dickhuth HH, et al. Power Output during Stage Racing in Professional Road Cycling. *Med Sci Sports Exerc.* enero de 2006;38(1):147-51. doi:10.1249/01.mss.0000183196.63081.6a
5. Duc S, Villerius V, Bertucci W, Grappe F. Validity and Reproducibility of the Ergomo®Pro Power Meter Compared With the SRM and Powertap Power Meters. *Int J Sports Physiol Perform.* septiembre de 2007;2(3):270-81. doi:10.1123/ijssp.2.3.270
6. Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and External Training Load: 15 Years On. *Int J Sports Physiol Perform.* febrero de 2019;14(2):270-3. doi:10.1123/ijssp.2018-0935
7. Padilla S, Mujika I, Cuesta G, Goiriena JJ. Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling: *Med Sci Sports Exerc.* junio de 1999;31(6):878-85. doi:10.1097/00005768-199906000-00017
8. Lucía A, Joyos H, Chicharro JL. Physiological Response to Professional Road Cycling: Climbers vs. Time Trialists. *Int J Sports Med.* octubre de 2000;21(7):505-12. doi:10.1055/s-2000-7420
9. Sawka MN, Convertino VA, Eichner ER, Schnieder SM, Young AJ. Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses, and trauma/sickness: *Med Sci Sports Exerc.* febrero de 2000;32(2):332. doi:10.1097/00005768-200002000-00012
10. Wirnitzer KC, Faulhaber M. Hemoglobin and hematocrit during an 8 day mountainbike race: A field study. *J Sports Sci Med.* 2007;6(2):265-6.
11. Andersen LB. A maximal cycle exercise protocol to predict maximal oxygen uptake. *Scand J Med Sci Sports.* junio de 1995;5(3):143-6. doi:10.1111/j.1600-0838.1995.tb00027.x

12. Tanaka H, Seals DR. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J Physiol.* enero de 2008;586(1):55-63. doi:10.1113/jphysiol.2007.141879
13. Volpi E, Nazemi R, Fujita S. Muscle tissue changes with aging: *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* julio de 2004;7(4):405-10. doi:10.1097/01.mco.0000134362.76653.b2
14. Alejo LB, Montalvo-Pérez A, Valenzuela PL, Revuelta C, Ozcoidi LM, De La Calle V, et al. Comparative analysis of endurance, strength and body composition indicators in professional, under-23 and junior cyclists. *Front Physiol.* 5 de agosto de 2022;13:945552. doi:10.3389/fphys.2022.945552
15. Mirizio GG, Muñoz R, Muñoz L, Ahumada F, Del Coso J. Race Performance Prediction from the Physiological Profile in National Level Youth Cross-Country Cyclists. *Int J Environ Res Public Health.* 21 de mayo de 2021;18(11):5535. doi:10.3390/ijerph18115535
16. Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Howard R, De Ste Croix MB, Williams CA, et al. Long-term athletic development- part 1: a pathway for all youth. *J Strength Cond Res.* mayo de 2015;29(5):1439-50. doi:10.1519/JSC.0000000000000756
17. Pallarés JG, Morán-Navarro R, Ortega JF, Fernández-Elías VE, Mora-Rodríguez R. Validity and Reliability of Ventilatory and Blood Lactate Thresholds in Well-Trained Cyclists. Sandbakk Ø, editor. *PLOS ONE.* 22 de septiembre de 2016;11(9):e0163389. doi:10.1371/journal.pone.0163389