

## Efectos de dos modelos de periodización en la curva de lactato y velocidad de nado en nadadores

### Effects of two periodization models on the lactate curve and swimming speed in swimmers

\*César Augusto Mazuera-Quiceno, \*Albeiro Dávila-Grisalez, \*Julio César Isáziga-Flórez, \*Natalia Cardona-Zúñiga,  
\*\*Arsenio Hidalgo-Troya

\*Universidad Unidad Central del Valle del Cauca (Colombia), \*\*Universidad de Nariño (Colombia)

**Resumen.** Este estudio comparó el efecto de dos modelos de periodización, el clásico de Matveev modificado (CMm) y el ATR durante 24 semanas en el desplazamiento de la curva de lactato (CVL) hacia la derecha y la velocidad de nado (VN) (m·s), mediante una investigación cuasi-experimental, CMm ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .54$  años;  $1.65 \pm .12$  m;  $55.00 \pm 8.56$  kg) y ATR ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .44$  años;  $1.73 \pm .05$  m;  $58.00 \pm 4.28$  kg). Para la evaluación de las concentraciones de lactato sanguíneo (CLS) [mmol/L] se emplearon el equipo Biosen S-Line Sport y el test cargas progresivas de 4x400 m en técnica de nado libre. Se evidenciaron diferencias entre los grupos en las VN (m·s) en todas las áreas funcionales (AFS) (Tamaño del efecto (TE) RI TE = 1.5,  $p = .03$ ; RII TE = 1.6,  $p = .03$ ; MVO<sub>2</sub> TE = 1.6,  $p = .04$ ; RC TE = 1.5  $p = .04$ ), pero, no se hallaron diferencias ( $p > .05$ ) en el desplazamiento de CVL entre los grupos. A pesar de no existir diferencias significativas en la CVL se apreció una mejora en las VN (m·s), evidenciando que los nadadores fueron capaces de desarrollar una mayor VN (m·s) sin incrementar las CLS [mmol/L], denotando un aumento de su capacidad aeróbica, lo que implica que ambos modelos tienen el potencial de desplazar la CVL hacia la derecha y mejorar la VN (m·s), a pesar de las diferencias metodológicas de dichos modelos.

**Palabras clave:** curva de lactato, modelo de periodización, Matveev, ATR, natación.

**Abstract.** This study compared the effect of two periodization models, the classic Matveev model is modified (CMm) and the ATR during 24 weeks on the rightward shift of the lactate curve (CVL) and swimming speed (SS) (m·s), through of quasi-experimental research, CMm ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .54$  years;  $1.65 \pm .12$  m;  $55.00 \pm 8.56$  kg) and ATR ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .44$  years;  $1.73 \pm .05$  m;  $58.00 \pm 4.28$  kg). For the lactate blood testing concentrations (CLS) [mmol/L], the Biosen S-Line Sports equipment, and the progressive load test of 4x400 m in the free-swimming technique was used. Differences were found between the groups in VN (m s) in all functional areas (AFS) (Effect size (TE) RI TE = 1.5,  $p = .03$ ; RII TE = 1.6,  $p = .03$ ; MVO<sub>2</sub> ES = 1.6,  $p = .04$ ; RC ES = 1.5,  $p = .04$ ), no differences were found ( $p > .05$ ) in the displacement of CVL between groups. Despite of the absence of significant differences in CVL, an improvement in SS was observed, it shows that swimmers were able to develop a greater SS without increasing CLS, denoting an increase in their aerobic capacity, which implies that both models have the potential to shift CVL to the right and to improve SS despite methodological differences in these models.

**Keywords:** lactate curve; periodization model; Matveev; ATR; swimming.

Fecha recepción: 09-09-22. Fecha de aceptación: 02-07-23

César Augusto Mazuera-Quiceno

cmazuera@uceva.edu.co

## Introducción

La natación modalidad carreras de 400 m técnica de libre es considerada una prueba de media duración que exige a los deportistas juveniles desarrollar su capacidad aeróbica, puesto que permite equilibrar la producción y aclaramiento de lactato, posibilitando mantener una óptima velocidad de nado (VN) (m·s) durante un mayor tiempo (Maglisco, 2009), y la posibilidad de desplazar la curva de lactato (CVL) hacia la derecha, como principal adaptación fisiológica (Navarro Valdivielso, 1998; López Chicharro, Vicente Campos, & Cancino López, 2013). En la natación, el control metabólico del entrenamiento, a partir del manejo de la CVL se convierte en una variable confiable de identificación de las áreas funcionales (AFS) y del análisis del comportamiento del umbral aeróbico y umbral anaeróbico, como factores determinantes del desarrollo de la capacidad aeróbica (Belcher & Pemberton, 2012), manifestación de la resistencia de gran incidencia en el rendimiento de los nadadores (Vasile, 2014).

El logro de adaptaciones en la capacidad aeróbica, que se refleja en la eficiencia del aclaramiento en el lactato sanguíneo, desplazamiento de la CVL y en la VN (m·s) que optimicen el rendimiento deportivo, en pruebas de carácter aeróbico, ha suscitado el planteamiento de diversos modelos

de periodización, como el modelo clásico de Matveev (CM), el modelo de Acumulación, Transformación y Realización (ATR) y la periodización inversa (PI) entre otros, considerados por la comunidad científica del entrenamiento como uno de los factores más importantes en los procesos deportivos, comparados con modelos de entrenamiento que carecen de secuenciación y organización de estructuras a corto, mediano y largo plazo (Stone et al., 2021). La controversia planteada está relacionada con el modelo de periodización más eficiente para el incremento de la capacidad aeróbica, desplazamiento de la CVL hacia la derecha y mejora en la VN (m·s).

Dos modelos de periodización muy utilizados en natación son el CM (Matveev, 1981) y el contemporáneo ATR (Issurin, 2012). El modelo periodización CM en su estructura asocia los tres periodos de un macrociclo de entrenamiento (preparatorio, competitivo y transitorio) con las fases de la forma deportiva, que se sustentan en la teoría del síndrome general de adaptación y en el concepto de supercompensación (Matveev, 1981; Clemente-Suárez et al., 2017). Este se caracteriza por utilizar largas etapas de preparación general en las que predomina el volumen sobre la intensidad de la carga, con una mayor duración que la etapa subsiguiente de preparación especial, respondiendo de esta manera a la posibilidad de acumular gran cantidad de volumen, lo que

permite crear una gran base aeróbica, durante el periodo considerado de capacidad de asimilación de la resistencia aeróbica, en este caso, entre los 13 y 16 años (Platónov, 2015).

Este modelo de periodización propuesto por Matveev es recomendado para deportes de resistencia, por el desarrollo simultáneo de varias capacidades bajo un entrenamiento complejo que evita el uso de cargas concentradas en las primeras etapas de entrenamiento a largo plazo de un nadador (Navarro Valdivielso & Arsenio, 2013), que permite aprovechar las condiciones biológicas óptimas del nadador adolescente para crear una gran base aeróbica (Platónov, 2015). Asimismo, la forma de distribución de las cargas de entrenamiento planteadas en el modelo CM, bajo cargas regulares o diluidas favorecen la progresión y adaptaciones a los volúmenes de carga (Marques Junior, 2020). Así como este modelo tiene sus ventajas, muchos autores contemporáneos consideran que no es apropiada su implementación en deportistas adultos o en etapa de alto rendimiento, por utilizar excesivamente cargas de orientación general, desarrollo simultáneo de varias capacidades y picos de rendimiento de óptima forma deportiva muy limitados, durante una temporada de entrenamiento, que pueden manifestarse en desentrenamiento (Issurin, 2019). Por tal razón, en esta investigación, se adaptó el modelo CM utilizando un desarrollo consecutivo de capacidades, de acuerdo a su efecto residual, a lo que se denominó modelo clásico de Matveev modificado (CMm), claro está, respetando la duración mayor de la etapa de preparación general, característica de los modelos convencionales, en los que se obtienen pocos picos de forma deportiva.

En cuanto al modelo de periodización ATR, es una propuesta contemporánea estructurada en tres bloques, que se caracteriza por trabajar las capacidades motrices, de acuerdo a su efecto residual, respondiendo en su primer bloque de acumulación al desarrollo de la resistencia aeróbica y fuerza máxima, como capacidades de mayor residuo. Seguidamente, en el bloque de transformación se entrenan la fuerza-resistencia, la resistencia-anaeróbica y la resistencia aeróbica-anaeróbica, considerándose este bloque como el que más provoca fatiga. Por último, en el bloque de realización se desarrollan las capacidades de menor efecto residual, en este caso las relacionadas con la vía de los fosfágenos. En síntesis, el modelo ATR se caracteriza por el uso de cargas concentradas de gran especificidad (Issurin, 2019).

Actualmente, los modelos de periodización CM y ATR son los más populares en los procesos de entrenamiento en nadadores de modalidades de media y larga duración. A pesar de la popularidad de estos dos modelos de periodización, son escasos los estudios en los que se compare su efectividad en el desplazamiento de la CVL hacia la derecha y mejora en la VN (m·s), es decir, el efecto en el desarrollo de la capacidad aeróbica del nadador, que se manifiesta en la mejora de las variables fisiológicas de umbral aeróbico y anaeróbico (López Chicharro et al., 2013).

Dichas variables fisiológicas, que representan ciertos niveles de lactato, al desplazarse hacia la derecha y hacia abajo evidencian un incremento de la capacidad aeróbica (Navarro Valdivielso, 1998), que coincide con una mejora

en la VN (m·s), por tanto, el deportista es capaz de nadar más rápido produciendo menores o iguales concentraciones de lactato sanguíneo, implicando una mayor capacidad de aclaramiento (López Chicharro et al., 2013).

Por tal razón, esta investigación tuvo como objetivo comparar el efecto de dos modelos de periodización, el CMm y el ATR, en el desplazamiento de la CVL hacia la derecha y la VN (m·s), en los nadadores de las categorías juveniles A y B del club Orcas de Tuluá, planteándose como hipótesis que el modelo de periodización ATR presenta efectos significativos en el desplazamiento de CVL hacia la derecha y en la VN (m·s).

## Materiales y métodos

### Participantes

Este estudio se realizó con 30 nadadores de sexo masculino, de nivel nacional, que pertenecían a la categoría juvenil, empleando un diseño cuasi-experimental, en el que se contó con dos grupos: el CMm ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .54$  años;  $1.65 \pm .12$  m;  $55.00 \pm 8.56$  kg) y el ATR ( $n = 15$ ) ( $16.00 \pm .44$  años;  $1.73 \pm .05$  m;  $58.00 \pm 4.28$  kg). Como criterios de inclusión se tuvo en cuenta que los nadadores: i) estuvieran inscritos a la Federación Colombiana de Natación y al club Orcas de Tuluá, ii) pertenecieran a la categoría juvenil (15-18 años) y iii) contaran con una experiencia deportiva mínima de siete años en la disciplina de la natación. Por otro lado, como criterios de exclusión se tuvo en cuenta que los nadadores: i) no presentaran ningún tipo de lesiones osteomusculares, ii) enfermedad cardiopulmonar, iii) otitis a repetición o iv) algún tipo de dermatitis. Estos criterios fueron confirmados durante un examen médico preliminar, al inicio de los programas de entrenamiento. Posteriormente, nadadores, padres de familia y entrenador firmaron los formatos de asentimiento y consentimiento informado, conforme a las directrices éticas establecidas por la Resolución de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2013) y lo dispuesto en la Resolución 8430 de octubre 4 de 1993, presentando un riesgo mínimo. De igual forma, la investigación fue aprobada por el Comité de Investigación de la Unidad Central del Valle del Cauca (Acta 1300-50. 2-2021-06).

### Instrumentos

#### Antropometría

Para la medición del peso corporal y la estatura se utilizó una báscula digital de piso 844KL (Health o Meter® Professional Scales, Illinois, USA) y un estadímetro móvil Seca 217 (Seca, Hamburg, Alemania), respectivamente. Las mediciones se realizaron de acuerdo al protocolo estándar de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK (Esparza-Ros, Vaquero-Cristóbal, & Marfell-Jones, 2019).

#### Concentración de lactato sanguíneo

Para medir la CLS [mmol/L] se empleó un Biosen S-Line Sport (EKF-Diagnostik GmbH, Magdeburgo,

Alemania), guantes, agua destilada, lanceta de disparador automático (Accu-check®), capilares de 20 µl, microtubos de ensayo de 1 ml.

#### *Test de cargas progresivas*

Se utilizó el test de cargas progresivas de 4x400 m en técnica de nado libre, que consiste en realizar cuatro repeticiones de 400 m en una piscina de 50 m, a una VN (m·s) que corresponde a ritmos que se asocian con las AFS subaeróbica (RI), supraaeróbica (RII), máximo consumo de oxígeno (MVO<sub>2</sub>) y ritmo de competencia (RC), partiendo de que esta última área funcional (AF) representa el mejor registro del nadador en los 400 m en técnica de nado libre (Savage & Pyne, 2013).

#### *Procedimiento*

Previo al desarrollo del test de cargas progresivas de 4x400 m en técnica de nado libre, se llevó a cabo una reunión con nadadores, padres de familia y entrenador en la cual se explicó la metodología del test, el procedimiento para la toma de la CLS [mmol/L] y el protocolo de los procesos de intervención bajo los modelos de periodización CMm y ATR.

Antes de iniciar el test de cargas progresivas, los nadadores realizaron un calentamiento general fundamentado en la combinación de estiramientos activos y pasivos de corta duración durante 10 min; seguidamente, efectuaron un calentamiento específico de 400 m alternando ejercicios de técnica de patada, brazada y de coordinación en el AF RI y finalizaron con una serie de 200 m progresiva en técnica de nado libre.

Posteriormente, se dio inicio a la primera serie del test, a una velocidad entre el 90 y 92% del mejor registro de cada nadador (AF RI), tomando al finalizar esta serie la muestra de la CLS [mmol/L]. Para ello, se aplicaron todas las normas de bioseguridad, como el uso de guantes, bata y tapabocas, por parte de los evaluadores y, la asepsia local, con agua destilada en el pulpejo del dedo índice de la mano derecha de los deportistas, donde se punzó con una lanceta de disparador automático (Accu-check®) para obtener una muestra de sangre de la segunda gota con un capilar de 20 µL.

A continuación, los nadadores tuvieron un descanso pasivo de 3 min antes de iniciar la segunda serie a una VN (m·s) del 94% del mejor registro (AF RII). En este caso, las muestras de la CLS [mmol/L] fueron tomadas al minuto y a los 3 min de haber terminado la segunda serie, existiendo una pausa entre serie de 5 min, en los que se incluyeron las dos tomas de lactato; la tercer serie fue realizada a una VN (m·s) del 96% del mejor registro del nadador (AF MVO<sub>2</sub>), en la cual se tomaron tres muestras de la CLS [mmol/L] a los 3, 5 y 7 min de haber finalizado la tercera serie, procediendo a un descanso activo de 20 a 30 min, en el cual los nadadores realizaron una serie de 800 a 1000 m en técnica de libre en el AF RI; finalmente, en la cuarta serie los deportistas se exigieron a su mayor VN (m·s) (AF RC), tomándose las muestras de la CLS [mmol/L] a los 3, 5 y 7 min de finalizada la serie.

Por último, para el proceso de análisis, las muestras fueron hemolizadas en microtubos de ensayo de 1 ml y sometidas a un análisis mediante el uso de amperometría

enzimática con el Biosen S-Line Sport (EKF-Diagnostik GmbH, Magdeburgo, Alemania).

#### *Proceso de intervención bajo los modelos de periodización clásico de Matveev modificado y ATR*

Para el diseño del modelo CMm (Figura 1), se estructuró un macrociclo de 24 semanas, en el que la etapa de preparación general abarcó el 60% del periodo preparatorio, priorizando con ello el desarrollo de la resistencia aeróbica de base, en especial, en el entrenamiento del AF RI (62.4% del volumen total planificado) y en el AF RII (12.1%), enfatizando en el desarrollo de pocas capacidades motrices durante esta etapa, que es lo que precisamente caracteriza el modelo de periodización CMm; a diferencia del modelo CM, en el que se realiza un desarrollo simultáneo de varias capacidades en una misma etapa, de allí, que se considere que en este modelo de periodización se utilice un entrenamiento simultáneo. La principal modificación de este modelo CM es precisamente el desarrollo consecutivo de capacidades, de acuerdo a su efecto residual, trabajando específicamente en la etapa de preparación general las AFS RI y RII; mientras que en la etapa de preparación especial se enfatizó en las AFS de MVO<sub>2</sub> y de resistencia láctica (RL).

Lo que se conservó en la metodología del modelo CM fue la larga duración del periodo preparatorio (83.3% del macrociclo). Es importante aclarar, que al analizar el volumen por AF desarrollado en el modelo CMm se puede identificar que el 74.8% del volumen se realizó en el AF RI y en la resistencia a la técnica (RT); mientras que en el AF RII se realizó el 8.2% del volumen total de entrenamiento (km).

Por otra parte, en el caso del modelo de periodización ATR (Figura 2), durante las mismas 24 semanas, se diseñaron dos macrociclos de 13 y 11 semanas, respondiendo a la dinámica de este modelo contemporáneo, que se caracteriza por plantear macrociclos de corta duración que utiliza cargas concentradas, un desarrollo consecutivo de capacidades y la posibilidad de tener dos picos de forma deportiva óptima, a diferencia del modelo CMm, en el que únicamente se planteó un solo pico de forma deportiva óptima. En el caso del primer macrociclo, se propuso un bloque de acumulación de seis semanas, en el que se enfatizó en las AFS RI y RII, respondiendo al bloque que entrenó la resistencia aeróbica, como capacidad de mayor efecto residual; seguidamente, se diseñó un bloque de transformación de cuatro semanas, en el que se entrenaron las AFS MVO<sub>2</sub> y RL, considerado el bloque que más causa fatiga. Para finalizar, en el tercer bloque o mesociclo de realización, de tres semanas de duración se entrenó el AF RC, respondiendo al desarrollo de capacidades con menor efecto residual, de allí, su corta duración, por la pérdida rápida del efecto residual de las manifestaciones relacionadas con la vía metabólica de los fosfágenos. En cuanto al segundo macrociclo, distribuido igualmente en tres bloques, se diferenció del primer macrociclo por la duración del bloque de acumulación que, en este caso, tuvo una duración de cuatro semanas, seguido de un bloque de transformación de cuatro semanas, y finalmente, el bloque de realización de tres semanas.

Periodo	Preparatorio																				Competitivo								
Etapa	Preparación general										Preparación especial										Competición								
Mesociclo	Introductorio					Básico desarrollador					Básico estabilizador					Básico desarrollador					Preparatorio de Control					Competición			
Mes	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio								
Microciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Tipo microciclo	Aj	Aj	C	C	C	Ch	Ch	R	Ch	C	R	CP	R	Ch	Ch	R	Ch	Ap	Ap	R	Ap	Ap	CF	CF					
Contenido	Tec	Tec	RI	RI	RI	RII	RII	RI	RII	RII	RI	Cp	RI	MVO <sub>2</sub>	RL	RI	MVO <sub>2</sub>	MVO <sub>2</sub>	RL	RI	RC	RC	Cf	Cf					
Fecha de inicio y final	4-9	11-16	18-23	25-30	1-7	8-13	15-20	22-27	1-6	8-13	15-20	22-27	29-3	5-10	12-17	19-24	26-1	3-8	10-15	17-22	24-29	31-5	7-12	14-19					
Ses por microciclo	172	7	7	9	9	8	7	9	9	9	7	7	2	3	9	10	7	9	9	8	7	7	7	3	3				
Volumen por microciclo Km	40	45	55	45	45	55	65	45	55	45	35	20	40	45	45	45	50	45	40	40	35	30	15	15					
Compe fundamental																													
Compe preparatorias																													
RT	12.36 %	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	2.0	3.0	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0									
RI	62.41 %	25	27	35	30	30	27	32	32	25	29	20	18.0	34	24	26	27	28	23	22	23	30	26	14	14				
RFA	12.16 %	7.0	10	12	7.0	7.0	7.0	10	5.0	7.0		7.0		3.0	7.0	5.0	5.0	5.0	7	5	5								
RII	8.24 %						13.0	15		15	8.0																		
MVO <sub>2</sub>	1.60 %														6.0			6.0	4.0										
RL	0.30 %															1.0				2.0									
RC	0.30 %																					2.0	1.0						
VMC	2.61 %	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0				

Figura 1. Modelo de periodización clásico de Matveev modificado. Tipos de microciclos: ajuste (Aj); carga (C); choque (Ch); recuperación (R); aproximación (Ap); competencia preparatoria (Cp); competencia fundamental (Cf). Contenido: técnica (Tec); AF subaeróbica (RI); AF supraaeróbica (RII); AF máximo consumo de oxígeno (MVO<sub>2</sub>); AF de resistencia láctica (RL); AF ritmo de competencia (RC); resistencia a la técnica (RT); resistencia de fuerza aeróbica (RFA); velocidad máxima cíclica (VMC).

Macrodiseno	ATR I													ATR II												
Mesociclo	Acumulación				Transformación				Realización					Acumulación				Transformación				Realización				
Mes	Enero			Febrero				Marzo					Abril				Mayo				Junio					
Microciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Tipo microciclo	Aj	Aj	C	C	Ch	R	C	Ch	Ch	R	Ap	Cp	R	C	Ch	Ch	R	C	Ch	Ch	R	Ap	CF	CF		
Contenido	RI	RI	RI	RII	RII	RI	MVO <sub>2</sub>	MVO <sub>2</sub>	RL	RI	RL	RI	RI	RII	RII	RII	RI	MVO <sub>2</sub>	MVO <sub>2</sub>	RL	RI	RC	RI	RI		
Fecha de inicio y final	4-9	11-16	18-23	25-30	1-6	8-13	15-20	22-27	1-7	8-13	15-20	22-27	29-31	5-10	12-17	19-24	26-1	3-8	10-15	17-22	24-29	31-5	7-12	14-19		
Ses por microciclo	172	7	7	9	9	8	7	9	9	9	7	7	2	3	9	10	10	7	9	9	8	7	7	3	3	
Volumen por microciclo Km	40	45	50	60	65	45	55	50	45	40	35	10	35	50	55	65	45	50	45	40	40	30	20	15		
Compe fundamental																										
Compe preparatorias																										
RT	11.55	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0					
RI	55.92	25	27	25	35	35	25	30	24	27	20	20	6.0	27	25	24	30	26	24	21	21	23	25	18	13	
RFA	12.82	7.0	10	12	7.0	7.0	7.0	8	8	6.0	6.0	3.0		5.0	7.0	7.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0					
RII	14.08			5.0	10.0	15	5.0	7.0	5.0	4.0	8.0	6.0			10	16	20	6.0	10	6.0	6.0	6.0				
MVO <sub>2</sub>	223						4.0	7.0										5.0	7.0							
RL	039									2.0											2.0					
RC	0.29										1.0											2				
VMC	2.72	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3	2.0	2.0		

Figura 2. Modelo de periodización ATR. Tipos de microciclos: ajuste (Aj); carga (C); choque (Ch); recuperación (R); aproximación (Ap); competencia preparatoria (Cp); competencia fundamental (Cf). Contenido: técnica (Tec); AF subaeróbica (RI); AF supraaeróbica (RII); AF máximo consumo de oxígeno (MVO<sub>2</sub>); AF de resistencia láctica (RL); AF ritmo de competencia (RC); resistencia a la técnica (RT); resistencia de fuerza aeróbica (RFA); velocidad máxima cíclica (VMC).

### Análisis estadístico

La estadística descriptiva se expresa en media, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo. Se comprobó la normalidad y homogeneidad de las varianzas de los datos utilizando las pruebas Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Al cumplir con los supuestos para pruebas de hipótesis paramétricas ( $p > .05$ ), se realizaron las pruebas de *t Student* para muestras relacionadas e independientes (no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las variables de estudio, entre los grupos, previo a la implementación de los programas ( $p > .05$ ). Así mismo, se calculó el tamaño del efecto (TE) (d Cohen) como las diferencias de medias estandarizadas y se caracterizó como pequeño ( $< 0.2$ ), medio ( $0.2 - 0.8$ ) y grande ( $\geq 0.8$ ). El nivel de significación estadística utilizado para todos los análisis fue de  $p < .05$ . Todos los análisis estadísticos se procesaron

utilizando SPSS 24, software para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) y Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.).

### Resultados

En la tabla 1 se observa que los nadadores que desarrollaron el programa fundamentando en el modelo de periodización de CMm, presentaron una disminución en las CLS [mmol/L] en las AFS RI y RII, mientras que el AF MVO<sub>2</sub> permaneció estable. Por otra parte, los resultados de los nadadores que llevaron a cabo el modelo de periodización ATR evidenciaron una disminución CLS [mmol/L] en cada una de las AFS; no obstante, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > .05$ ) en la CLS [mmol/L], pero sí TE medios y grandes en ambos grupos.

En la tabla 2 se evidencia que la variable VN (m·s) presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < .05$ ) en el AF RC del grupo CMm y un TE medio en cada una de las áreas funcionales. Además, el grupo ATR evidenció diferencias en las AFS RI y RII ( $p < .05$ ) y un TE pequeño en todas las AFS; sin embargo, se puede observar que en ambos modelos de periodización las VN (m·s) mejoraron.

En la tabla 3 se describen los niveles de significancia de las CLS [mmol/L] y las VN (m·s), en las que se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en las VN (m·s) al comparar los resultados del grupo ATR, con respecto al grupo CMm. De igual forma, se hallaron TE grandes en cada una de las AFS. Por el contrario, las CLS [mmol/L] no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 1.

Estadística descriptiva y prueba t student para muestras relacionadas de las concentraciones de lactato sanguíneo

	AF	$\bar{x}$ [mmol/L]		P	d Cohen	M <sub>c</sub>		Mín		Máx	
		Pre	Post			Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
CMm	RI	3.14 ± 1.61	2.52 ± 1.29	.41	0.4	3.3	1.7	1.4	1.6	5.6	4.6
	RII	5.12 ± 3.30	4.16 ± 2.04	.39	0.4	3.8	4.7	2.1	1.9	9.2	6.6
	MVO <sub>2</sub>	6.44 ± 3.16	6.44 ± 1.76	1.00	0.0	7.2	7.1	2.7	4.0	10.8	8.0
	RC	7.64 ± 2.14	9.22 ± 2.71	.06	0.7	7.4	9.8	4.8	5.0	10.7	11.8
ATR	RI	3.04 ± 2.13	1.96 ± .598	.22	0.8	2.4	1.8	.9	1.3	5.4	2.9
	RII	4.64 ± 3.29	3.06 ± 1.17	.34	0.8	4.3	2.7	1.9	2.2	10.1	5.1
	MVO <sub>2</sub>	6.76 ± 3.46	4.86 ± 2.23	.29	0.8	7.3	4.7	2.3	2.6	10.3	8.5
	RC	9.76 ± 2.80	9.56 ± 2.65	.84	0.0	11.4	10.1	5.8	5.4	12.1	12.4

AF = área funcional;  $\bar{x}$  = media; p = significancia estadística; M<sub>c</sub> = mediana; Mín = mínimo; Máx = máximo.

Tabla 2.

Estadística descriptiva y prueba t student para muestras relacionadas de las velocidades de nado

	AF	$\bar{x}$ (m·s)		P	d Cohen	M <sub>c</sub>		Mín		Máx	
		Pre	Post			Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
CMm	RI	1.01 ± .11	1.07 ± .11	.12	0.5	1.02	1.04	.82	.95	1.12	1.24
	RII	1.05 ± .10	1.10 ± .12	.21	0.5	1.05	1.07	.9	.96	1.17	1.27
	MVO <sub>2</sub>	1.08 ± .13	1.15 ± .12	.09	0.6	1.07	1.15	.88	1.01	1.23	1.32
	RC	1.10 ± .15	1.17 ± .14	.03*	0.5	1.05	1.17	.9	1.00	1.27	1.36
ATR	RI	1.18 ± .07	1.21 ± .06	.03*	0.1	1.19	1.24	1.08	1.11	1.27	1.27
	RII	1.22 ± .08	1.27 ± .08	.04*	0.1	1.22	1.32	1.11	1.15	1.33	1.34
	MVO <sub>2</sub>	1.25 ± .08	1.31 ± .07	.08	0.1	1.22	1.34	1.15	1.19	1.37	1.38
	RC	1.28 ± .07	1.34 ± .06	.13	0.1	1.26	1.36	1.19	1.27	1.38	1.41

AF = área funcional;  $\bar{x}$  = media; p = significancia estadística; M<sub>c</sub> = mediana; Mín = mínimo; Máx = máximo; \* p < .05

Tabla 3.

Estadística descriptiva y prueba t student para muestras independientes de las concentraciones de lactato sanguíneo y velocidades de nado

AF	Post CLS [mmol/L]		P	d Cohen	Post VN (m·s)		P	d Cohen
	CMm	ATR			CMm	ATR		
RI		3.04 ± 2.13	.40	0.3	1.07 ± .11	1.21 ± .06	.03*	1.5
RII	4.16 ± 2.04	4.64 ± 3.29	.32	0.2	1.10 ± .12	1.27 ± .08	.03*	1.6
MVO <sub>2</sub>	6.44 ± 1.76	6.76 ± 3.46	.25	0.1	1.15 ± .12	1.31 ± .07	.04*	1.6
RC	9.22 ± 2.71	9.76 ± 2.8	.84	0.2	1.17 ± .14	1.34 ± .06	.04*	1.5

AF = área funcional; p = significancia estadística; \* p &lt; .05

## Discusión

Al comparar los resultados del desplazamiento de la CVL, tanto en el modelo de periodización de CMm como en el modelo ATR se evidenció un desplazamiento de la CVL hacia la derecha, en la parte inferior, en ambos modelos, es decir, se observó un desarrollo de la capacidad aeróbica, lo que permite identificar, en primera instancia, la importancia de analizar el comportamiento de la CVL para evaluar las AFS (López Chicharro et al., 2013), proporcionando a los entrenadores de natación una guía para el análisis del continuum energético durante un ciclo de entrenamiento, lo que brinda un mejor control de la intensidad de entrenamiento en el momento de determinar las VN (m·s) a las que deben trabajar durante su proceso de entrenamiento, de acuerdo al objetivo metabólico pretendido en cada mesociclo o bloque del macrociclo (Belcher & Pemberton, 2012). Dicha curva identifica las CLS [mmol/L], confirmando los planteamientos de Olbretch

(2011), experto a nivel mundial en pruebas de lactato en nadadores, al señalar que el control de las CLS [mmol/L] es un marcador que permite estimar el rendimiento metabólico aeróbico.

El desplazamiento de la CVL hacia la derecha en la parte inferior y la mejora de las VN (m·s), permiten identificar el comportamiento de variables fisiológicas; en este caso, el umbral aeróbico y anaeróbico de los nadadores juveniles, que evidencia el nivel de desarrollo de su capacidad aeróbica (Navarro Valdivielso, 1998; Maglisco, 2009), constatando cómo el entrenamiento de la resistencia aeróbica incrementa la velocidad de aclaramiento (López Chicharro & Vicente Campos, 2017), que se puede corroborar en esta investigación, al identificar cómo los nadadores fueron capaces de nadar más rápido con menores CLS [mmol/L], en las AFS del metabolismo aeróbico (RI y RII) indicando, de esta forma, la eficiencia en la capacidad de aclaramiento de lactato (Brooks, 2020; Donovan & Brooks, 1983; Emhoff et al., 2013; López Chicharro & Vicente Campos, 2017;

Maglischo, 2009; Poole, Rossiter, Brooks, & Gladden, 2021). Cabe señalar que esta adaptación fisiológica está directamente relacionada con el rendimiento de nadadores de medio fondo y fondo (Maglischo, 2009).

La mayor eficiencia de la capacidad aeróbica, que se refleja en el incremento de la VN ( $m \cdot s$ ) con menores CLS [ $mmol/L$ ], sobre todo en las AFS RI y RII responde, en gran medida, a la implementación de un modelo de periodización, que permite el control y variación de etapas de aptitud y regeneración, con el fin de optimizar el rendimiento deportivo (Stone et al., 2021). A pesar de observarse un desplazamiento de la CVL hacia la derecha en la parte inferior, al analizar estadísticamente el comportamiento de la CVL, no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre los modelos de periodización implementados en este estudio.

Por el contrario, en los resultados de las VN ( $m \cdot s$ ) se pudo evidenciar la existencia de diferencias significativas entre el modelo de periodización ATR, con respecto al modelo de periodización CM ( $p < .05$ ), que se manifestó en la mejora de la VN ( $m \cdot s$ ) de los nadadores que realizaron el modelo ATR, lo que permite evidenciar la importancia de periodizar las AFS de acuerdo a su efecto residual de forma consecutiva y concentrada en determinados mesociclos (Issurin, 2012; Issurin, 2019) aclarando, desde luego, que en ambos modelos de periodización más del 90% del volumen de carga correspondió al metabolismo aeróbico (AFS RI y RII), respondiendo, de esta manera, a la favorabilidad que presentan los nadadores de los 13 a los 16 años al incremento del componente aeróbico (Platónov, 2015), que se fundamenta en el entrenamiento con ejercicios de preparación general de carácter aeróbico, corroborando las teorías de Matveev sobre la importancia de crear una base aeróbica para la posterior especialización del deportista (Kruger, 2016).

Con relación a los modelos de periodización implementados en otras investigaciones con nadadores, se pudo identificar que el modelo convencional CM es el más empleado. Al respecto, Ferreira et al. (2019) plantearon un macrociclo de 11 semanas, en el que se identificaron los niveles de lactato y criterios metabólicos. Posteriormente, los mismos autores diseñaron un plan tricíclico de 45 semanas, estructurado en tres macrociclos, en los que se analizó la cinética del lactato sanguíneo y VN (Ferreira et al., 2021). Por otra parte, Tucher, Castro, Garrido y Fernandes, (2019) y Zacca et al. (2020) implementaron un solo macrociclo de 15 y 16 semanas, respectivamente, en el que se analizó el funcionamiento metabólico durante el macrociclo. La duración de los macrociclos en estas investigaciones difiere de la presente investigación, en la que se implementó un macrociclo de 24 semanas, que responde a las características metodológicas de un modelo convencional, que presenta un largo periodo preparatorio (Issurin, 2012; Issurin, 2019).

El otro modelo aplicado en la presente investigación fue el ATR, pero en este caso se estructuraron dos macrociclos de 13 y 11 semanas, respectivamente, respetando la metodología del mismo, que se caracteriza por emplear un

número de semanas reducidas y el uso consecutivo de cargas concentradas, que precisamente, sirve de comparación al modelo CM caracterizado por utilizar un mayor número de semanas, lo que contrasta con la duración de los macrociclos planteados por Ferreira et al. (2019); Ferreira et al. (2021); Tucher et al. (2019) y Zacca et al. (2020), cuya duración responde a modelos contemporáneos que utilizan un limitado número de semanas.

Otro modelo contemporáneo que ha sido comparado con el CM es la PI, al respecto Arroyo Toledo (2011) comparó la incidencia de dos modelos de periodización realizados a un grupo de 25 nadadores de 16 años, de nivel nacional, en los que se analizó la efectividad de la PI y el CM en la velocidad media de nado y en la ejecución del mejor registro en la prueba de 100 m técnica de libre, observándose cómo los nadadores que entrenaron bajo el modelo de PI presentaron diferencias estadísticamente significativas en la VN y registros en la prueba de 100 m técnica de libre, con respecto a los resultados de los nadadores sometidos al modelo de CM ( $p < .05$ ). Como conclusión, el estudio encontró que el programa de 14 semanas del modelo de PI, caracterizado por su bajo volumen e intensidad alta, presentó mayor eficiencia en la prueba de 100 m técnica de libre que el CM, que se fundamenta en el uso cargas voluminosas, pero de intensidad moderada. En este caso, es importante mencionar, que, a diferencia del presente estudio, que estuvo direccionado hacia pruebas de media y larga duración, en la investigación de Arroyo Toledo se enfocó a nadadores de distancias cortas (100 metros), en el que posiblemente la metodología del modelo de PI tiene más incidencia por el predominio de la intensidad.

Igualmente, en otra investigación en la que se compararon los modelos PI y CM, se analizaron los cambios generados en la condición aeróbica de 17 nadadores, con una edad  $18.5 \pm 1.9$  años, distribuidos en dos grupos, utilizando estos dos modelos de periodización, en los que se evaluaron antes y después de la intervención variables como el  $MVO_2$ , la eficiencia de brazada, la frecuencia cardiaca y la percepción subjetiva de esfuerzo al nadar a una intensidad de 4  $mmol/l$  de lactato, encontrándose en los nadadores que utilizaron el modelo de CM una mejora en su eficiencia de brazada, pero disminuyendo su  $MVO_2$ . Por el contrario, los nadadores que se entrenaron bajo el modelo de PI incrementaron el  $MVO_2$ , lo que confirma la mayor eficiencia del modelo de PI realizado durante 10 semanas sobre esta variable fisiológica; sin embargo, se pudo apreciar mayor eficiencia de brazada en los nadadores que realizaron el modelo CM (Clemente-Suárez, Fernández, & de Jesús, 2018).

Un aspecto metodológico en el que hubo diferencias marcadas con la presente investigación fue la distribución de los componentes aeróbico y anaeróbico, apreciándose en los estudios de Ferreira et al. (2019) y Ferreira et al. (2021) niveles del componente anaeróbico entre el 7 y 15% que se incrementaron durante las etapas del macrociclo, mientras que el componente aeróbico fluctuó entre el 85 y 93%, valores que se diferencian con los porcentajes de entrenamiento anaeróbico y aeróbico planteados por Tucher et al.

(2019) en el que el entrenamiento anaeróbico representó del 1.5 al 4.5% del volumen, por su parte, el entrenamiento aeróbico presentó un volumen del 80 al 87%. En la presente investigación, tanto en el modelo ATR como en el CMm el volumen porcentual del entrenamiento aeróbico fue del 94% y 95% respectivamente, mientras que el entrenamiento anaeróbico tuvo un volumen del 3% en ambos modelos.

Uno de los aspectos controvertidos, es la edad seleccionada para los estudios que evalúan niveles CLS [mmol/L] y VN (m·s), en el que se pudo observar rangos de edad diferentes; es así como, en la investigación de Clemente-Suárez et al. (2018) participaron nadadores con una edad de  $18.5 \pm 1.9$ , mientras que en los estudios de Ferreira et al. (2019) y Ferreira et al. (2021) se intervinieron deportistas entre los 9 y 14 años. Por otra parte, Zacca et al. (2020) evaluaron nadadores de 14 años; finalmente, en las investigaciones de Tucher et al. (2019) y Arroyo Toledo (2011) el promedio de edad fue  $15$  y  $16.1 \pm 1.0$  respectivamente. Estas dos últimas investigaciones presentan similitud con la edad de los nadadores seleccionados en la presente investigación. La mayoría de estos estudios corroboran los planteamientos de Platónov (2015), al considerar que un rango de edad entre los 13 y 16 años es un período de gran favorabilidad para el entrenamiento de altos volúmenes de carga, pero además, este período presenta una gran capacidad de asimilación del metabolismo glucolítico (Armstrong, Barker, & McManus, 2017).

### Conclusiones

Al comparar el efecto de los modelos de periodización de entrenamiento ATR y CMm se pudo identificar que ambos modelos desplazarán la CVL hacia la derecha, sin presentar diferencias estadísticamente significativas; no obstante, el desplazamiento fue mayor en el modelo ATR, lo que confirma una mejora de la capacidad aeróbica, que se refleja en un incremento de la VN (m·s). En cuanto a los resultados de las VN (m·s), se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los modelos ATR y CMm. Encontrando un TE grande en cada una de las AFS. Sin embargo, al comparar los resultados intragrupo se pudo evidenciar que ambos grupos incrementaron la VN (m·s), siendo un poco mayor el incremento en el modelo CMm.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los nadadores, padres de familias y entrenadores del club de natación Orcas, por su participación y apoyo al proceso investigativo.

### Referencias

- Armstrong, N., Barker, A., & McManus, A. (2017). Muscle metabolism during exercise. En N. Armstrong, & W. v. Mechelen, *Oxford Textbook of Children's Sport and Exercise Medicine* (pp. 69-87). Oxford : Oxford University Press.
- Arroyo Toledo , J. J. (2011). *Comparación de dos modelos de periodización (tradicional e inversa) sobre el rendimiento en la natación de velocidad*. Tesis doctoral [Universidad de Castilla-La Mancha]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10578/2274>
- Belcher, C. P., & Pemberton, C. L. (2012). The Use of the Blood Lactate Curve to Develop Training Intensity Guidelines for the Sports of Track and Field and Cross-Country. *International Journal of Exercise Science*, 5(2), 148-160. Obtenido de <https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol5/iss2/7/>
- Brooks, G. (2020). Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biology*, 35, 101454. doi:10.1016/j.redox.2020.101454
- Clemente-Suárez , V., Fernandez, R. J., & de Jesus , K. (2018). Do traditional and reverse swimming training periodizations lead to similar aerobic performance improvements? *Journal of Exercise Physiologyonline*, 58(6), 60-67. doi:10.23736/s0022-4707.17.07465-5
- Clemente-Suárez, V. J., Dalamitros, A., Ribeiro, J., Sousa, A., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2017). The effects of two different swimming training periodization on physiological parameters at various exercise intensities. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 425-432. doi:10.1080/17461391.2016.1253775
- Donovan, C. M., & Brooks, G. A. (1983). Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 244(1), E83-E92. doi:10.1152/ajpendo.1983.244.1.E83
- Emhoff, C.-A. W., Messonnier, L. A., Horning, M. A., Fattor, J. A., Carlson, T. J., & Brooks, G. A. (2013). Direct and indirect lactate oxidation in trained and untrained men. *Journal of applied physiology*, 115(6), 829-838. doi:10.1152/jappphysiol.00538.2013.
- Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). *Protocolo internacional para la valoración antropométrica*. Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría, ISAK, 2019.
- Ferreira, S., Carvalho, D., Monteiro, A., Abraldes, J., Vilas-Boas, J., Toubekis, A., & Fernandes, R. (2019). Physiological and Biomechanical Evaluation of a Training Macrocycle in Children Swimmers. *Sport*, 7(3), 57. doi:10.3390/sports7030057
- Ferreira, S., Duarte Carvalho, D., Cardoso, R., Rios, M., Soares, S., Toubekis, A., & Fernandes, R. (2021). Young Swimmers' Middle-Distance Performance Variation within a Training Season. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1010. doi:10.3390/ijerph18031010
- Issurin, V. (2012). *Entrenamiento Deportivo. Periodización en Bloques*. Badalona: Paidotribo.
- Issurin, V. (2019). Biological background of block periodized endurance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(1), 31-39. doi:10.1007/s40279-018-1019-9
- Kruger, A. (2016). From Russia with Love? Sixty years of

- proliferation of L.P. Matveyev's concept of Periodisation? *Staps: Revue internationale des sciences du sport et de l'éducation physique*, 114 (4), 51-59. doi:10.3917/sta.114.0061
- López Chicharro, J., & Vicente Campos, D. (2017). *Umbral Láctico. Bases fisiológicas y aplicación al entrenamiento*. Madrid : Médica Panamericana.
- López Chicharro, J., Vicente Campos , D., & Cancino López, J. (2013). *Fisiología del entrenamiento aeróbico. Una visión integrada*. Madrid : Médica Panamericana.
- Maglischo, E. W. (2009). *Natación. Técnica, entrenamiento y competición*. Badalona : Paidotribo.
- Marques Junior, N. K. (2020). Periodization models used in the current sport. *MOJ Sports Medicine*, 4(1), 27-34. Obtenido de <https://medcraveonline.com/MOJSM/MOJSM-04-00090.pdf>
- Matveev, L. P. (1981). *Fundamentals of Sports Training*. Moscow: Fizkultura i Sport Publishers.
- Navarro , F., & Arsenio, O. (2013). *Natación II: La Natación y su entrenamiento*. Madrid : Gymnos .
- Navarro Valdivielso, F. (1998). *La resistencia*. Madrid : Gymnos.
- Olbrecht, J. (2011). Lactate production and metabolism in swimming. En L. Seifert, & D. Chollet, *World Book of Swimming: From Science to Performance*. Nova Science Publishers.
- Platónov, V. (2015). *Construcción de los procesos de preparación de los deportistas*. Cali: Colección Educación y Pedagogía.
- Poole, D. C., Rossiter, H. B., Brooks, G. A., & Gladden, B. (2021). The Anaerobic Threshold: 50+ Years of Controversy. *The Journal of Physiology*, 599(3), 737-767. doi:<https://doi.org/10.1113/JP279963>
- Savage, B., & Pyne, D. (2013). Physiological Protocols for the Assesment of Athletes in Specific Sport: Swimmers . En R. K. Tanner, & C. Gore, *Physiological Tests for Elite Athletes* (Second ed., pp. 435-448). Lower Mitcham: Human Kinetics.
- Stone, M., Hornsby, W., Haff, G., Andrew, F., Suárez, D., Liu, J., . . . Pierce, K. (2021). Periodization and Block Periodization in Sports: Emphasis on Strength-Power Training-A Provocative and Challenging Narrative. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(8), 2351-2371. doi:10.1519/JSC.0000000000004050
- Tucher, G., Castro, F., Garrido, N., & Fernandes, R. (2019). Monitoring Changes Over a Training Macrocycle in Regional Age-Group Swimmers. *Journal of Human Kinetics* , 69(1), 213-223. doi:10.2478/hukin-2019-0014
- Vasile, L. (2014). Endurance Training in Performance Swimming. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*(117), 232-237. doi:10.1016/j.sbspro.2014.02.206
- Zacca, R., Azevedo, R., Chainok, P., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2020). Monitoring Age-Group Swimmers Over a Training Macrocycle: Energetics, Technique, and Anthropometrics. *Journal of strength and conditioning research*, 34(3), 818–827. doi:10.1519/JSC.0000000000002762