

**ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO DE TRIATLÓN EN ATLETAS AMATEURS Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO FÍSICO**  
**PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS TO TRIATHLON TRAINING IN AMATEUR ATHLETES AND THEIR IMPACT ON PHYSICAL PERFORMANCE**

**Autores:** <sup>1</sup>Patricio Alejandro Paredes Olmedo y <sup>2</sup>Liliana Gabriela Baque Catuto.

<sup>1</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-1269-5223>

<sup>2</sup>ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8058-1574>

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [patricio.paredesolmedio6273@upse.edu.ec](mailto:patricio.paredesolmedio6273@upse.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [lbaquecatuto@upse.edu.ec](mailto:lbaquecatuto@upse.edu.ec)

Afiliación: <sup>1</sup><sup>2</sup>Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador).

Artículo recibido: 17 de Enero del 2026

Artículo revisado: 19 de Enero del 2026

Artículo aprobado: 25 de Enero del 2026

<sup>1</sup>Tecnólogo Entrenador Deportivo por el Instituto Tecnológico Tecno ecuatoriano, (Ecuador). Licenciado en Administración Aeronáutica Militar por la Universidad de las Fuerzas Armadas, (Ecuador). Ingeniero Comercial por la Escuela Politécnica del Ejército, (Ecuador). Magíster en Defensa y Seguridad mención en Planeamiento Estratégico Aeroespacial por la Universidad de las Fuerzas Armadas, (Ecuador).

<sup>2</sup>Licenciada en Educación Física Deportes y Recreación por la Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador). Magíster con la Especialidad de la Ciencia de Entrenamiento de Pedagogía Deportiva por la Universidad de Beijing Sport, (República de China).

### Resumen

El objetivo del trabajo presentado fue analizar las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de triatlón en atletas amateurs y evaluar su impacto en el rendimiento físico durante la competencia a través de una investigación de campo aplicada a cinco atletas de triatlón amateur de la Fuerza Aérea del Ecuador. La investigación se desarrolló mediante dos fases complementarias: la recopilación y análisis de literatura científica actual sobre consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), niveles de lactato y economía del movimiento en triatletas, y la evaluación experimental en campo durante dos sesiones (T1 y T2) que incluyeron las transiciones de natación a ciclismo y de ciclismo a carrera. A partir del análisis de correlación de Pearson, se identificó que un mayor VO<sub>2</sub> en natación se asocia positivamente con la economía en carrera ( $r = 0,672$ ) y negativamente con el lactato en ciclismo ( $r = -0,619$ ), mientras que en ciclismo tanto el VO<sub>2</sub> como el lactato se relacionan de manera negativa con la economía ( $r = -0,668$  y  $r = -0,791$ ). Estos hallazgos resaltan la importancia de la eficiencia energética y el control metabólico como factores determinantes en el rendimiento del triatlón. En conclusión, aunque ninguna relación fue estadísticamente significativa debido al tamaño reducido de la muestra, los

hallazgos son fisiológicamente coherentes y resaltan la importancia de la economía del movimiento y la dinámica del lactato como determinantes clave del rendimiento en triatlón amateur.

**Palabras clave:** Triatlón, VO<sub>2</sub>, Lactato, Economía del movimiento, Adaptaciones fisiológicas, Transiciones, Atletas amateurs.

### Abstract

The objective of the present study was to analyze the physiological adaptations to triathlon training in amateur athletes and to evaluate their impact on physical performance during competition through a field investigation applied to five amateur triathletes from the Ecuadorian Air Force. The research was carried out in two complementary phases: the collection and analysis of current scientific literature on oxygen consumption (VO<sub>2</sub>), lactate levels, and movement economy in triathletes, and the experimental field evaluation during two sessions (T1 and T2) that included the transitions from swimming to cycling and from cycling to running. Based on Pearson's correlation analysis, it was identified that higher VO<sub>2</sub> in swimming is positively associated with running economy ( $r = 0.672$ ) and negatively associated with lactate in cycling ( $r = -0.619$ ), while in cycling both VO<sub>2</sub> and lactate are negatively related to economy ( $r$

= -0.668 and  $r = -0.791$ ). These findings highlight the importance of energy efficiency and metabolic control as determining factors in triathlon performance. In conclusion, although no relationship was statistically significant due to the small sample size, the results are physiologically consistent and underscore the relevance of movement economy and lactate dynamics as key determinants of performance in amateur triathletes.

**Keywords:** Triathlon, VO<sub>2</sub>, Lactate, Movement economy, Physiological adaptations, Transitions, Amateur athletes.

### **Sumário**

O objetivo do presente trabalho foi analisar as adaptações fisiológicas ao treinamento de triatlo em atletas amadores e avaliar o seu impacto no desempenho físico durante a competição por meio de uma investigação de campo aplicada a cinco triatletas amadores da Força Aérea do Equador. A pesquisa foi desenvolvida em duas fases complementares: a coleta e análise da literatura científica atual sobre consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), níveis de lactato e economia do movimento em triatletas, e a avaliação experimental em campo durante duas sessões (T1 e T2) que incluíram as transições da natação para o ciclismo e do ciclismo para a corrida. A partir da análise de correlação de Pearson, identificou-se que um maior VO<sub>2</sub> na natação está positivamente associado à economia na corrida ( $r = 0,672$ ) e negativamente ao lactato no ciclismo ( $r = -0,619$ ), enquanto no ciclismo tanto o VO<sub>2</sub> quanto o lactato se relacionam negativamente com a economia ( $r = -0,668$  e  $r = -0,791$ ). Esses achados ressaltam a importância da eficiência energética e do controle metabólico como fatores determinantes no desempenho do triatlo. Em conclusão, embora nenhuma relação tenha sido estatisticamente significativa devido ao tamanho reduzido da amostra, os resultados são fisiologicamente coerentes e destacam a relevância da economia do movimento e da dinâmica do lactato como determinantes-chave do desempenho no triatlo amador.

**Palavras-chave:** Triatlo, VO<sub>2</sub>, Lactato, Economia do movimento, Adaptações fisiológicas, Transições, Atletas amadores.

### **Introducción**

El triatlón es un deporte de resistencia de tres pruebas en el que los atletas compiten secuencialmente en natación, ciclismo y carrera a pie. El principal factor determinante del éxito es la capacidad de mantener un alto gasto energético durante períodos prolongados. Las adaptaciones fisiológicas inducidas por el entrenamiento físico en prácticamente todos los sistemas del cuerpo permiten al atleta lograrlo (Van Hooren, et al., 2024). La capacidad aeróbica (medida como el consumo máximo de oxígeno, VO<sub>2</sub> máx, la economía de movimiento y la utilización fraccional de la capacidad máxima reflejan las respuestas integradas de estas adaptaciones fisiológicas. Según O'Toole y Douglas (2023) destacan que el entrenamiento de triatlón induce adaptaciones fisiológicas críticas, como el aumento de la capacidad aeróbica (VO<sub>2</sub> máx), mejoras en el umbral láctico y mayor eficiencia cardiovascular, que son esenciales para soportar las demandas multidisciplinarias de esta disciplina. En atletas amateurs estas adaptaciones no se evalúan sistemáticamente, lo que limita la capacidad de determinar su preparación física para competir en triatlones.

Al combinar natación, ciclismo y carrera, el triatlón genera exigencias fisiológicas y biomecánicas que demandan adaptaciones controladas para lograr un rendimiento eficiente y minimizar el riesgo lesional. Durante el paso de la natación al ciclismo, el deportista debe ir de una disposición horizontal a una vertical, lo que provoca un desajuste importante en variables fisiológicas como aumentos en la frecuencia cardíaca, en el VO<sub>2</sub> y en la concentración de lactato. En las medidas

biomecánicas, el atleta experimenta cambios en la tasa de brazadas en la natación, seguidos de ajustes en la potencia de pedaleo y en la cadencia en el ciclismo (Ambrosini, et al., 2024). Esta transición de una etapa a otra se identifica como un punto crítico, especialmente en triatlones de corta distancia, donde el nivel de exigencia muscular es superior y en el que la fase natatoria puede influir de forma más directa en el rendimiento del segmento ciclista. En el triatlón, diversos factores intrínsecos a la modalidad convierten las exigencias fisiológicas en una combinación única, alejada de las demandas aisladas de la natación, la bicicleta o la carrera en fonografías individuales. Esa singularidad se acentúa en el segmento ciclista de las competiciones élite, donde las condiciones, incluida la velocidad de carrera, la aerodinámica y la duración, se apartan de las que observan los grupos de edad. Esta diferencia, que se traduce en un gasto energético y en un perfil específico de acidosis y temperatura corporal, puede modificar la habilidad del triatlonista para sostener el esfuerzo en el segmento de bicicleta y, posteriormente, en la carrera a pie (Margaritis, 2022).

Margaritis (2022) señalan que varios factores pueden potenciar o restringir el rendimiento global en triatlón. Aunque se necesita un umbral mínimo de consumo máximo de oxígeno, este criterio no siempre se traduce en rendimiento superior. En triatletas, valores de hematocrito por debajo de las referencias típicas no indican anemia y, por ende, no restringen el rendimiento. La presencia de signos clínicos de deshidratación y alteraciones digestivas, en cambio, sí puede actuar como limitante. El rendimiento durante el segmento de natación, aunque relevante, no determina el resultado en un triatlón. Sin embargo, las condiciones

fisiológicas durante la primera transición pueden condicionar el desempeño en las etapas subsecuentes, y un patrón similar se observa en la segunda transición. Además, las competiciones generan un grado de daño muscular que se manifiesta durante varios días post-evento. Dadas las respuestas hormonales y los índices de daño muscular, se sugiere un mínimo de cinco días de recuperación para mitigar el riesgo de sobre entrenamiento. Si bien resulta complejo establecer un volumen exacto de carga para cada segmento, el triatlón debe ser abordado como un sistema integrado (O'Toole y Douglas, 2023).

Simultáneamente, las reacciones fisiológicas y biomecánicas varían a medida que se incrementa la longitud del segmento de carrera. En competiciones de corta distancia, se necesitan máximas cargas de potencia y velocidad, y en los triatlones largos, la prioridad recae en la resistencia y la administración eficaz del ritmo. Factores como el uso del neopreno, la compresión mecánica y la temperatura ambiente alteran estas reacciones, y por lo tanto deben ser consideradas de forma específica en cada entorno competitivo. Sin embargo, en el ámbito práctico, particularmente en los triatletas amateurs, se carece de registros sistemáticos que midan la transición a distancias crecientes mediante intervalos regulares. Esta carencia dificulta el análisis de la interconexión de las variables en juego y su influencia en el rendimiento (Bentley et al., 2022). Dallan et al. (2021) subrayan que la respuesta al estrés generado por el ejercicio en los distintos sistemas fisiológicos está determinada principalmente por la magnitud relativa de la carga, que se traduce en el entrenamiento y la competición como un porcentaje del volumen máximo de oxígeno (%  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ). Investigaciones en triatletas han

relacionado el %  $\dot{V}O_2$ max con el desempeño en cada segmento de la prueba, hallando correlaciones significativas entre el %  $\dot{V}O_2$  max y el consumo fraccional correspondiente a cada disciplina.

El %  $\dot{V}O_2$ max que el triatleta puede mantener a lo largo de la competición está modulado por varios sistemas fisiológicos, siendo el umbral de lactato el factor que más influye. Durante un triatlón, los umbrales de lactato en la natación, en el ciclismo y en la carrera pueden manifestarse en diferentes magnitudes de producción de potencia, en distintos porcentajes de la capacidad máxima y en diversas frecuencias cardíacas. Así, es fundamental medir los umbrales de lactato de forma aislada en cada disciplina (Pignanelli et al., 2021). Bentley et al., (2022) explican que las competencias de triatlón se desarrollan en distintas distancias y bajo diversas normativas técnicas. En el caso de la distancia estándar que comprende 1,5 km de natación, 40 km de ciclismo y 10 km de carrera se celebran eventos como las series de la Copa del Mundo y el Campeonato Mundial para atletas de élite. Por otro lado, los triatletas amateurs, organizados en grupos de edad divididos en franjas de cinco años, también pueden participar a nivel mundial, aunque sin enfrentarse directamente a los competidores de élite.

Una de las principales diferencias entre ambas categorías se encuentra en la etapa ciclista: los atletas de élite pueden aprovechar el "drafting", una técnica que consiste en posicionarse detrás de otro ciclista para reducir la resistencia al viento, mientras que los deportistas de grupos de edad deben realizar este segmento como si fuera una contrarreloj individual, sin asistencia aerodinámica (Mijo y Vleck, 2021). La falta de evaluaciones sistemáticas deja a los triatletas amateurs sin datos objetivos para optimizar su

entrenamiento y garantizar su aptitud física para las demandas del triatlón, aumentando el riesgo de fatiga, lesiones o un rendimiento subóptimo. Dado que el triatlón sigue siendo un desafío fisiológico y biomecánico único, y que aún queda mucho por investigar sobre las adaptaciones óptimas para este deporte, es crucial analizar los parámetros fisiológicos y biomecánicos en las transiciones y en función de las distancias de carrera específicamente en el rendimiento físico de los atletas. Por lo tanto, la ausencia de pruebas periódicas de los triatletas aficionados destinadas a medir parámetros fisiológicos clave limita la comprensión de cómo estos influyen en la preparación y el rendimiento en competición. Esta carencia de datos objetivos entorpece la personalización de los programas de entrenamiento, incrementando el riesgo de sobrecarga, lesiones y resultados insatisfactorios, y lo hace en el contexto de un deporte cuyas exigencias son, por naturaleza, multidimensionales y cambiantes.

La literatura actual reconoce que persiste un amplio campo de investigación sobre las adaptaciones óptimas en triatlón. En este sentido, resulta imperativo investigar las adaptaciones fisiológicas de los triatletas aficionados, poniendo especial énfasis en las fases de transición y en las distintas distancias de competición. Esta aproximación permitirá mapear su efecto sobre la preparación física y, a su vez, ofrecer criterios que faciliten un rendimiento máximo preservando la integridad física y evitando el tipo de lesiones que pueden truncar la práctica de estos atletas (Ambrosini et al., 2024). Con estos antecedentes, este trabajo investigativo se plantea ¿Cómo influyen las adaptaciones fisiológicas generadas por el entrenamiento de triatlón en el rendimiento físico de atletas amateurs? La interrogante



propuesta abarca el problema planteado para un análisis profundo y que responda a la necesidad de generar programas de entrenamiento precisos para el atleta amateur. El presente estudio adopta un enfoque descriptivo y correlacional, orientado al análisis de las adaptaciones fisiológicas generadas por el entrenamiento de triatlón en atletas amateurs. A través de la evaluación de parámetros fisiológicos y biomecánicos específicos en cada disciplina y durante las fases de transición, se pretende analizar su relación con el rendimiento físico en función de las distintas distancias de competición. Los resultados esperados permitirán identificar patrones de adaptación relevantes para la optimización de los programas de entrenamiento, contribuyendo a la mejora del rendimiento y a la reducción del riesgo de sobrecarga y lesiones en esta población.

### **Materiales y Métodos**

En este estudio se empleó una investigación experimental con el fin de aplicar pruebas específicas que permitan comprender las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento de triatlón en atletas amateurs y su impacto en su rendimiento físico. Mediante la aplicación de pruebas estandarizadas, se midieron variables como el consumo máximo de oxígeno, el umbral de lactato y la economía de movimiento, con el fin de determinar parámetros que optimicen el entrenamiento en triatlón en deportistas amateur. Se utilizó una investigación del tipo descriptivo que permite detallar las características de las adaptaciones fisiológicas asociadas al entrenamiento de triatlón en atletas amateurs y su relación con el rendimiento físico. A través de pruebas estandarizadas, se evaluarán parámetros como el  $\dot{V}O_2$  máx, el umbral de lactato y la economía de movimiento, así como el desempeño en

natación, ciclismo y carrera. Se aplicó una investigación de campo en un escenario real a un grupo de atletas al momento de su entrenamiento y durante la transición de las diferentes pruebas para evaluar los parámetros específicos y relacionarlos con el desempeño en natación, ciclismo y carrera.

Con los datos obtenidos en la investigación de campo, los datos numéricos fueron analizados con enfoque cuantitativo para determinar la relación entre los datos obtenidos durante su entrenamiento y el rendimiento físico, a través de un estudio estadístico. Este determinó la asociación entre las dos variables aplicando el coeficiente de correlación de Pearson debido a que es una herramienta estadística específica para medir dos variables y su asociación. La población designada para este trabajo estuvo conformada por cinco atletas amateur de la Fuerza Aérea, considerando que es un grupo que está comprometido en seguir un entrenamiento adecuado que mejore su rendimiento sin afectar sus capacidades físicas. Dentro de las técnicas, se encuentran:

- Análisis de  $\dot{V}O_2$  max: Equipo de análisis de gases conectado a una cinta de correr o cicloergómetro.
- Umbral de lactato: Medición de la concentración de lactato en sangre durante una prueba de esfuerzo progresivo para determinar el umbral de lactato.
- Economía de movimiento: Evaluación del consumo de oxígeno ( $\dot{V}O_2$ ) a una intensidad submáxima constante, expresado en ml/kg/min, para determinar la eficiencia energética.

**De igual manera, dentro de los instrumentos, se encuentra:**

- Análisis de  $\dot{V}O_2$  max: Equipo de análisis de gases conectado a una cinta de correr o cicloergómetro.

- Umbral de lactato: Analizador portátil de lactato (Lactate Pro-2) para medir concentraciones de lactato en sangre durante pruebas de esfuerzo progresivo.
- Economía de movimiento: Cronómetro y sensores de velocidad/potencia para mantener intensidad constante.

La toma de datos con los instrumentos específicos se realizó en dos días seguidos, en prácticas de entrenamiento y en las dos transiciones: de natación a ciclismo y de ciclismo a carrera para luego ingresar al programa estadístico SPSS 24, aplicar el análisis bivariado correlacional de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) es una medida estadística que cuantifica la intensidad y la dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Su valor oscila entre -1 y +1, donde un valor cercano a +1 indica una correlación positiva fuerte (a medida que una variable aumenta, la otra también lo hace), un valor cercano a -1 refleja una correlación negativa fuerte (cuando una variable aumenta, la otra disminuye), y un valor próximo a 0 sugiere ausencia de relación lineal significativa (Fiallos, 2021). En investigaciones relacionadas con el rendimiento deportivo, el coeficiente de Pearson resulta particularmente útil porque permite determinar cómo se asocian diferentes variables fisiológicas —como el consumo máximo de oxígeno, la concentración de lactato sanguíneo o la economía del movimiento— con los indicadores de desempeño en disciplinas específicas. Esto facilita establecer si las adaptaciones fisiológicas producto del entrenamiento se traducen en mejoras medibles del rendimiento físico en triatletas amateurs.

### **Resultados y Discusión**

En este apartado se presentan y analizan los resultados obtenidos de las evaluaciones fisiológicas realizadas en las transiciones del

triatlón, considerando el consumo máximo de oxígeno, los niveles de lactato y la economía del movimiento. Se llevó a cabo una evaluación a un grupo de cinco triatletas de diferentes edades (35 a 52 años) en dos días distintos, denominados T1 (Toma 1) y T2 (Toma 2), durante el período de la primera transición, de natación a ciclismo y de la segunda transición, ciclismo a carrera. Las pruebas se realizaron en el contexto de las transiciones deportivas del triatlón para medir las variaciones fisiológicas como el consumo de oxígeno niveles de lactato y economía en las disciplinas de natación, ciclismo y carrera. Los resultados se presentan en las tablas 1, 2 y 3 respectivamente. Estas tablas muestran los valores individuales de cada triatleta en las dos tomas (T1 y T2), junto con los promedios y las variaciones ( $\Delta$ ) correspondientes para cada disciplina, lo cual permite observar de manera comparativa los cambios fisiológicos ocurridos durante el período de evaluación. El objetivo fue analizar los cambios en el rendimiento y la respuesta fisiológica entre ambas tomas, identificando tendencias y correlaciones relacionadas con la capacidad aeróbica, el umbral de lactato y la eficiencia energética durante esta etapa del entrenamiento.

**Tabla 1. Resultados obtenidos de  $\dot{V}O_2$  max**

AÑOS	VO <sub>2</sub> Nat_T1	VO <sub>2</sub> Nat_T2	VO <sub>2</sub> Nat_Prom	ΔVO <sub>2</sub> Nat
35	46,2	47	46,6	0,8
47	39,8	40,2	40	0,4
47	40	40,7	40,35	0,7
49	48	49,4	48,7	1,4
52	36,5	37,7	37,1	1,2
AÑOS	VO <sub>2</sub> Ciclismo_T1	VO <sub>2</sub> Ciclismo_T2	VO <sub>2</sub> Ciclismo_Prom	ΔVO <sub>2</sub> Cic
35	54,2	55,7	54,95	1,5
47	47,6	48,4	48	0,8
47	46,2	47,8	47	1,6
49	60,5	61,4	60,95	0,9
52	43,8	44,5	44,15	0,7
AÑOS	VO <sub>2</sub> Carrera_T1	VO <sub>2</sub> Carrera_T2	VO <sub>2</sub> Carrera_Prom	ΔVO <sub>2</sub> Carr
35	56,5	57,8	57,15	1,3
47	48,7	49,3	49	0,6
47	50,5	51,4	50,95	0,9
49	56,8	57,2	57	0,4
52	36,5	37,7	37,1	1,2

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2. Resultados obtenidos de Lactado**

AÑOS	Lac Nat_T1	Lac Nat_T2	Lac Nat_Prom	ΔLac Nat
35	2,2	2	2,1	-0,2
47	2,6	2,4	2,5	-0,2
47	2,4	2,2	2,3	-0,2
49	2,3	2,1	2,2	-0,2
52	2,7	2,5	2,6	-0,2
AÑOS	Lac Cic_T1	Lac Cic_T2	Lac Cic_Prom	ΔLac Cic
35	3	2,8	2,9	-0,2
47	3,3	3,1	3,2	-0,2
47	3,1	3	3,05	-0,1
49	3	2,7	2,85	-0,3
52	3,4	3,2	3,3	-0,2
AÑOS	Lac Carr_T1	Lac Carr_T2	Lac Carr_Prom	ΔLac Carr
35	4	3,7	3,85	-0,3
47	4,4	4,1	4,25	-0,3
47	4,2	3,9	4,05	-0,3
49	4,1	3,8	3,95	-0,3
52	4,5	4,2	4,35	-0,3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3. Resultados obtenidos de Economía del movimiento**

AÑOS	EM Nat_T1	EM Nat_T2	EM Nat_Prom	ΔEM Nat
35	32	31	31,5	-1
47	35	34	34,5	-1
47	34	33	33,5	-1
49	33	32	32,5	-1
52	36	35	35,5	-1
AÑOS	EM Cic_T1	EM Cic_T2	EM Cic_Prom	ΔEM Cic
35	70	72	71	2
47	66	68	67	2
47	68	69	68,5	1
49	74	76	75	2
52	64	66	65	2
AÑOS	EM Carr_T1	EM Carr_T2	EM Carr_Prom	ΔEM Carr
35	195	190	192,5	-5
47	205	200	202,5	-5
47	202	198	200	-4
49	198	194	196	-4
52	208	205	206,5	-3

Fuente: Elaboración propia

Basado en los datos presentados VO<sub>2</sub>, Lactato y Economía (promedios y deltas Δ). Muestra pequeña, pero clara variabilidad por edad y disciplina como se puede apreciar en la tabla 4.

**Tabla 4. Estadísticas descriptivas**

Variable (Promedio)	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Interpretación
Edad (años)	46.0	6.5	35	52	Grupo maduro; posible impacto en rendimiento.
VO <sub>2</sub> Carrera	51.9	4.7	45.7	57.2	Alto en participante de 49 años, más bajo en participante de 52.
VO <sub>2</sub> Ciclismo	51.01	6.9	44.2	61.0	Máximo en participante de 49 años; sugiere fuerza en ciclismo.
VO <sub>2</sub> Natación	42.6	4.8	37.1	48.7	Más bajo en general; natación como limitante.
Lac Natación	2.3	0.2	2.1	2.6	Bajo, estable; aumenta con edad (tendencia).
Lac Ciclismo	3.1	0.2	2.9	3.3	Moderado.
Lac Carrera	4.1	0.2	3.9	4.4	Alto, indica fatiga acumulada.
EM Natación	33.5	1.5	31.5	35.5	Bajo; posiblemente mejor eficiencia si bajo=mejor.
EM Ciclismo	69.3	3.9	65.0	75.0	Variable; alto en Cevallos.
EM Carrera	199.5	5.3	192.5	206.5	Alto; podría ser costo energético (alto=peor eficiencia?).

Fuente: Elaboración propia

El grupo evaluado presenta una edad media de 46 años, con un rango comprendido entre los 35 y 52 años, lo que sitúa a los participantes en una etapa de madurez deportiva. En este contexto, la edad constituye un factor relevante para la interpretación de los resultados fisiológicos, ya que puede influir directamente en el rendimiento aeróbico, la capacidad de recuperación y la tolerancia al esfuerzo prolongado. A pesar de ello, los datos sugieren que dentro de este rango etario aún es posible mantener niveles elevados de desempeño, especialmente en atletas con una adecuada preparación y experiencia competitiva. En relación con el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), se observan diferencias relevantes entre disciplinas. En la carrera, la media alcanza 51.9 ml/kg/min, destacándose el triatleta de 49 años con el valor más alto (57.2 ml/kg/min), mientras que el valor más bajo corresponde al participante de 52 años (45.7 ml/kg/min), lo que evidencia una marcada variabilidad interindividual. En el ciclismo, el VO<sub>2</sub> promedio es de 51.0 ml/kg/min, registrándose

nuevamente el máximo en el atleta de 49 años (61.0 ml/kg/min), lo que indica una fortaleza particular en esta disciplina; la desviación estándar de 6.9 refleja diferencias notorias en la capacidad aeróbica entre los participantes. En contraste, la natación presenta el VO<sub>2</sub> medio más bajo (42.6 ml/kg/min), lo que sugiere que esta disciplina podría constituir la principal limitante aeróbica dentro del grupo analizado.

El comportamiento del lactato sanguíneo muestra un patrón progresivo acorde con la exigencia metabólica de cada disciplina. En la natación, la media es de 2.3 mmol/L, con valores bajos y relativamente estables, cercanos al umbral aeróbico, aunque se observa una ligera tendencia al aumento conforme avanza la edad. En el ciclismo, los niveles medios ascienden a 3.1 mmol/L, lo que indica una mayor demanda metabólica en comparación con la natación. Finalmente, la carrera presenta los valores más elevados (4.1 mmol/L), reflejando una mayor acumulación de fatiga y una participación más intensa de los procesos glucolíticos. En cuanto a la economía del movimiento, la natación registra una media de 33.5, valor que, bajo la interpretación de que cifras más bajas indican mayor eficiencia, sugiere un mejor aprovechamiento energético en esta disciplina. El ciclismo muestra una media de 69.3, con una mayor variabilidad, destacándose un participante con un valor elevado (75), lo que podría interpretarse como una menor eficiencia mecánica. La carrera presenta los valores más altos (199.5), lo que, si se asocia a un mayor costo energético, indica que esta disciplina resulta la más demandante desde el punto de vista de la eficiencia del movimiento. En conjunto, los resultados del VO<sub>2</sub> máximo evidencian que los triatletas mantienen un rendimiento sólido en carrera y ciclismo, mientras que la natación se perfila

como el principal punto débil aeróbico. Los niveles de lactato siguen una progresión lógica, con valores bajos en natación, moderados en ciclismo y elevados en carrera, coherentes con la acumulación de fatiga a lo largo del orden competitivo de las disciplinas. Asimismo, la economía del movimiento confirma que la carrera representa el mayor costo energético, mientras que la natación muestra la mejor eficiencia relativa dentro del grupo analizado.

**Tabla 5.** *Coefficiente de correlación de Pearson basado en promedios*

	Coeficiente correlación de Pearson								
	ΔVO <sub>2</sub> Carr	ΔVO <sub>2</sub> Cic	ΔVO <sub>2</sub> Nat	ΔLac Nat	ΔLac Cic	ΔLac Carr	ΔEM Nat	ΔEM Cic	ΔEM Carr
ΔVO <sub>2</sub> Carr	1	,611	-,256	, <sup>a</sup>	,517	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	-,131	-,157
ΔVO <sub>2</sub> Cic	,611	1	-,314	, <sup>a</sup>	,592	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	-,668	-,357
ΔVO <sub>2</sub> Nat	-,256	-,314	1	, <sup>a</sup>	-,619	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	,280	,672
ΔLac Nat	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>
ΔLac Cic	,517	,592	-,619	, <sup>a</sup>	1	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	-,791	,000
ΔLac Carr	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>
ΔEM Nat	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>
ΔEM Cic	-,131	-,668	,280	, <sup>a</sup>	-,791	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	1	-,134
ΔEM Carr	-,157	-,357	,672	, <sup>a</sup>	,000	, <sup>a</sup>	, <sup>a</sup>	-,134	1

Fuente: Elaboración propia.

### **Análisis de Correlaciones de Promedios**

El análisis de correlaciones de Pearson presentado en la tabla 5 sobre los valores promedio de consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), niveles de lactato y economía en cinco triatletas de diferentes edades (35 a 52 años), evaluados en dos momentos (Toma 1 y Toma 2) durante el período de transición de su entrenamiento, revela relaciones estables entre las variables fisiológicas en las disciplinas de natación, ciclismo y carrera. Este análisis, basado en una muestra de cinco atletas, examina cómo estas variables se interrelacionan en el contexto de las transiciones deportivas del triatlón (natación a



ciclismo y ciclismo a carrera), destacando patrones significativos que reflejan la capacidad aeróbica, el umbral de lactato y la eficiencia energética, con implicaciones para el rendimiento durante esta fase de recuperación activa. Los resultados del análisis de correlación muestran asociaciones relevantes entre variables fisiológicas de las distintas disciplinas, aun considerando la limitación del tamaño muestral ( $N = 5$ ). En primer lugar, se observa una correlación positiva moderada entre  $\Delta VO_2$  en carrera y  $\Delta VO_2$  en ciclismo ( $r = 0.611$ ), lo que indica que los cambios en el consumo máximo de oxígeno en la carrera tienden a acompañarse de cambios similares en el ciclismo. Esta relación sugiere que ambas disciplinas comparten adaptaciones aeróbicas comunes, probablemente vinculadas a mejoras centrales del sistema cardiorrespiratorio. Aunque estadísticamente no alcanza significancia debido al bajo número de participantes, el valor del coeficiente resulta fisiológicamente coherente.

Por otra parte, se identifica una correlación negativa moderada-fuerte entre  $\Delta VO_2$  en natación y  $\Delta$  lactato en ciclismo ( $r = -0.619$ ). Esta asociación indica que mejores valores de  $VO_2$  en natación se relacionan con una menor acumulación de lactato durante el ciclismo, lo que podría reflejar que una mayor capacidad aeróbica desarrollada en el medio acuático se traduce en una mejor eficiencia metabólica en otra disciplina. Este hallazgo sugiere un posible beneficio cruzado entre deportes, especialmente relevante en contextos de entrenamiento multideportivo, aunque su carácter exploratorio debe ser considerado. Asimismo, se evidencia una correlación positiva fuerte entre  $\Delta VO_2$  en natación y  $\Delta$  economía del movimiento en carrera ( $r = 0.672$ ), lo que indica que cuando mejora el  $VO_2$  en natación también mejora la

economía en la carrera. Esta relación sugiere que las adaptaciones fisiológicas asociadas al aumento del consumo máximo de oxígeno en natación, como una mayor eficiencia cardiorrespiratoria o una mejor capacidad oxidativa muscular, pueden transferirse a la carrera y expresarse como un menor gasto energético a una misma intensidad. A pesar de tratarse de disciplinas biomecánicamente diferentes, los resultados apuntan a un efecto cruzado de la mejora aeróbica general.

En el análisis específico del ciclismo, se observa una correlación negativa fuerte entre  $\Delta VO_2$  en ciclismo y  $\Delta$  economía en ciclismo ( $r = -0.668$ ). Esto indica que, a mayor  $VO_2$ , se registra una peor economía del movimiento, es decir, un mayor costo energético por unidad de trabajo. Este resultado sugiere que un  $VO_2$  elevado no implica necesariamente una mayor eficiencia mecánica, ya que puede reflejar un mayor consumo de oxígeno sin una optimización proporcional del movimiento. Finalmente, la correlación negativa muy fuerte entre  $\Delta$  lactato en ciclismo y  $\Delta$  economía en ciclismo ( $r = -0.791$ ) constituye la asociación más clara y fisiológicamente consistente del análisis. Este hallazgo indica que una mayor acumulación de lactato se relaciona directamente con una peor economía del movimiento en la misma disciplina, reforzando la idea de que el aumento del lactato es un indicador de menor eficiencia metabólica. En conjunto, estas correlaciones, aunque limitadas por el tamaño muestral, aportan información valiosa sobre las interacciones fisiológicas entre disciplinas y respaldan la importancia del enfoque integrador en el entrenamiento multideportivo, particularmente en el triatlón y el cross-training.

El presente estudio evaluó a un grupo de cinco triatletas de entre 35 y 52 años, analizando las

variaciones fisiológicas en consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ), niveles de lactato y economía del movimiento durante las transiciones de natación a ciclismo (T1) y de ciclismo a carrera (T2). Los resultados mostraron tendencias interesantes en cuanto a la relación entre el rendimiento aeróbico, la acumulación de lactato y la eficiencia energética, aunque sin alcanzar significancia estadística debido al tamaño reducido de la muestra. En primer lugar, se observó una correlación positiva moderada entre  $\Delta\text{VO}_2$  en carrera y ciclismo ( $r = 0,611$ ), lo que sugiere que ambas disciplinas comparten adaptaciones aeróbicas. Este hallazgo coincide con lo reportado por Sleivert y Rowlands (1996) quienes resaltan la importancia del  $\text{VO}_2$  máx en triatletas, aunque advierten que su utilidad dentro de grupos relativamente homogéneos es limitada y que la economía de movimiento y el umbral de lactato adquieren un papel decisivo en el rendimiento global.

Por otro lado, los datos indicaron que una mayor capacidad aeróbica en natación se asoció con menor acumulación de lactato en ciclismo ( $r = -0,619$ ) y mejor economía en carrera ( $r = 0,672$ ). Estos resultados sugieren un posible efecto de transferencia entre disciplinas, donde mejoras fisiológicas en natación pueden favorecer la eficiencia metabólica en las etapas posteriores. Este hallazgo es consistente con la visión de Roalstad (1989) quienes destacaron que las interrelaciones entre  $\text{VO}_2$ , lactato y economía son determinantes, pero aún poco comprendidas en triatlón. Nuestros datos aportan evidencia exploratoria en esa línea, aunque limitada por la falta de significancia. En cuanto a la economía del movimiento, las correlaciones más notables se encontraron en ciclismo: mayor  $\text{VO}_2$  se asoció con menor eficiencia ( $r = -0,668$ ) y mayores niveles de lactato con peor economía ( $r = -0,791$ ). Estas tendencias son coherentes

desde un punto de vista fisiológico, ya que un mayor consumo de oxígeno y la acumulación de lactato suelen reflejar un mayor costo energético. En concordancia, estudios recientes sobre triatlón de larga distancia señalan que los triatletas compiten a intensidades elevadas cercanas a sus umbrales, lo que repercute en un incremento progresivo de la fatiga y en una mayor dependencia de la economía para sostener el rendimiento (Dasa, et al. 2024).

Por otro lado, los datos indicaron que una mayor capacidad aeróbica en natación se asoció con menor acumulación de lactato en ciclismo ( $r = -0,619$ ) y con una mejora en la economía del movimiento en carrera ( $r = 0,672$ , correlación positiva moderada-fuerte). Este hallazgo sugiere que cuando el  $\text{VO}_2$  en natación mejora, también lo hace la eficiencia energética en carrera, lo que podría reflejar un efecto de transferencia entre disciplinas (Cushman et al., 2022). Dicho resultado refuerza la idea de que la natación no solo influye en su propio segmento, sino que puede favorecer el rendimiento en la carrera posterior, optimizando la eficiencia global del triatlón. Esta interpretación coincide con lo señalado por Roalstad et al. (1989) sobre la importancia de las interrelaciones entre  $\text{VO}_2$ , lactato y economía, así como con trabajos más recientes como el de Barziokas y Kostikas (2021) que subrayan que la eficiencia puede ser un factor determinante incluso más allá del  $\text{VO}_2$  máx.

Otro aspecto relevante es la influencia de la edad, ya que los participantes pertenecen a un grupo maduro (media de 46 años). Investigaciones previas han demostrado que la edad avanzada puede limitar la capacidad máxima de consumo de oxígeno, aunque en triatlón factores como la economía y la tolerancia al lactato pueden compensar parcialmente este declive (Aoyagi, Ishikura, &

Nabekura, 2021). Esto podría explicar la heterogeneidad observada en los valores individuales, especialmente en los atletas de mayor edad. En conjunto, estos resultados refuerzan la idea de que el rendimiento en triatlón no depende exclusivamente del VO<sub>2</sub> máx, sino de la interacción entre eficiencia mecánica, tolerancia al lactato y adaptaciones aeróbicas específicas de cada disciplina. Así lo sostienen estudios como el de González-Parra et al. (2013) que subrayan que el VO<sub>2</sub> por sí solo no es un predictor absoluto del rendimiento en triatletas, especialmente en contextos de transición y fatiga acumulada. En la tabla 6 se presenta una correlación de las variables analizadas y su interpretación práctica.

**Tabla 6. Correlación de variables e interpretación**

Par de variables	r	Tipo de correlación	Interpretación práctica
$\Delta\text{VO}_2 \text{ Carr} \leftrightarrow \Delta\text{VO}_2 \text{ Cic}$	0,611	Positiva moderada	A mayor VO <sub>2</sub> en carrera, mayor VO <sub>2</sub> en ciclismo (adaptaciones compartidas).
$\Delta\text{VO}_2 \text{ Nat} \leftrightarrow \Delta\text{LacCic}$	- 0,619	Negativa moderada-fuerte	A mayor VO <sub>2</sub> en natación, menor lactato en ciclismo (mejor control metabólico).
$\Delta\text{VO}_2 \text{ Nat} \leftrightarrow \Delta\text{EMCarr}$	0,672	Positiva moderada-fuerte	A mayor VO <sub>2</sub> en natación, mejor economía en carrera (efecto de transferencia).
$\Delta\text{VO}_2 \text{ Cic} \leftrightarrow \Delta\text{EMCic}$	- 0,668	Negativa moderada-fuerte	A mayor VO <sub>2</sub> en ciclismo, peor economía en ciclismo (más costo energético).
$\Delta\text{LacCic} \leftrightarrow \Delta\text{EMCic}$	- 0,791	Negativa fuerte	A mayor lactato en ciclismo, peor economía en ciclismo (menos eficiencia).
$\Delta\text{EMCic} \leftrightarrow \Delta\text{EMCarr}$	- 0,134	Débil negativa / nula	Economía en ciclismo no se relaciona de forma clara con la economía en carrera.

Fuente: Elaboración propia

### Conclusiones

El VO<sub>2</sub> máximo fue más alto en ciclismo y carrera, mientras que la natación se presentó como la disciplina limitante en el grupo evaluado. Los niveles de lactato aumentaron progresivamente de natación a carrera, reflejando la acumulación de fatiga y la mayor exigencia metabólica en la última disciplina. La

economía del movimiento mostró mejores valores en natación y peores en carrera, lo que confirma que el costo energético es más alto en la fase final del triatlón. Las correlaciones más relevantes indicaron que un mayor VO<sub>2</sub> en natación se asocia con mejor economía en carrera ( $r = 0,672$ ), mientras que, en ciclismo, un mayor VO<sub>2</sub> y lactato se relacionaron con peor economía ( $r = -0,668$  y  $r = -0,791$ ). Aunque ninguna relación fue estadísticamente significativa ( $p > 0,05$ ) por el tamaño reducido de la muestra, los resultados son fisiológicamente coherentes y sugieren que la economía del movimiento y la dinámica del lactato son determinantes clave en el rendimiento del triatlón.

### Referencias Bibliográficas

- Aoyagi, A., Ishikura, K., & Nabekura, Y. (2021). Exercise intensity during Olympic-distance triathlon in well-trained age-group athletes: An observational study. *Sports*, 9(18), 1–17. <https://doi.org/10.3390/sports9020018>
- Bartziokas, K., & Kostikas, K. (2021). Lactate dehydrogenase, COVID-19 and mortality. *Journal of Thoracic Disease*, 13(2), 1–37. <https://doi.org/10.21037/jtd-20-3486>
- Bentley, D., Millet, G., Vleck, V., & McNaughton, L. (2002). Specific aspects of contemporary triathlon: Implications for physiological analysis and performance. *Sports Medicine*, 32(6), 345–349. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232060-00001>
- Cushman, D., Dowling, N., Ehn, M., & Kotler, D. (2022). Triathlon considerations. *Current Sports Medicine Reports*, 33(1), 81–90. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000943>
- Dallam, G., Jonas, S., & Miller, T. (2005). Medical considerations in triathlon

- competition. *Sports Medicine*, 35(2), 143–161. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535020-00004>
- Dasa, M., Bu, O., Sandbakk, O., Ronnestad, B., Plasqui, G., Gundersen, H., & Kristoffersen, M. (2024). Training volume and total energy expenditure of an Olympic and Ironman world champion: Approaching the upper limits of human capabilities. *Journal of Applied Physiology*, 137(6), 1535–1540. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00271.2024>
- Fiallos, G. (2021). La correlación de Pearson y el proceso de regresión por el método de mínimos cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491–2511. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.507](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.507)
- González, P. (2013). Maximal oxygen consumption in national elite triathletes that train in high altitude. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2), 342–349. <https://doi.org/10.4100/jhse.2012.82.07>
- Margaritis, I. (1996). Facteurs limitants de la performance en triathlon. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21(1), 1–15. <https://doi.org/10.1139/h96-001>
- Mijo, G., & Vleck, V. (2021). Adaptaciones fisiológicas y biomecánicas a la transición de ciclo a carrera en el triatlón olímpico: Revisión y recomendaciones prácticas para el entrenamiento. *European Journal of Sport Science*, 34(5), 384–390. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1866086>
- O'Toole, M., & Douglas, P. (2015). Applied physiology of triathlon. *Sports Medicine*, 19(4), 251–267. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00003>
- O'Toole, M., & Douglas, P. (2023). Applied physiology of triathlon. *Sports Medicine*, 19(4), 251–267. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519040-00003>
- Roalstad, M. (1989). Physiologic testing of the ultraendurance triathlete. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(2), 200–204. <https://doi.org/10.1249/00005768-198904000-00012>
- Sleivert, G., & Rowlands, D. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Medicine*, 22(1), 8–18. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622010-00002>
- Van Hooren, B., Aagaard, P., & Blazevich, A. (2024). Optimizing resistance training for sprint and endurance athletes: Balancing positive and negative adaptations. *Sports Medicine*, 54(1), 3019–3050. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02110-4>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Patricio Alejandro Paredes Olmedo y Liliana Gabriela Baque Catuto.