

# VALORACIÓN INDIRECTA DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO A TRAVÉS DE TEST EN EL MEDIO ACUÁTICO

Valuation of the maximum consumption of oxygen through aquatic testing.  
Indirectly through field tests.

Autor:  
Jaime Vásquez Gómez  
Alumno de Pregrado, Escuela de Educación Física,  
Universidad Católica del Maule

## RESUMEN

La capacidad de resistencia se puede valorar de forma directa en un laboratorio analizando los gases producidos en el esfuerzo, también se estima de forma indirecta a través de test de campo. Existen varias pruebas que estiman el  $VO_2$  máx. a través del trote, pero no existe una prueba para el medio acuático en la zona centro-sur de Chile. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es establecer un test para estimar el consumo máximo de oxígeno en estilo crol.

El  $VO_2$  máx. se alcanza entre los tres y seis minutos de esfuerzo siempre a altas intensidades, con ello la frecuencia cardiaca también se eleva a valores altos. En este esfuerzo se necesita una cierta tolerancia al lactato.

El test consiste en recorrer la máxima distancia posible en cinco minutos de nado en estilo crol, y para calcular el  $VO_2$  máx. se establece una fórmula que lo estima en ml/kg/min.

**Palabras claves:** consumo máximo de oxígeno, test indirecto, medio acuático.

## ABSTRACT

The resistance capacity can be valued directly in a laboratory analyzing the gases produced by the effort, it is also estimated indirectly through field tests. There are several tests that estimate the  $VO_2$  máx. through the jogging, but there is not a test for the aquatic field in the central and south zone of Chile. Therefore, the aim of this study is to establish a test to estimate the maximum consumption of oxygen in free style.

The  $VO_2$  máx. is reached between three and six minutes of high intensity effort, so the cardiac frequency also rises up to high values. A certain tolerance to the lactate is needed when doing this effort.

The test consists of reaching the maximum distance in five minutes in free style, and calculating the  $VO_2$  máx. in order to do this, it is established a formula that estimates in ml/kg/min.

**Key words:** maximum consumption of oxygen, indirect test, aquatic field.

## I. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Valorar y evaluar las cualidades condicionales para luego establecer procesos de entrenamiento y de control es una herramienta fundamental para los entrenadores, técnicos deportivos y todo el que tenga que ver con la actividad física y el deporte.

La valoración de las cualidades físicas en el deporte trata de estimar las magnitudes de rendimiento en cuanto a capacidades de los individuos que se someten al ejercicio físico para cumplir con determinados fines deportivos. Así, necesario es saber qué es lo que pretendemos evaluar, con qué objetivo y cual puede ser el aporte trascendental de los parámetros arrojados tras esa valoración.

Es sabido que todas las cualidades físicas son susceptibles de valorar, por lo tanto la capacidad de resistencia no escapa a ello. Una de las mejores formas de valorar esta cualidad condicional es a través de tests que contemplen un volumen e intensidad muy parecido a la prueba específica de competición, es decir, cumpliendo parámetros de tiempo, distancia, factores mecánicos y funcionales de la modalidad deportiva (García Manso y col., 1996). La particularidad del tipo de deporte es primordial para entender la cualidad de resistencia, correr un maratón, 200 kilómetros



en bicicleta o realizar un triatlón son muestras evidentes de la capacidad de resistencia (Navarro Valdivielso, 1998), entendida esta como la capacidad para soportar una carga de manera continua y constante por un periodo prolongado sin aparición de fatiga. Sin embargo, no siempre es aconsejable para el entrenamiento seguir este paradigma de valoración.

En las revisiones bibliográficas se encuentra gran cantidad de test de laboratorio para valorar la capacidad de resistencia, en específico la potencia aeróbica máxima ( $\text{VO}_2$  máx.), lo cual conlleva la tenencia de aparatos especializados para analizar los gases a través de espirometría, que obviamente no están al alcance de todos. Algunos de ellos consisten en respirar dentro de aparatos especiales que recogen el gas espirado para luego analizarlo. Existen actualmente sistemas computarizados que analizan el gas y que brindan información inmediata, también es posible este análisis tras varios minutos de haber terminado el esfuerzo para luego calcular el volumen de oxígeno consumido en la actividad por extrapolación de valores (Navarro Valdivielso, 1998). Los tests aplicados utilizan ejercicios que involucran grandes grupos musculares, con volumen e intensidad adecuada, para conseguir energía suficiente por medio de la vía aeróbica, todo puede ser medido en un laboratorio de fisiología a través del intercambio de gases (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006). Esto traería como consecuencia una considerable inversión en esta maquinaria junto con la debida especialización en su funcionamiento, así como el respectivo conocimiento sobre los parámetros físicos, anatómicos, fisiológicos, etc. que se ven involucrados.

Otra posibilidad de estimar el consumo de oxígeno es a través de formas indirectas, son tales las pruebas que no necesitan de un analizador de gases para estimar el consumo máximo de oxígeno, y que son mediadas por test de campo, los cuales son aplicables en diversas disciplinas. Estos tests estiman el consumo de oxígeno por medio de ecuaciones que tienen en cuenta el tiempo de ejecución del esfuerzo entre otros parámetros, que a su vez poseen un error estándar en el cálculo (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006). Por ejemplo, para estimar el volumen de oxígeno máximo en los futbolistas el test de Navette puede ser adecuado, por sus características de cargas aeróbicas y anaeróbicas, o para un corredor de medio fondo el test más adecuado podría ser la carrera sobre los 12 minutos (test de Cooper) por la similitud de carga constante. Otros son la distancia sobre la milla, distancia sobre los 1500 metros, el test de la Universidad de Montreal, etc.

Un hecho, casi obvio, es que todas las pruebas anteriormente nombradas se ejecutan

por medio de la carrera o trote, que es la forma de locomoción que está presente en la mayoría de las disciplinas deportivas, pero la dificultad surge para los atletas que desarrollan su actividad en medios distintos que no involucran el desplazamiento con los pies contactando el suelo. Entonces, ¿qué hay para los ciclistas o nadadores, sabiendo que si los sacamos de su medio, las valoraciones de consumo de oxígeno que se podrían estimar con pruebas de campo se dispararán y no se relacionan con la realidad que pudiera mostrar un método de laboratorio.

La experiencia en la Cátedra de Natación perteneciente a la carrera de Pedagogía en Educación Física de la Universidad Católica del Maule (Talca, Chile) profundiza sobre esta disciplina deportiva, sobre metodologías de aprendizaje de la natación para su iniciación y sobre los cuatro estilos de nado, con conocimientos sobre el reglamento de las competencias. Pero en relación a los aspectos referentes al entrenamiento no se presenta mucha información (y que es plausible, pues se trata de una pedagogía), en torno a la determinación del consumo de oxígeno característico del nadador, lamentablemente no se tiene referencia sobre el consumo máximo de oxígeno de los nadadores fondistas y medio fondistas de la universidad y de gran parte del país evaluados por medio de test específicos para esta modalidad deportiva. Ante esto, el objetivo del estudio es establecer un test que estime el consumo máximo de oxígeno por medio del nado crol y aplicar una fórmula para calcular dicho parámetro del sistema transportador de oxígeno.

## II. DESARROLLO

### 2.1. Perspectiva teórica sobre esfuerzos físicos para alcanzar el consumo máximo de oxígeno

Toda actividad metabólica que esté por sobre los niveles del reposo aumentará el consumo de oxígeno, por lo cual ante intensidades mayores de esfuerzo mayor será el consumo. Sin embargo, si el deportista alcanza su máximo consumo y aún puede aumentar la intensidad, esta situación lineal se pierde y el consumo no aumenta, si no que se presenta una meseta en la curva. Así, ante todo es posible asignar a una intensidad de esfuerzo su respectivo  $\text{VO}_2$  máx.

El volumen de oxígeno se adapta a las intensidades constantes de ejercicio para luego lograr estabilizarse, siempre dependiendo de la intensidad (ligero, medio, alto, sub-máximo, máximo). En cada condición de esfuerzo se establece una respuesta rápida seguida de un aumento de  $\text{VO}_2$  máx. hasta alcanzar un valor constante y estable. Durante la ejecución de



ejercicios constantes que se desarrollen por debajo del umbral láctico, el  $VO_2$  máx. aumenta hasta alcanzar un estado estable aproximadamente a los tres minutos, en cambio para esfuerzos constantes por encima de dicho umbral hay un efecto retardado, al cual lo precede un aumento del consumo de oxígeno casi en valores límite (95-100%) para luego estabilizarse entre los 10 y 15 minutos de duración (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006).

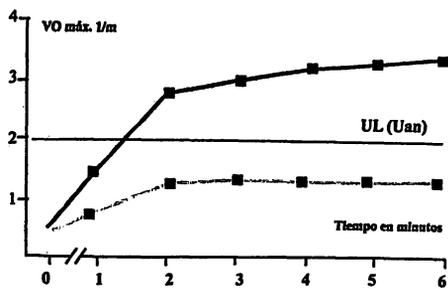


Figura 1.- Consumo de oxígeno durante un ejercicio de carga constante por encima y por debajo del umbral anaeróbico (Uan).

Llegando al tercer minuto de esfuerzo siempre por sobre el umbral anaeróbico se alcanza el consumo máximo de oxígeno, para aumentar lentamente hasta aproximadamente los seis minutos del esfuerzo (Adaptado de López Chicharro, 2006).

La vía energética aeróbica es la que abastece fundamentalmente los esfuerzos de varios minutos a ritmo constante. La relación entre la potencia desarrollada en el nado y el consumo de oxígeno es casi lineal en cuanto a la intensidad desarrollada para una duración de cinco a seis minutos de esfuerzo (Navarro Valdivielso, 1998). Entre más breve el tiempo de desarrollo de una actividad, mayor será la potencia y más rápido el requerimiento de energía. La potencia aeróbica máxima ( $VO_2$  máx..) es la condición energética más requerida en esfuerzos de alta intensidad con duraciones sobre los tres minutos (Fox y Bowers, 1995).

El tiempo para alcanzar el volumen máximo de oxígeno está comprendido entre una duración de tres a seis minutos siempre a altas intensidades, así este rango de tiempo se ajusta mejor para un menor volumen, sin embargo para pruebas de media duración que se prolonguen hasta 10 minutos es más conveniente estimar la capacidad para mantener un consumo de oxígeno elevado, por debajo el umbral láctico (Navarro Valdivielso, 1998).

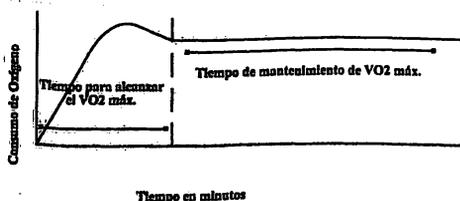


Figura 2.- Criterios de medida en relación al consumo máximo de oxígeno

En una primera etapa el  $VO_2$  máx. llega a un valor cercano al 95-100%, elevándose también la frecuencia cardíaca a valores similares. Luego el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca se mantienen en porcentajes más bajos (Adaptado de Navarro Valdivielso, 1998).

El aumento en el consumo de oxígeno llega a su tope máximo cerca de los tres minutos de duración a una intensidad alta y constante para luego nivelarse hasta por cerca de los seis minutos de esfuerzo. Esta meseta puede denominarse estado estacionario de consumo de oxígeno y, sucede que en este estado, cuanto mayor consumo de oxígeno tenga un nadador, más tardará en alcanzar esta condición, que obviamente está supeditado al nivel del deportista (Fox y Bowers, 1995).

En pruebas incrementales de carga el deportista no puede continuar por agotamiento cuando ha alcanzado su máximo consumo de oxígeno, este agotamiento comienza a hacerse latente luego de los cinco minutos de esfuerzo (Fox y Bowers, 1995).

En cuanto a porcentaje preponderante de suministro energético, entre los 60 y 90 segundos empieza a cobrar mayor relevancia la vía aeróbica, alcanzando su máxima expresión a los 3 minutos (Navarro Valdivielso, 1998). La vía aeróbica no abastece por completo de energía al organismo en trabajos de gran potencia, pero su capacidad energética es superlativa debido a las reservas considerables de hidratos de carbono. En cambio, en esfuerzos de corta duración y de máxima intensidad tiene poca preponderancia abastecedora, debido a su papel transportador de oxígeno.

El mecanismo aeróbico, por una parte, aporta oxígeno a las células diana, y además es importante el aprovechamiento que se hace de este oxígeno a nivel celular, primero por la mioglobina y luego por las enzimas oxidativas de las crestas mitocondriales.

Se debe recordar que el consumo máximo de oxígeno, entendido como la capacidad para poder captar, transportar y utilizar el oxígeno por unidad de tiempo, es influenciado por varios factores, ya sea por aspectos ventilatorios como la permeabilidad de la vía aérea, la ventilación minuto, conformada por el volumen corriente y la frecuencia de respiración, la difusión alveolo-capilar de oxígeno, siendo importantísima la superficie total para esta difusión, etc. También se condiciona por parámetros cardiocirculatorios como el gasto cardíaco o volumen minuto (volumen sistólico y frecuencia cardíaca), la diferencia arterio-venosa de oxígeno, etc. (Fox y Bowers, 1995). En este último aspecto cabe señalar que el gasto cardíaco aumenta durante la ejecución del ejercicio, cuando aumenta la intensidad del mismo. Sin embargo esta proporción lineal gasto cardíaco-intensidad se mantiene hasta aproximadamente el 70 % del ejercicio máximo, a intensidades mayores va a ser relevante la frecuencia cardíaca o el volumen sistólico dependiendo de las capacidades propias del deportista, pero generalmente tiende a estabilizarse.



Además de estos factores centrales se agregan factores periféricos como la masa mitocondrial o la densidad capilar (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006). Además se debe considerar el nivel del deportista, años de práctica, prueba específica, etc.

El tipo de pruebas de natación que bordeen los cinco minutos de duración, se les puede caracterizar como pruebas de resistencia a la velocidad, las cuales provocan una fatiga por los cúmulos, como producto, del metabolismo anaeróbico. Esta resistencia de velocidad, la cual es una de las capacidades biomotoras, se caracteriza por la tolerancia a la fatiga de esfuerzos que se ejecutan a velocidades submáximas y máximas, teniendo como los procesos fisiológicos más importantes la potencia y capacidad anaeróbica láctica y la potencia aeróbica. Estas vías energéticas están presentes en la obtención del máximo consumo de oxígeno, que, recordemos, se establece entre los 3 y los 6 minutos aproximadamente.

Establecidos estos criterios para alcanzar el consumo máximo de oxígeno en relación a la intensidad de ejecución y al tiempo de duración, no menos importante es el metabolismo que tiene el organismo durante este tipo de esfuerzos, pues la homeostásis celular se ve alterada. Teniendo en cuenta que, para esfuerzos cercanos a los cinco minutos de duración a altas intensidades, se debe alcanzar un alto consumo de oxígeno, también se debe tener una cierta tolerancia al lactato ya que la glicólisis anaeróbica también está presente en este tipo de estímulo (Navarro Valdivielso, 1998).

Tabla 1.- Delimitación de resistencia para esfuerzos de 5 a 8 minutos a altas intensidades en función de la intensidad de la carga y vías energéticas involucradas (Adaptado de Navarro Valdivielso, 1998).

Indicador	Esfuerzos con duración de 2' - 8'
Intensidad de la carga	Máxima
Frecuencia cardíaca (p/m)	190 - 210
% VO2 máx.	95 - 100
Lactato (mmol/l)	12.2
Consumo energético (kcal.)	60
Vía energética	Aeróbica / anaeróbica
Anaeróbica	50 : 50
% Alactácido	0 - 5
% Lactácido	40 - 55
% Aeróbico (HC)	40 - 60
% Aeróbico (grasas)	-
Degradación de glucógeno (% muscular)	20
Glicólisis (lactato mmol/l)	20
Proteólisis (alanina mmol/l)	500
Urea ( $\Delta$ mmol/l)	1
Cortisol ( $\mu$ mmol/l)	400
Sustrato energético principal	Glucógeno muscular

La potencia y la capacidad de las vías energéticas tienen duraciones definidas según el tiempo de ejecución. Partiendo por la vía anaeróbica, en su característica láctica, la máxima liberación de energía (potencia) va desde los treinta segundos hasta el minuto y medio de duración, y la capacidad (duración de la acción) tiene una duración que va desde los treinta segundos hasta los cinco minutos

(siempre a altas intensidades), teniendo una iniciación o punto de formación que se establece entre los 15 y 20 segundos. Este sistema anaeróbico láctico se limita por la formación de lactato como producto final, no por el agotamiento del glucógeno muscular ya que este es el sustrato principal para producir la energía aeróbica y anaeróbica necesaria para este tipo de esfuerzos, sin embargo se utiliza, pero no se agota por completo debido al poco tiempo de duración. El PH elaborado (aumento en la acidez) inhibe la glicólisis ya que el calcio no se encuentra en cantidades suficientes para activar las proteínas contráctiles de la sarcómera (troponina, tropomiosina, etc.). La concentración de lactato a nivel intramuscular es media (8-12 mmol/l de sangre), inclusive llegando a 11 mmol/l de sangre en nadadores de alto nivel que en estilo crol alcanzan 400 metros de recorrido a altas intensidades (García Manso y col., 1996), y el PH cae a un valor cercano a 6.3 inhibiendo la PFK para interrumpir la formación de ATP y disminuir el rendimiento. De esta forma se ratifica que se debe tener tolerancia al lactato en esfuerzos de alta intensidad con duraciones sobre los tres minutos y para alcanzar el consumo máximo de oxígeno, apoyándose en la capacidad tampón de las células y de la sangre. Se debe recordar que las tres fuentes de energía están funcionando casi al máximo de sus posibilidades, y que sólo en el caso de los esfuerzos que se encuentran en los extremos del continuo energético (fosfágenos de alta energía y aeróbico) el sistema del ácido láctico aporta parte del ATP necesario (Fox y Bowers, 1995). Aquí es más relevante la amortiguación del lactato que la potencia láctica (producción), pues la glicólisis en su máxima producción (100%) no se puede mantener más allá de los cuatro minutos (Navarro Valdivielso, 1998).

Por su parte, la vía energética aeróbica tiene un tiempo de formación entre los 90 y 180 segundos, manifestándose la potencia aeróbica (VO<sub>2</sub> máx.) entre los 2-3 y 5-6 minutos. La capacidad aeróbica puede abarcar varias horas. Este continuo energético se presenta según la interacción de una vía de energía con otra tomando en cuenta la intensidad y duración de los esfuerzos, así la sucesión de combustible para los estímulos, según preponderancia, es: Área 1) Sistema del ATP-CP, Área 2) Sistema ATP-CP y del ácido láctico, Área 3) Sistema del ácido láctico y del oxígeno y, Área 4) Sistema del oxígeno (Fox y Bowers, 1995).

En cuanto al tipo de fibras y al porcentaje de las mismas que se necesita para pruebas de resistencia de velocidad se estima que estas están en un 60 a 70 % de fibras ST y de un 30 a 40 % de fibras FT. Es necesario para obtener un elevado consumo de oxígeno un mayor porcentaje de fibras de contracción lenta que trabajen aeróbicamente. Pero hay que tener en



cuenta que puede existir mayor o menor resistencia al avance por efecto del agua que podría incidir en la hipertrofia de la fibra muscular, por tanto sus fibras serán de mayor calibre en relación a fibras de deportistas que ejecuten esfuerzos de más duración. Esta adaptación hipertrófica corresponde a la activación del metabolismo aeróbico (potencia) y anaeróbico (potencia y capacidad láctica) (Navarro Valdivielso, 1998).

## 2.2 Valoración indirecta del VO<sub>2</sub> máx. en el medio acuático

El consumo de oxígeno puede expresarse de diferentes formas, generalmente en litros por minuto (L/m) o mililitros por kilogramo de peso y por minuto (ml/kg/min). Cuando se representa en L/m se está tomando un valor absoluto, es decir, no se considera el peso en kilogramos del nadador, en cambio cuando se expresa en ml/kg/min se toma en cuenta este último parámetro, volviéndose un valor relativo. Así, se puede hacer comparaciones de rendimiento según el peso en kilogramos del nadador. Por ejemplo, un nadador (A) en términos absolutos tiene un consumo de 4.8 L/m y pesa 80 kilogramos, y otro (B) pesa 45 kilogramos y tiene 3.2 L/m de VO<sub>2</sub> máx. En términos relativos sus consumos serían:

- (A) VO<sub>2</sub> máx. = (4.8 L/m \* 1000 ml/L) / 80 kg = 60 ml/kg/min  
 (B) VO<sub>2</sub> máx. = (3.2 L/m \* 1000 ml/L) / 45 kg = 71 ml/kg/min  
 (Fox y Bowers, 1995).

En términos relativos el nadador (B) posee mayor consumo de oxígeno, pero se considera que el nadador (A) mueve más masa.

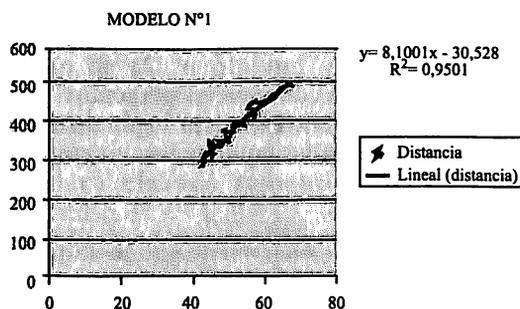
La valoración de la capacidad de resistencia de los nadadores(as) es más conveniente hacerla en términos relativos, pues sabemos que el consumo de oxígeno tiene mucha relación con la musculatura implicada en el esfuerzo. Así, los deportistas que tienen más masa muscular presentan valores absolutos elevados en L/m, pero sus valores relativos son medios. Al contrario, los que tienen bajo porcentaje de masa muscular presentan bajos valores absolutos, sin embargo sus valores relativos son elevados, como acabamos de ver (Navarro Valdivielso, 1998).

Los nadadores de fondo y medio fondo presentan valores medios de 68.2 ml/kg/min y valores extremos de 60.4 a 77.2 ml/kg/min de VO<sub>2</sub> máx. (Navarro Valdivielso, 1998). Según otros indicadores, los valores para nadadores de fondo están alrededor de los 62 ml/kg/min en cuanto a consumo de oxígeno (García Manso y col., 1996). Evidencias de laboratorio señalan niveles de VO<sub>2</sub> máx. para diversos atletas; los

nadadores presentan valores muy cercanos a 70 y las nadadoras cercanos a 55 ml/kg/min (Fox y Bower, 1995). Valores típicos de consumo de oxígeno para nadadores se registran entre 60 y 70 ml/kg/min (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006).

Una manera de estimar el consumo de oxígeno en nadadores de forma indirecta es por medio de un test de nado (como el de nado crol sobre 5 minutos, que se expone más adelante) para obtener las distancias recorridas, y un test en cicloergómetro aplicado a los mismos nadadores, dos días después, para calcular el consumo máximo de oxígeno. Así, se obtienen dos variables: distancia recorrida en metros y VO<sub>2</sub> máx. (ml/kg/min). Lo importante es que con estos valores se obtenga una alta correlación para que la fórmula establecida tenga un alto valor de extrapolación, la cual se utilizará para la estimación de los dos valores establecidos (Navarro Valdivielso, 2007).

De forma teórica un nadador que realice cerca de 350 metros en el test de nado crol sobre el tiempo de 5 minutos, se estima que puede tener un consumo máximo de oxígeno cercano a 42 ml/kg/min en un test de cicloergómetro (Navarro Valdivielso, 2007).



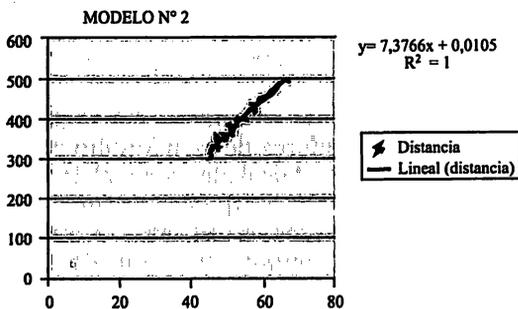
VO <sub>2</sub> máx. ml/kg/min	Distancia en metros
67.3	500
57	420
44.8	345
42.7	300
53.3	400
56.7	450
45	325
47	350
50.9	389
48.8	378
50	356
58.5	450
56	432

Figura 3.- Estimación teórica de la distancia obtenida en test de cinco minutos de nado crol y el VO<sub>2</sub> máx (ml/kg/min) en prueba de cicloergómetro.

En el eje de abscisas está determinado el consumo de oxígeno en prueba de cicloergómetro, y en las ordenadas la distancia alcanzada en el test de cinco minutos (Adaptado de Navarro Valdivielso, 2007).

Así, tomando como referencia los valores que brindan los diversos autores citados anteriormente, se establece que para una distancia de 500 metros alcanzada en el test de los 5 minutos (propio de un nadador de nivel)

el consumo máximo de oxígeno sería de 67.78 ml/kg/min.



VO2 máx. ml/kg/min	Distancia en metros
62,36	460
47,17	348
53,68	396
60,19	444
45,01	332
64,53	476
49,34	364
55,85	412
42,84	316
58,02	428
51,51	380
40,67	300
67,78	500

Figura 4.- Valores teóricos estimados para distancia en metros y VO2 máx. (ml/kg/min) en el test de 5 minutos de nado crol.

En el eje de las abscisas se presenta el consumo de oxígeno en el test de cinco minutos. En las ordenadas la distancia alcanzada en dicho test.

De los dos modelos teóricos propuestos (modelo nº 1 y modelo nº 2) se puede desprender que las diferencias porcentuales de consumo de oxígeno estimado según distancia alcanzada, tanto altas como bajas, no van más allá del 5%.

Tabla 2.- Diferencia porcentual entre modelos para la estimación indirecta del consumo máximo de oxígeno en ml/kg/min según distancia recorrida

Modelo N° 1	Modelo N° 1	VO2 máx. ml/kg/min	Modelo N° 2	Modelo N° 2
Distancia en mtrs.	VO2 máx. ml/kg/min	Diferencia en %	VO2 máx. ml/kg/min	Diferencia en mtrs.
200	28,468	-4,97	27,111	200
220	30,929	-3,7	29,823	220
240	33,398	-2,65	32,534	240
260	35,867	-1,76	35,245	260
280	38,336	-1	37,956	280
300	40,805	-0,33	40,668	300
311	42,169	-0,01	42,159	311
320	43,275	0,24	43,379	320
340	45,774	0,75	46,09	340
360	48,213	1,20	48,802	360
380	50,682	1,61	51,513	380
400	53,151	1,97	54,224	400
420	55,62	2,31	56,935	420
440	58,089	2,61	59,647	440
460	60,558	2,88	62,358	460
480	63,027	3,13	65,069	480
500	65,496	3,36	67,780	500

El modelo N° 1 hace referencia a la estimación indirecta del consumo de oxígeno propuesto por Navarro Valdivielso, y el modelo N° 2 se refiere a la estimulación del estudio.

Alrededor de los 315 metros y por debajo de esta distancia el cálculo de consumo de oxígeno es menor por parte del modelo N° 2, por esa razón se presenta en valores negativos. Además, obsérvese que a la distancia alcanzada de 311 metros la diferencia porcentual es cercana a cero.

Las variables que se involucraron para predecir el consumo de oxígeno en términos relativos son la distancia en metros recorrida por el nadador, el peso corporal en kilogramos, la frecuencia cardíaca final del esfuerzo y la edad. Esta última servirá para determinar el

nivel de los nadadores según una tabla de clasificación (ver más adelante).

### 2.2.1 Test sobre los 5 minutos de nado crol

El test para la valoración de la capacidad de resistencia en nado que se presenta a continuación puede ser administrado fácilmente y sin demasiado material de apoyo.

El test consiste en recorrer la mayor distancia en nado crol durante cinco (5) minutos de forma continua y uniforme, en el cual, al finalizar, se debe registrar la frecuencia cardíaca (en 6 segundos) arrojada por el nadador(a), y a su vez anotar la distancia recorrida en metros.

En esta prueba de resistencia, se exige la máxima utilización de oxígeno (potencia aeróbica máxima), y, durante este esfuerzo se exigirá, asimismo, una cierta tolerancia al lactato. Se debe animar al nadador de forma constante para que haga su máximo esfuerzo.

### 2.2.2 Protocolo de ejecución

- Registrar el peso corporal en kilogramos del nadador
- Calentamiento general de 5 minutos a base de elongaciones y movilidad articular
- Calentamiento específico de 5 minutos a intensidad media – baja en nado crol
- Se inicia el test desde parado junto a la pared de salida de la piscina (en el agua)
- A la señal acústica (silbato) comienza a andar el cronómetro
- No se permite vueltas olímpicas, solo tocar la pared y continuar
- El test termina a la señal acústica (silbato)

### 2.2.3 Fórmula para estimar el consumo máximo de oxígeno

Para nadadores y nadadoras se establece la siguiente fórmula para estimar el consumo máximo de oxígeno:  $(\text{Distancia en metros} - 0.0105) / 7.3766 = \text{VO}_2 \text{ máx. (ml/kg/min)}$ . Como alternativa se ofrece la siguiente:  $(\text{Distancia en metros} - 9.89) / 7.23 = \text{VO}_2 \text{ máx. (ml/kg/min)}$ , esta última se acerca bastante a los valores ofrecidos por la primera (para las predicciones de consumo de oxígeno que se presentan posteriormente se utiliza la primera fórmula señalada).

### 2.3 Resultados obtenidos tras la aplicación del test

Aquí se da a conocer los valores de consumo de oxígeno tras la aplicación del test de nado crol de cinco minutos de esfuerzo. Los datos fueron recogidos según el desempeño que tuvieron los distintos nadadores al ejecutar el test, este desempeño tuvo valores en relación a la distancia alcanzada en metros y a la



frecuencia cardíaca al finalizar la prueba, además del peso corporal en kilogramos. Así, se vio la variabilidad de los valores de consumo de oxígeno arrojados por los nadadores según la fórmula establecida para estimarlo, demostrando que es plausible su aplicación de cálculo.

Para la recolección de los datos no se sometió a los nadadores a un programa de entrenamiento previo para que arrojaran niveles de consumo de oxígenos determinados (altos, medios o bajos). La variable de consumo máximo de oxígeno ya estaba presente en ellos, es decir, ya había ocurrido y se presentó en el momento determinado de aplicación del test, pues los nadadores pertenecían a un cierto nivel o grupo por autoselección. Así, solamente se observó una realidad y se recogió los datos en un momento dado en el tiempo.

Tras la recolección de datos, del nivel de consumo de oxígeno máximo, se pudo clasificar y describir a cada nadador dentro de una categoría según edad, género, VO<sub>2</sub> máx. (ml/kg/min) y distancia recorrida en metros.

Los nadadores que rinden este test pertenecen a la selección de natación de la Universidad Católica del Maule y a la Cátedra de Natación de la Carrera de Pedagogía en Educación Física de la misma casa de estudios. Todos los nadadores que cumplían con esta condición, era susceptible aplicarles el test de nado, aunque no existió un porcentaje determinado para ambos grupos en la elección de los nadadores. Sin embargo se trató, por razones obvias, que la mayor cantidad de nadadores pertenecieran a la selección de natación de la universidad. No todos tenían la misma probabilidad de ser elegidos para rendir el test (por no asistir el día de la prueba o por no querer rendirlo). En el caso de los nadadores de la Cátedra de Natación, tampoco todos tenían la misma probabilidad de ser elegidos, los que rindieron el test cumplían con las siguientes características: ser de los alumnos que realizaban los 200 y 400 metros crol en un tiempo cercano a los 4 y 8 minutos respectivamente (como requisitos establecidos en la Cátedra de Natación), siempre y cuando tuvieran tiempo y disponibilidad para aplicarles el test. La decisión de quienes podrían rendir la prueba se apoya en los aportes del investigador (Hernández Sampieri y col., 2003).

La población total de la selección de la universidad corresponde aproximadamente a 20 nadadores de distinto nivel y edad, y de disímiles años de práctica de la disciplina, con diferentes especialidades y pruebas específicas, y prevalencia de varones por sobre mujeres. El número se estableció de forma aproximada ya que el ingreso y pertenencia a la selección no tiene una vía formal establecida. En una primera

instancia el test fue aplicado sólo a nadadores de la selección, 14 varones y 5 damas sin considerar el tipo de prueba específica de cada nadador, lo importante fue cumplir los protocolos de ejecución. Esta primera aplicación se llevó a cabo el 12 de noviembre del 2007.

En la segunda oportunidad se evaluó a 11 varones y 4 damas, el 21 de noviembre de 2007. La mayoría de los nadadores(as) que rindió el test en la primera ocasión se repitió en la segunda oportunidad.

En los días 10 y 14 de diciembre de 2007 se hizo una tercera y cuarta aplicación del test, pero en estas ocasiones los nadadores pertenecían a la Cátedra de Natación de la carrera de Pedagogía en Educación Física, con un total de 5 varones, tres en la primera ocasión y dos en la segunda. Estos estudiantes no eran especialistas en ninguna prueba específica de la disciplina, ni años de práctica de entrenamiento, sólo practicaban de manera recreativa y como parte de la malla curricular.

La aplicación del test se realizó en la piscina temperada de la Universidad Católica del Maule, de 25 metros y de 7 pistas a disposición de un total de 8. Los horarios de aplicación del test fueron en las horas de práctica de la selección, es decir, de 13:00 a 14:30 horas, y para los alumnos de la Cátedra de Natación de 14:30 a 15:30 horas.

De las aplicaciones del test se tomó para el reporte todos los datos de nadadores(as) que cumplían o no con los parámetros de frecuencia cardíaca elevada registrada al final del esfuerzo...

Tabla 3.- Valores de consumo de oxígeno según distancia alcanzada en el test de cinco minutos de nado crol.

N°	Fecha test	Género	Peso Kg.	Distancia mts.	FC final p/m	VO <sub>2</sub> máx. ml/kg/min	VO <sub>2</sub> máx. l/m
1	21/11/2007	Varón *	62.5	421	180	57.071	3.567
2	21/11/2007	Varón *	67.5	352	150	49.757	3.221
3	21/11/2007	Varón **	78	295	190	59.690	3.119
4	21/11/2007	Varón *	78.5	375	170	50.835	3.291
5	21/11/2007	Varón *	68.8	350	160	47.446	3.264
6	21/11/2007	Varón *	57.8	322	180	43.650	2.523
7	21/11/2007	Varón *	58.8	310	190	42.073	2.454
8	21/11/2007	Dama *	51.3	293	140	39.719	2.038
9	21/11/2007	Dama *	52.5	275	200	37.279	1.947
10	21/11/2007	Dama *	64.5	362	170	49.750	3.202
11	21/11/2007	Varón **	81	385	170	52.191	4.227
12	10/12/2007	Varón **	68	245	190	33.212	2.258
13	11/12/2007	Varón **	75	271	180	36.736	2.755
14	12/12/2007	Varón **	64.4	243	200	33.581	2.121
15	14/12/2007	Varón **	72.5	345	180	46.708	3.391
16	15/12/2007	Varón **	74.2	365	190	49.479	3.671

Más que el número de nadadores que realizaron el test, lo relevante es poder apreciar que es plausible la aplicación de la fórmula propuesta para estimar el consumo de oxígeno máximo y que existe variedad en los niveles de rendimiento. Además, observando la distancia alcanzada y consumo de oxígeno se puede tener parámetros de referencia de una aproximación al alto nivel, sobre todo para los nadadores que realizan pruebas de fondo. (\* Nadadores que pertenecían a la selección de la Universidad Católica del Maule. (\*\* Nadadores que pertenecían a la Cátedra de Natación de la Carrera de Pedagogía en Educación Física de la Universidad.

Se debe señalar que la frecuencia cardíaca obtenida al finalizar el esfuerzo debe ser alta (180-190 p/m aprox. o más) para alcanzar el consumo máximo de oxígeno. Esta frecuencia se determinó por palpación en la arteria carótida durante seis segundos. En este tiempo se recomienda sumar una pulsación más a la registrada por los nadadores, sin embargo, las frecuencias que se registran en la tabla están sin dicha adición.



Referencias bibliográficas señalan que un buen nadador, con tiempos entre cuatro y cinco minutos en nado crol, puede alcanzar 400 metros (Fox y Bowers, 1995). También se considera que un nadador de nivel, recorre aproximadamente 500 metros en cinco minutos de nado crol, con un consumo de oxígeno máximo cercano a 70 ml/kg/min (Navarro Valdivielso, 2007).

Para considerar parámetros de nivel según categorías se presenta la siguiente tabla de clasificación. Esta tabla es válida para nadadores que se dedican a la actividad con fines deportivos y para nadadores que asocian esta disciplina a la recreación y a la actividad física.

Tabla 4.- Valores de consumo de oxígeno (ml/kg/min) alcanzado en el test de cinco minutos de nado crol.

Categoría	Edad	Distancia		Edad	Distancia		Edad	Distancia	
	13-19	20-29	30-39	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
Varones									
Muy baja	VO2 máx. < 35	Metros < 266	VO2 máx. < 33	Metros < 251	VO2 máx. < 31.5	Metros > 240			
Baja	35 - 38.3	266 - 290	33 - 36.4	251 - 276	31.5 - 35.4	240 - 269			
Normal	38.4 - 45.1	291 - 340	36.5 - 42.4	277 - 320	35.5 - 40.9	270 - 309			
Buena	45.2 - 50.9	341 - 382	42.5 - 46.4	321 - 349	41 - 44.9	310 - 338			
Excelente	51 - 55.9	383 - 419	46.5 - 52.4	350 - 393	45 - 49.4	339 - 371			
Superior	> 56	> 419	> 52.5	> 393	> 49.5	> 371			
Mujeres									
Muy baja	< 25	< 193	< 23.6	< 182	< 22.8	< 177			
Baja	25 - 30.9	193 - 236	23.6 - 28.9	182 - 221	22.8 - 26.9	177 - 207			
Normal	31 - 34.9	237 - 265	29 - 32.9	222 - 250	27 - 31.4	208 - 240			
Buena	35 - 38.9	266 - 294	33 - 36.9	251 - 280	31.5 - 35.6	241 - 270			
Excelente	39 - 41.9	295 - 316	37 - 40.9	281 - 309	35.7 - 40	271 - 302			
Superior	> 42	> 316	> 41	> 309	> 40.1	> 302			

La clasificación se presenta según consumo de oxígeno y su equivalente a distancia máxima recorrida en el test de cinco minutos tomando como referencia parámetros de edad (Adaptado de López Chicharro, 2006).

Para estimar el consumo máximo de oxígeno en el test de 5 minutos es necesario establecer criterios o factores inherentes al concepto mismo para la aplicación de la prueba. Se menciona esto porque el nivel esperado que alcance el nadador en la prueba no siempre es el ideal, si no el real, lo cual ocurrió en las diferentes aplicaciones del test. Entre estos factores está la voluntad del nadador, motivación y a veces la decisión de los entrenadores de no hacer esfuerzos como los que se requieren en el test debido a posibles riesgos físicos (sin mencionar los parámetros endógenos que determinan el nivel propio de cada nadador). Cuando estos factores se presentan, se habla de VO<sub>2</sub> máx. pico y no del máximo. Esto puede ser válido para nadadores de bajo nivel o de poca experiencia (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006).

### III. CONCLUSIONES

La elaboración teórica, en su preponderancia, del test de cinco minutos siempre trajo consigo como telón de fondo tratar de hacerlo de la forma más científica posible, quizá serían palabras mayores contar con maquinaria especializada de laboratorio para tal fin, lo que no excluye el desafío de manejar de forma eficiente y eficaz esa eventual tecnología en un futuro próximo. Sin excluir ni decir que el apoyo literario para la

conformación del test no sea parte de la ciencia, pero sólo es una parte, la más disponible.

Con la información recabada en la literatura y los aportes teóricos de autoridades en la materia en relación al consumo máximo de oxígeno en nadadores, y junto al aspecto fisiológico que está presente y fundamenta los esfuerzos físicos para tales fines se puede concluir que el test de cinco minutos de nado crol propuesto se ajusta a la realidad de los nadadores universitarios, en el sentido de que no se está estableciendo un consumo de oxígeno excesivo ni subestimado de acuerdo a las distancias en metros alcanzadas. También, la duración de la prueba no es desmesurada y no es demasiado corta según las posibles distancias a cubrir en las pruebas de fondo y medio fondo para nadadores universitarios. Cabe recordar que el consumo máximo de oxígeno se alcanza para luego mantenerlo en un porcentaje menor hasta terminar el tiempo de ejecución del test, de ahí que la prueba se establezca siguiendo un curso lo más constante y uniforme posible.

La fórmula establecida para estimar el consumo máximo de oxígeno que se deriva de la correlación entre la distancia máxima teórica alcanzada en el test de cinco minutos de esfuerzo y una prueba teórica en cicloergómetro que estima el VO<sub>2</sub> máx., para los mismo nadadores, concuerda con los fines buscados en la confección del test. Ante esto, se debe tener en consideración que el registro del peso corporal antes de la ejecución del test y la distancia alcanzada deben ser minuciosamente determinados, sin dejar de lado la frecuencia cardíaca, para que la estimación del VO<sub>2</sub> máx., sea más exacta.

Por ejemplo, se establece que si para un peso corporal igual a 70 kilogramos y una distancia alcanzada de 200 metros, la distancia alcanzada subiera en 5 metros el aumento porcentual del consumo de oxígeno en ml/kg/min y L/m es de un 2.439 %, es decir, en 0.678 ml y 0.047 Lts. respectivamente, o sea de 27.111 a 27.789 ml/kg/min y de 1.898 a 1.945 L/m de oxígeno consumido.

Para un peso corporal de 70 kilogramos y una distancia alcanzada de 500 metros, si la distancia alcanzada aumentara en 5 metros el aumento porcentual del consumo de oxígeno en ml/kg/min y en L/m es de un 0.990 %, es decir, en 0.678 ml y 0.047 lts. respectivamente (igual que en el caso anterior), o sea de 67.780 a 68.458 ml/kg/min y de 4.745 a 4.792 L/m de oxígeno consumido.

La puesta en práctica del test indirecto para estimar el consumo máximo de oxígeno, fue adecuada ya que los nadadores cumplían con los protocolos establecidos para su ejecución.



Es importante conocer a los nadadores a los que se les aplicará la prueba para valorar la condición de resistencia aeróbica, sobre todo en el nivel de desempeño mostrado en ese momento, pues más allá de seguir protocolos de ejecución señalados y establecidos, los deportistas pueden tener actuaciones que no tienen que ver con su realidad. Cuando ocurre esta situación es necesario aplicar la prueba en más de una ocasión para obtener datos fidedignos.

Es sabido que el  $VO_2$  máx., es influenciado por muchos factores, tales como el nivel del deportista, aspectos circulatorios, respiratorios, etc. Sin embargo, en el estudio se han tomado como referentes la distancia, peso corporal, frecuencia cardíaca y la edad. El consumo máximo de oxígeno se puede esquematizar de la siguiente forma:

$VO_2$  máx.: Nivel + VS + edad + FC + VT,  
etc. (todos interdependientes).

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Hernández Sampieri, R.; Fernández collado C. & Baptista Lucio P. (2003). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Fox, E. L. & Bowers R. W. (1995). *Fisiología del deporte*. México: Médica Panamericana.
- García Manso, J. M.; Navarro Valdivielso, M. & Ruiz Caballero J. A. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte: evaluación de la condición física*. Madrid: Gymnos.
- López Chicharro, J. & Fernández Vaquero A. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Navarro Valdivielso, F. (1998). *La resistencia*. Madrid: Gymnos.
- Navarro Valdivielso, F. (2007). *VIII Seminario y curso internacional de formación motora*. Talca-Chile: Universidad Católica del Maule.



