

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁTER UNIVERSITARIO EN ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Curso Académico 2016-2017

INDIVIDUALIZACIÓN DE LA CARGA DE NADO RESISTIDO CON  
PARACAÍDAS ACUÁTICO: UNA HERRAMIENTA PARA OPTIMIZAR EL  
ENTRENAMIENTO DE VELOCIDAD

*INDIVIDUALIZATION OF THE TETHERED SWIM LOAD WITH SWIM PARACHUTE:  
A TOOL FOR OPTIMIZING SPEED TRAINING*

Autor: Mario Diego García

Tutor: Alfonso Salguero del Valle

Cotutora: Blanca de la Fuente Caynzos

Fecha: 29/06/2017

Vº Bº TUTOR

Vº Bº COTUTORA

Vº Bº AUTOR

---

## ÍNDICE

---

RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	6
1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA Y CONTEXTUALIZACIÓN.....	7
1.1 Introducción .....	7
1.2 Nado subacuático .....	7
1.3 Nado resistido .....	12
1.3.1 Materiales de nado resistido.....	12
1.3.2 Utilidades del nado resistido.....	13
1.3.3 Consideraciones sobre el uso del paracaídas acuático.....	14
1.4 Transferencia entre el trabajo de fuerza y la velocidad de nado .....	16
1.5 ¿Por qué utilizar paracaídas acuáticos para la mejora del nado subacuático ondulatorio? .....	17
2. COMPETENCIAS Y OBJETIVOS .....	18
2.1 Competencias generales y transversales .....	18
2.2 Objetivo principal .....	18
2.3 Objetivos secundarios.....	18
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.1 Participante .....	19
3.2 Recursos materiales .....	19
3.3 Protocolo.....	25
3.4 Dificultades, limitaciones y pautas sobre el uso del paracaídas .....	26
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y APORTACIONES .....	28
4.1 Proceso de registro de datos .....	28
5. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS.....	29
6. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO .....	30
7. REFLEXIÓN CRÍTICA Y VALORACIÓN PERSONAL.....	32

**8. REFERENCIAS ..... 33**

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Posición hidrodinámica en nado subacuático.....	8
Figura 2. Variación de la velocidad del centro de masa (▲) y de la cadera (■) durante el nado subacuático ondulatorio tras la salida desde el poyete.....	10
Figura 3. Sentido de avance del nadador, y disposición de la goma elástica unida al poyete y a la cintura del nadador.....	12
Figura 4. Medición de fuerza con Aquaforce .....	13
Figura 5. Nado resistido con paracaídas acuático.....	15
Figura 6. Nado resistido con paracaídas acuático y aletas. ....	19
Figura 7. Cinturón de neopreno y cinta de unión (210 centímetros).....	20
Figura 8. Dragster swim (Speedo).....	21
Figura 9. Superficie del paracaídas (34x34 centímetros), cordón y arandela de reglaje.....	22
Figura 10. Tirantes de unión (39 centímetros).....	23
Figura 11. Arandela de ajuste de la carga, con medidas cada 2,5 centímetros en el cordón de reglaje.....	23
Figura 12. Aletas Cressi sub Clio .....	24
Figura 13. Representación gráfica del test .....	25
Figura 14. Colocación del paracaídas antes de iniciar la prueba. ....	26

## **RESUMEN**

---

El objetivo del estudio es crear una herramienta práctica para nadadores con la que optimizar el trabajo de nado resistido para velocistas, centrado en el nado subacuático ondulatorio (NSO). Para ello se empleará un dispositivo de arrastre (“paracaídas”) con un reglaje de ajuste de su superficie.

El punto de partida de esta propuesta se basa en un protocolo desarrollado en el CAR de Sierra Nevada, presentado por Blanca de la Fuente en el Módulo 6 de Evaluación de la técnica deportiva. En dicho protocolo, (1ª prueba) se toma el tiempo que tarda el nadador en realizar un nado subacuático de 15 metros (salida desde el agua) *all-out*. Tras ello se emplea una máquina de musculación con poleas desmultiplicadoras, se fija el peso y el nadador se ata un arnés a la cintura con un cable hasta la máquina. Entonces, (2ª prueba) se toma el tiempo que el nadador realiza en ese nado subacuático de 15 metros, esta vez con aletas y el dispositivo de arrastre. Según esta idea, para individualizar la carga de arrastre (ajustando el peso en la máquina), el nadador deberá igualar el tiempo de la 1ª prueba con el de la 2ª.

En este estudio, se realizó un protocolo similar al desarrollado en el CAR de Sierra Nevada, con el objeto de conseguir una herramienta de trabajo “portable” a otras instalaciones, de fácil manejo, ajustable y de bajo coste. Se contó con la ayuda de un nadador voluntario para llevar a cabo el estudio.

**Palabras clave:** paracaídas acuático, natación, nado resistido, nado subacuático ondulatorio.

## **ABSTRACT**

---

The aim of this study is to create a practical tool for swimmers with which to optimize the work of resistance swimming for sprinters, centered in the undulatory underwater swim (UUS). For use of a device ("parachute") with a setting adjustment of its surface.

The starting point of this proposal is based on a project developed in the CAR of Sierra Nevada, presented by Blanca de la Fuente in Module 6 Evaluation of Sports Technique. In this protocol, (1st test) takes the time it takes the swimmer to perform an underwater swim of 15 meters (exit from the water) all-out. After using the bodybuilding machine with the pulleys, the weight is fixed and the swimmer is attached to the waist with a cable to the machine. Then, (2nd test) takes the time that the swimmer performs in that undulatory underwater swimming of 15 meters, this time with fins and the device. According to this idea, to individualize the load of drag (to adjust the weight in the machine), the swimmer must equal the time of the 1st test with the one of the 2<sup>a</sup>.

In this study, a similar protocol was developed as in the CAR of Sierra Nevada, in order to obtain a "portable" work tool for other facilities, easy to use, adjustable and low cost. A volunteer was assisted in carrying out the study.

**Key Words:** swim parachute, swimming, tethered swim, undulatory underwater swimming.

## 1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA Y CONTEXTUALIZACIÓN

---

### 1.1 Introducción

---

Cada vez son más los deportistas de cualquier ámbito, con una ambición creciente por estar en lo más alto y cosechar los mejores resultados. El continuo interés por buscar la optimización del rendimiento deportivo, hace que cada detalle en la preparación sea imprescindible. Este estudio es sólo un ejemplo de esto, orientado a la natación, con el cual se pretende dar a conocer una herramienta práctica y sencilla con la que poder entrenar durante el día a día. Para ello se utilizará un paracaídas acuático (nado resistido), con el objetivo de mejorar la velocidad de desplazamiento durante el nado subacuático. Esto será efectivo en cada nadador si lleva la carga adecuada en cada caso. Lo cual es posible ya que el dispositivo cuenta con un mecanismo de ajuste de la superficie de la tela que permite regular la carga de arrastre.

A continuación, se expondrán los aspectos más relevantes que justifican el uso de este tipo de materiales y métodos para la mejora del nado subacuático, para ello se agruparán en las siguientes categorías: nado subacuático, nado resistido, transferencia entre el trabajo de fuerza y la velocidad de nado.

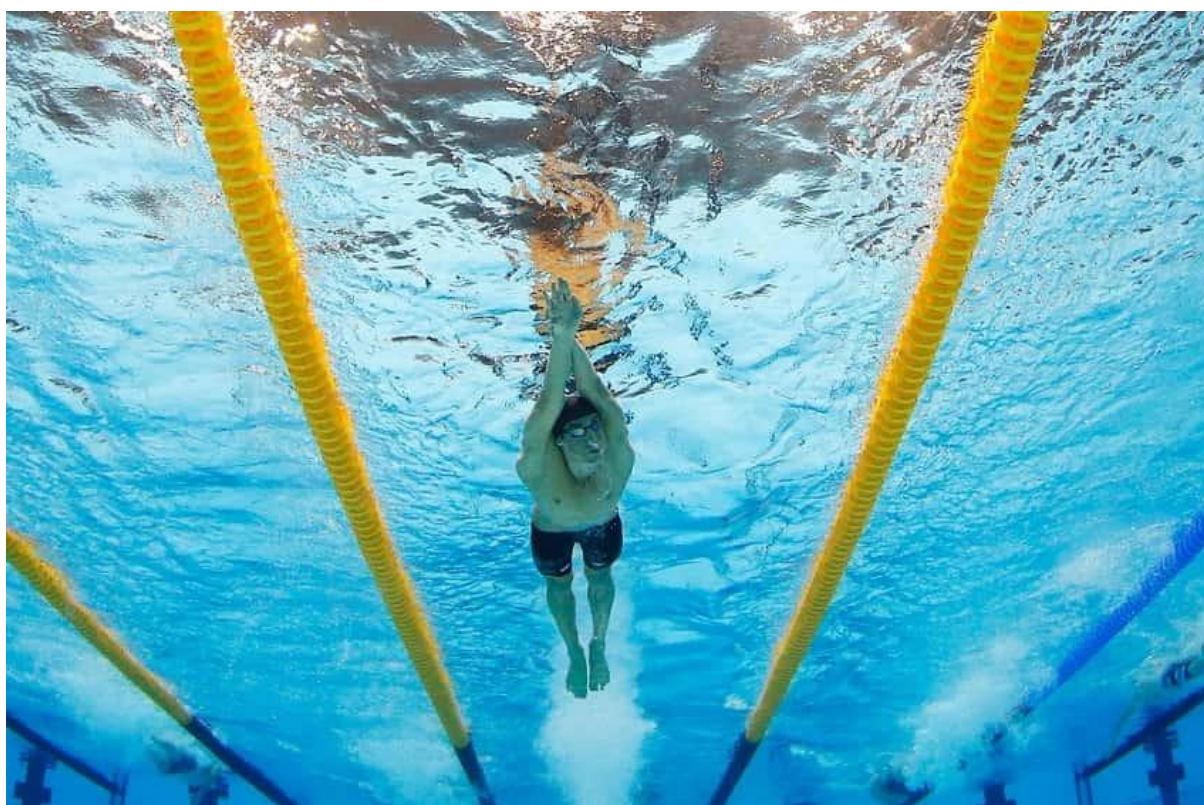
### 1.2 Nado subacuático

---

Tradicionalmente, en natación se conocen cuatro estilos en función de la técnica empleada: mariposa, espalda, braza y crol. Aunque, este último no aparece como tal en el reglamento de competición, es lo que conocemos como estilo libre (el más rápido de los cuatro). Sin embargo, podríamos hablar de un “quinto estilo” aún más rápido que cualquiera de los anteriores, si se realiza correctamente. Para maximizar la velocidad de nado los deportistas copian el nado ondulatorio de los peces (Hochstein & Blickhan, 2011). Se trata del *nado subacuático ondulatorio* (von Loebbecke, Mittal, Fish & Mark, 2009; Arellano, Pardillo & Gavilán, 2003). Está permitido reglamentariamente en los 15 primeros metros tras la salida y los virajes de cualquier prueba de natación (excepto en braza, que tiene otras particularidades). Esta forma de nado se caracteriza por: 1) adoptar una posición hidrodinámica con los brazos estirados al máximo en posición de flecha que permite aprovechar todo lo posible el deslizamiento tras el impulso en la pared (*Figura 1*); 2) seguidamente, manteniendo esa posición, se realiza un batido simultáneo con ambas extremidades inferiores, produciendo un movimiento ondulatorio que se transmite por todo el cuerpo del nadador. Adicionalmente, Ungerechts, Persyn y Colman (2000) insisten en la

importancia de realizar una acción de látigo a lo largo de toda la extremidad inferior desde la cadera hasta los pies, para optimizar el rendimiento del nado ondulatorio.

Respaldándonos en la literatura científica específica, el nado subacuático ondulatorio es uno de los factores de rendimiento en este deporte (Arellano, Pardillo & Gavilán, 2002; Connaboy, Coleman & Sanders, 2009; Connaboy, Coleman, Moir & Sanders, 2010; Connaboy et al., 2016; Elipot et al., 2009; Higgs, Pease & Sanders, 2017; Houel, Elipot, André & Hellard, 2013; Mason & Cossor, 2001; Veiga & Roig, 2017; Zamparo, Vicentini, Scattolini, Rigamonti & Bonifazi, 2012). Es especialmente importante las salidas y muy vinculado al rendimiento en pruebas de 50 y 100 metros (Arellano, Moreno, Martínez & Ona, 1996; Mason & Cossor, 2000). Por esta razón, la mejora de este parámetro hará que nuestros nadadores sean más rápidos. En consecuencia, consideramos importante aunar un método contrastado como es el entrenamiento con resistencia aplicado, en este caso, a la mejora del nado subacuático ondulatorio.



*Figura 1. Posición hidrodinámica en nado subacuático (Poirier-Leroy, s. f.).*

Los orígenes de este “quinto estilo” se remontan a los Juegos Olímpicos de Moscú en 1980. En los cuales, algunos de los participantes comenzaron a realizar distancias cercanas a los 25 metros por debajo del agua tras la salida, en pruebas de estilo espalda. Estos nadadores utilizaban un estilo diferente a los conocidos hasta la fecha. Estamos hablando del nado subacuático ondulatorio. Durante este campeonato se observó que estos



nadadores tenían mejores tiempos tanto en la salida como en los virajes respecto a aquellos que nadaban por la superficie del agua (Arellano et al., 2002). Posteriormente, este nado subacuático ondulatorio comenzó a utilizarse en pruebas de mariposa y estilo libre, al ver que resultó efectivo en estilo espalda (Íbid.). Actualmente, está integrado en cada uno de los estilos y es una de las principales diferencias observables entre los nadadores de alto nivel con respecto a los de un nivel inferior. Las altas velocidades alcanzadas con esta forma de nado fuerza a los nadadores a utilizarla, especialmente, en competiciones en piscina corta (25 metros) debido al mayor número de virajes existente para una misma prueba respecto a piscina larga (50 metros) (Íbid.).

Como se ha dicho, el nado subacuático ondulatorio es importante tras la salida y los volteos. En cuanto a la salida, Lyttle, Blanksby, Elliott & Lloyd (2000) determinan en su estudio que los movimientos propulsivos deberían de iniciarse cuando la velocidad por debajo del agua esté comprendida entre 2,2 y 1,9 m/s. Adicionalmente, Elipot et al. (2009) basándose en el estudio anterior, concluyeron que este rango de velocidades se produce cuando el centro de masas del nadador se sitúa entre 5,63 y 6,01 metros (o la cabeza entre 6,02 y 6,51 metros) con respecto a la pared de salida. En estas condiciones, el nadador debería comenzar la acción propulsiva, es decir el nado subacuático ondulatorio. Además, Houel et al. (2013) sugieren que el nadador tiene que tener en cuenta cuatro principios para mejorar su fase subacuática, debiendo de: 1) optimizar la fase de deslizamiento subacuático, alineando la posición del tronco y las extremidades inferiores; 2) empezando el nado subacuático ondulatorio después de 6 metros (*Figura 2*); 3) generar fuerza propulsiva con la patada, utilizando solamente los pies y las piernas; 4) mejorar la frecuencia de ciclo de la patada del nado subacuático ondulatorio.

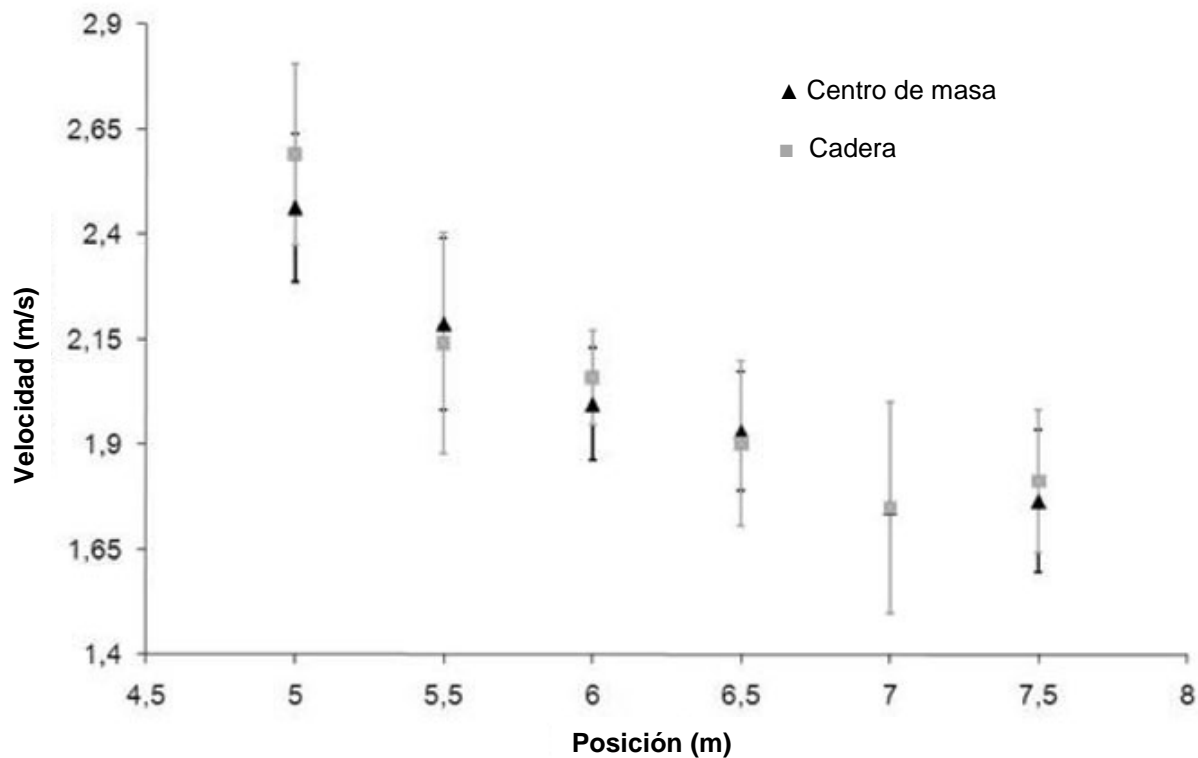


Figura 2. Variación de la velocidad del centro de masa (▲) y de la cadera (■) durante el nado subacuático ondulatorio tras la salida desde el poyete. Eje Y: velocidad (m/s), y eje X: posición (m) (adaptado de: Houel et al., 2013).

En lo que respecta a los volteos, en el estudio de Mason y Cossor (2001), sobre el rendimiento en los virajes en los Juegos Olímpicos de Sydney (2000), se obtuvieron importantes hallazgos; 1) los nadadores con mejores tiempos de prueba, no son necesariamente los “volteadores” más rápidos; 2) los nadadores de élite internacional intentan utilizar el nado subacuático ondulatorio hasta los límites reglamentarios; 3) una buena fase subacuática, para obtener la mayor ventaja con el viraje, comienza con un impulso efectivo sobre la pared, seguido por un buen deslizamiento y en el momento adecuado comenzando con una patada subacuática eficaz. A su vez, Sanders (2002) subraya tres aspectos a considerar cuando se examina la técnica de nado respecto a la optimización del rendimiento, aplicables a esta forma de nado: 1) minimizar las fuerzas resistivas (a cualquier velocidad dada); 2) maximizar el impulso propulsivo; 3) restringir el coste fisiológico. Por otra parte, Zamparo et al. (2012) realizaron un estudio para evaluar la contribución de la patada subacuática en el rendimiento del volteo en crol, con un test de 100 metros *all-out* en piscina larga (50 metros). Estos autores llegaron a las siguientes conclusiones: 1) el tiempo en 100 metros será más bajo, cuanto mayores sean la velocidad y la aceleración de separación tras el volteo (0 a 5 metros), y la velocidad y la aceleración de 5 a 10 metros; 2) estos parámetros presentan una relación significativa con la velocidad

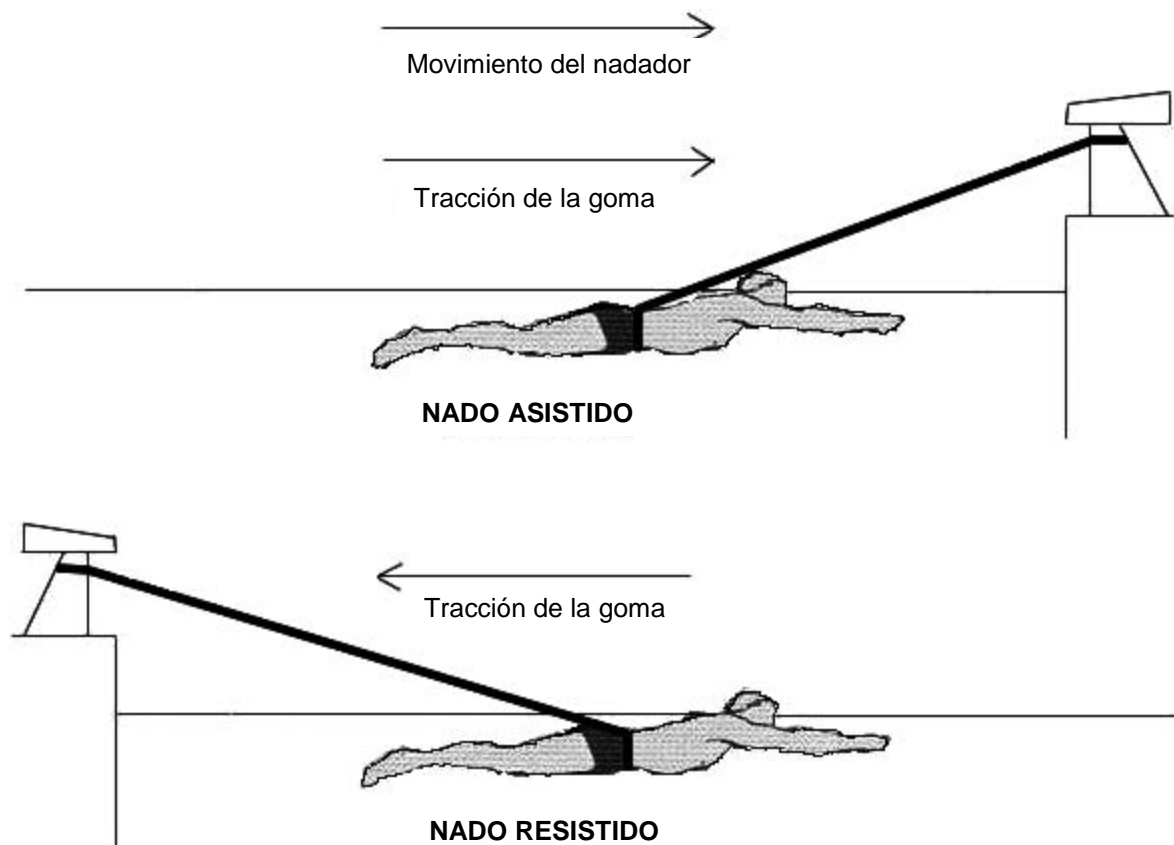
máxima, la aceleración máxima, así como con la eficiencia de la patada de delfín y la eficiencia de deslizamiento tras el viraje; 3) tras el viraje, es esencial el impulso con la pared y una buena patada de delfín para generar velocidad. En otra investigación, Connaboy et al. (2016) encontraron tres variables responsables del 92,9% de la variación de la velocidad máxima de nado subacuático ondulatorio, entre las que se encuentran: máxima velocidad angular de la rodilla, máxima velocidad angular del tobillo y el rango de movimiento de la rodilla. Paralelamente, Higgs et al. (2017) analizaron la influencia de parámetros cinemáticos sobre el rendimiento en el nado subacuático ondulatorio, resultando relevantes las siguientes variables: el pico de velocidad vertical del dedo gordo del pie, la velocidad de la ola corporal, la duración del batido ascendente, el pico de velocidad de extensión angular de la cadera y la velocidad angular de flexión de rodilla. Además, estos mismos autores destacan la importancia de diseñar entrenamientos que permitan potenciar la velocidad de las extremidades inferiores, con acciones que provoquen dicho estímulo. Especialmente, la acción de batido ascendente y la contribución de la acción de la cadera deberían de ser maximizadas. En otro estudio de Veiga y Roig (2017) en el Campeonato del Mundo de 2013 se examinó el rendimiento en salidas y virajes en pruebas de 100 metros en piscina larga (50 metros) teniendo en cuenta ciertos parámetros de nado relevantes. Trataron de ver si la cinemática de nado normal (i.e. longitud de ciclo, frecuencia de ciclo, velocidad, etc.) se veía afectada en función de los primeros 15 metros tras salidas y volteos. Viendo así que, tras la emersión de la salida estos parámetros se ven sustancialmente incrementados en comparación con los del viraje, excepto cuando se realiza un nado subacuático ondulatorio tras el volteo. Estos autores sugieren que los entrenadores tengan esto en cuenta para que sus nadadores realicen una correcta transferencia entre el rendimiento por debajo del agua y el rendimiento en la superficie.

Con todo ello, lo que se trata de poner de manifiesto es la importancia del entrenamiento de todos los parámetros que interactúan como factores de rendimiento. En estas condiciones, es importante diseñar protocolos de entrenamiento para la mejora de determinadas habilidades o factores condicionales, respetando la interacción entre todas las partes. A modo de ejemplo, si se pretende mejorar el rendimiento en nado subacuático no sólo habrá que tener en cuenta la mejora de la fuerza de las extremidades inferiores, sino que también habrá que ver cómo se desarrolla en condiciones reales sin que se vea afectada la técnica. De esta manera, se logrará diseñar protocolos más eficaces optimizando los resultados.

## 1.3 Nado resistido

### 1.3.1 Materiales de nado resistido

El entrenamiento contra resistencia es un medio utilizado para el acondicionamiento físico en multitud de disciplinas deportivas. Para ello se pueden emplear diversos materiales. En el caso de disciplinas del medio terrestre (e.g. carreras atléticas, deportes colectivos, etc.) se pueden utilizar aparatos como: carros de arrastre con peso, gomas elásticas, trabajo resistido con ayuda de un compañero o paracaídas, entre otros (Llop et al., 2002a). Del mismo modo puede realizarse lo propio en el agua. En este medio, los materiales más utilizados por nadadores son (Navarro & Oca, 2016): gomas elásticas (tanto para nado resistido como asistido) (*Figura 3*), esponjas de diferente volumen, máquinas específicas con pesos (e.g. Aquaforce, en *Figura 4*) y poleas desmultiplicadoras, paracaídas acuáticos, etc.



*Figura 3.* Sentido de avance del nadador, y disposición de la goma elástica unida al poyete y a la cintura del nadador. Parte superior de la imagen: nado asistido. Parte inferior de la imagen: nado resistido (adaptado de: Girol, Calmels, Maurin, Milhau & Chatard, 2006).



Figura 4. Medición de fuerza con Aquaforce (Oca, [zitaSport], 2014).

### 1.3.2 Utilidades del nado resistido

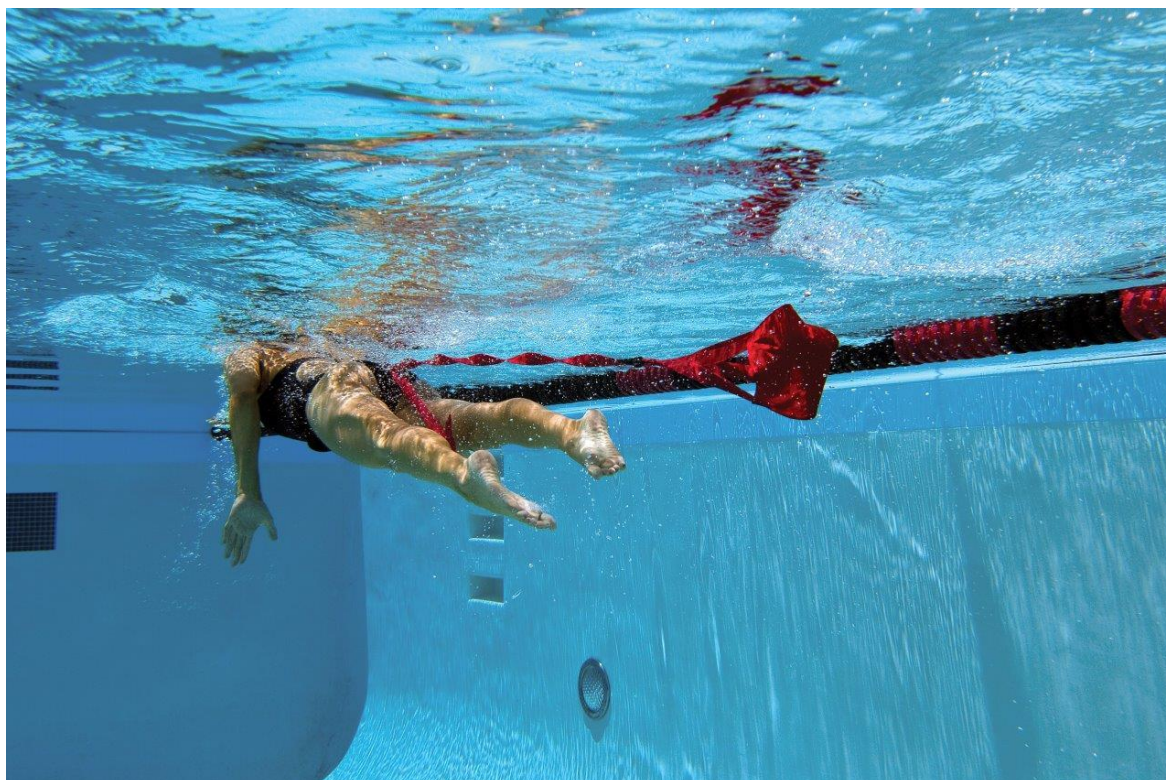
El rendimiento en natación y la velocidad de nado son dos factores influenciados por las fuerzas propulsivas (Toussaint & Vervoorn, 1990; Giroid et al., 2006; Mavridis, Kabitsis, Gourgoulis & Toubekis, 2006). Por ello, el entrenamiento resistido se emplea, en esta disciplina, como un método para la mejora de la fuerza muscular y de la potencia específica de nado. De forma complementaria, otra de las utilidades del nado resistido, es como herramienta de cuantificación de la fuerza y la potencia ejercida por cada nadador, al igual que con las máquinas isocinéticas (Smith, Norris & Hogg, 2002). Además, la realización de tests de nado resistido pueden servir como una herramienta fiable para evaluar la producción de fuerza por cada ciclo y a su vez, son útiles para estimar el rendimiento competitivo en pruebas de corta distancia (e.g. 30 segundos *all-out*) (Morouço, Keskinen, Vilas-Boas & Fernandes, 2011). En otro estudio, se ha señalado que el nado resistido es uno de los ergómetros más específicos en la natación, ya que simula las características

ambientales, la mecánica del estilo, los aspectos fisiológicos, y la influencia de la antropometría y morfología corporal (Pessôa-Filho & Denadai, 2008).

Por otro lado, desde una perspectiva fisiológica si se compara nado resistido respecto al nado normal, se observa mayor concentración de lactato en sangre (Kirwan et al., 1988; Sharp y Costill, 1989; Sexmith et al., 1992; Llop et al., 1998). La utilización de este método de entrenamiento puede ser controvertida ya que podría generar modificaciones en la técnica de nado (Dintiman 1974; Adams et al., 1984; Llop et al., 2002a; Llop, Arellano, González, Navarro & García, 2002b; Maglischo, 1986; Maglischo, Maglischo, Zier & Santos, 1985; Monteil & Rovard, 1994; Payton & Lauder, 1995). Para la evaluación de dichas modificaciones de la técnica de nado, es necesario observar parámetros cinemáticos como longitud de ciclo (LC) y frecuencia de ciclo (FC), en función de la intensidad y el nivel de rendimiento del deportista (Llop et al., 2002b). Girold et al. (2006) en su investigación sobre el entrenamiento de esprines con nado asistido y resistido, comprobaron que su protocolo de esprines resistido era más efectivo que el asistido en el rendimiento de una prueba de 100 metros a estilo libre. Esto fue debido al mayor incremento de la frecuencia de ciclo con el nado resistido.

### **1.3.3 Consideraciones sobre el uso del paracaídas acuático**

A la hora de utilizar el paracaídas acuático (*Figura 5*) hay que tener en cuenta ciertas consideraciones, que lo hacen diferente a otro tipo de instrumentos de nado resistido. El nado resistido con paracaídas se diferencia del nado atado con carga constante (e.g. Aquaforce) en que, el nadador debe permanecer en constante desplazamiento para que el paracaídas tenga efecto de “arrastre”. Ya que si se detiene el desplazamiento también lo hace el paracaídas y su consiguiente acción de frenado sobre el nadador (Schnitzler, Brazier, Button, Seifert & Chollet, 2011). Además, el patrón de resistencia ejercida por el paracaídas puede verse afectado, generando oscilaciones incluso a una velocidad media constante (Cortesi, Di Michele & Gatta, 2017). Como ya se indicó anteriormente, al utilizarlo artificialmente como medio para incrementar la resistencia se modifica la técnica de nado, de tal modo que aumenta la fuerza durante la coordinación de las fases propulsivas. Lo cual indica que los cambios en la mecánica del estilo provocan cambios respecto al nado normal en estilo libre. Por otra parte, el sobreuso de este método focalizándose en la mejora de la propulsión, podría causar un efecto negativo, al aumentar la resistencia activa del nadador y a su vez disminuir la eficiencia de nado (Schnitzler et al., 2011).



*Figura 5. Nado resistido con paracaídas acuático (SwimStore, 2016).*

En un estudio realizado con paracaídas acuáticos (Llop et al., 2002b), se observó que se generan variaciones significativas en aspectos cinemáticos en comparación con el nado normal. Estas diferencias se apreciaron tanto en esfuerzos de 10 segundos como de 45 realizados a una intensidad máxima. Así mismo, se observó una reducción de la frecuencia de ciclo y la longitud de ciclo al emplear el nado resistido con paracaídas en comparación con el nado normal. Debido a que se producen estos cambios en ambas variables cinemáticas al realizar nado resistido a máxima intensidad, resulta necesario conocer por parte de los entrenadores el efecto producido por este tipo de cargas en sus nadadores.

Por otra parte, Telles, Barbosa, Campos y Junior (2011), en su estudio con estos dispositivos, concluyeron que las resistencias externas analizadas (i.e. paracaídas de arrastre) no influyen significativamente en la organización de las fases propulsivas. Pero sugieren que el uso de paracaídas en el entrenamiento, de forma crónica, podría conducir a la mejora de la continuidad propulsiva durante el nado (en estilo crol). Este mismo grupo de investigación (Telles et al., 2015), analizaron el uso del paracaídas en estilo mariposa, llegando a las siguientes conclusiones: 1) su uso produce cambios en la coordinación entre extremidades, mejorando la continuidad propulsiva; 2) se reduce la duración de la fase de recobro; 3) aumenta el impulso horizontal durante las fases propulsivas. Telles et al. (2016) evaluaron conjuntamente el uso de palas y paracaídas acuáticos, esta vez para el estilo de espalda, resultando que: 1) la combinación de palas y paracaídas era la mejor estrategia

para mejorar las fases propulsivas y la coordinación (en estilo espalda); 2) sin embargo, el uso aislado de paracaídas degradaba la coordinación y los aspectos cinemáticos del estilo.

Finalmente, Cortesi et al. (2017) comparan la resistencia ejercida a diferentes velocidades de nado entre dos tipos de paracaídas (uno plano -como el utilizado en este trabajo-, y un cono truncado). En este caso el paracaídas plano genera mayor resistencia que el cónico a medida que aumenta la velocidad de nado. Estos autores concluyeron que la sección transversal del paracaídas podría ser el factor principal, determinante de la resistencia ejercida, junto con el volumen del paracaídas. Por este motivo, nadadores y entrenadores deberían tener en cuenta estos factores, para aumentar o disminuir la resistencia reduciendo así las fluctuaciones en la velocidad de nado (Íbid.). Una de las formas para lograrlo es a través de un dispositivo de reglaje de la carga como en este Trabajo de Fin de Máster.

#### **1.4 Transferencia entre el trabajo de fuerza y la velocidad de nado**

---

La literatura científica actual muestra que el entrenamiento de fuerza puede mejorar el rendimiento en natación, en respuesta a diferentes tipos de programas de entrenamiento (Crowley, Harrison & Lyons, 2017). *The dynamic correspondence theory* proporciona una serie de pautas para el diseño de programas de entrenamiento de fuerza en natación, destacando los siguientes aspectos (Goodwin & Cleather, 2016, en Crowley et al., 2017): 1) los rangos de movimiento deben ser similares; 2) las debilidades dentro del programa deben de ser corregidas y mejoradas; 3) la sobrecarga es esencial (i.e. moviendo cargas moderadas a altas velocidades o altas cargas a velocidades similares a las del nado); 4) el entrenamiento de fuerza debe ser específico con un tiempo por ejercicio similar al realizado en las pruebas de natación; 5) el entrenamiento de fuerza debe ser específico reproduciendo el tipo de contracciones realizadas (i.e. concéntricas, excéntricas, isométricas, etc.); 6) los patrones de movimiento que impliquen grupos musculares multiarticulares deben de ser similares a los patrones de movimiento realizados durante el nado. Por otro lado, Aspenes, Kjendlie, Hoff y Helgerud (2009) sugieren que el entrenamiento de fuerza deba ir acompañado de entrenamiento técnico, favoreciendo así la mejora del rendimiento técnico y facilitando la transferencia de las ganancias de fuerza con el entrenamiento en seco al nado real. Según esta revisión de Crowley et al. (2017) sobre el entrenamiento de fuerza en relación con el rendimiento en natación, para que se produzca una transferencia óptima de dicho entrenamiento sobre el rendimiento es necesario que se cumplan las siguientes características: especificidad del trabajo realizado, bajo volumen de trabajo, realización del entrenamiento a alta velocidad/fuerza. Con ello se mejoran



parámetros cinemáticos como la longitud de ciclo (pocas repeticiones realizadas a una alta velocidad de ejecución) y la frecuencia de ciclo. La modalidad de entrenamiento más apropiada para la mejora de este último parámetro es mediante nado resistido. Además, el nado resistido presenta una alta correlación con el rendimiento en esta disciplina deportiva.

Adicionalmente, en entrenamiento, el uso de un paracaídas acuático puede ser beneficioso en caso de nadar cerca de la velocidad máxima y con una carga elevada. En estas condiciones, se observan modificaciones cinemáticas y cinéticas en el movimiento, tales como: la mejora de la duración de la propulsión (desarrollo de fuerza), así como el índice de ciclo (coordinación) (Schnitzler et al., 2011). Para la mejora de la velocidad se pueden obtener resultados más destacados mediante métodos de entrenamiento de nado resistido respecto a los tradicionales (i.e. sin contraresistencia) (Arroyo-Toledo, 2011).

### **1.5 ¿Por qué utilizar paracaídas acuáticos para la mejora del nado subacuático ondulatorio?**

---

Teniendo en cuenta la justificación de la literatura científica respecto a los tres apartados anteriores (*1.2 Nado resistido*, *1.3 Nado subacuático* y *1.4 Transferencia entre el trabajo de fuerza y la velocidad de nado*) y viendo las mejoras obtenidas en los protocolos desarrollados en el CAR de Sierra Nevada con nado resistido para la mejora del nado subacuático ondulatorio, se considera adecuado el uso de paracaídas acuáticos para el mismo fin.

A su vez, como hemos visto anteriormente, el nado resistido es uno de los mejores medios específicos de entrenamiento de la fuerza en el agua, así mismo se puede realizar con diferentes artilugios y métodos variados. Sin embargo, el paracaídas acuático es sencillo y portátil (Cortesi et al., 2017), a diferencia de otros sistemas más sofisticados como el “Aquaforce” que requiere una instalación en la piscina. Debido a su bajo coste podría formar parte del material personal de cada nadador. Además, con este tipo de dispositivos se puede individualizar la carga de arrastre, o bien utilizando paracaídas de diferentes dimensiones, o bien con un mecanismo de reglaje como el implementado en el presente estudio (detallado más adelante en el *apartado 3.2*).

## **2. COMPETENCIAS Y OBJETIVOS**

---

### **2.1 Competencias generales y transversales**

---

- 1403CG02 Aplicar las más novedosas metodologías de entrenamiento de manera sistemática y adaptada a las necesidades de un deportista/grupo, programando actividades de preparación en función de las particularidades y requerimientos de una disciplina deportiva concreta.
- 1403CG04 Cuantificar y controlar cargas de entrenamiento y competición, como base para planificar de manera científica los estímulos de preparación y programas de ejercicio encaminados a la mejora del rendimiento.
- 1403CT03 Desarrollar la capacidad de adaptación y resolución de problemas, trasladando los conocimientos adquiridos a nuevos contextos, diferentes situaciones y casos prácticos.
- 1403CT06 Manejar la bibliografía científica específica, utilizando herramientas de búsqueda y acceso a documentación especializada.

### **2.2 Objetivo principal**

---

- Desarrollar una herramienta portable que permita ajustar e individualizar la carga para el entrenamiento del nado resistido.

### **2.3 Objetivos secundarios**

---

- Justificar la utilización de recursos materiales de nado resistido para la mejora del rendimiento en el nado subacuático.
- Establecer los rangos óptimos de reglaje del dispositivo.
- Comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo mediante una prueba de campo (protocolo).

---

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

---

#### 3.1 Participante

---

Para este estudio se contó con la colaboración de un nadador voluntario de 21 años, perteneciente al equipo ACN Marisma (Santander), de la categoría absoluto. Este deportista compete a nivel regional durante todo el año y pelea por obtener alguna marca mínima para el “Campeonato de España Absoluto de verano P50 – OPEN” de Tarrasa del 1 al 5 de agosto de 2017.

#### 3.2 Recursos materiales

---

La herramienta utilizada para este estudio fue un paracaídas acuático conectado a la cintura del nadador mediante un cinturón con almohadilla de neopreno y una cinta que une ambas partes con una longitud de 210 centímetros (*Figura 6 y Figura 7*).



*Figura 6.* Nado resistido con paracaídas acuático y aletas.



Figura 7. Cinturón de neopreno y cinta de unión (210 centímetros).

Para tratar de reproducir el test realizado en el CAR de Sierra Nevada con nuestro nadador, se comenzó utilizando 2 paracaídas acuáticos con una superficie de tela cuadrada de distintas dimensiones. Las medidas de cada uno son las siguientes: el grande de 46x46 centímetros y el pequeño de 34x34 centímetros. Pero para la toma de datos esto no fue suficiente, ya que se necesitaba reducir e individualizar la carga de arrastre. Se barajaron distintas posibilidades para lograrlo. Una de ellas fue implementar otro tipo de dispositivo, similar a una manga de viento con unas cremalleras ajustables (*Figura 8*), con el mismo propósito. Esta opción quedó descartada debido a su elevado coste.



Figura 8. Dragster swim (Speedo) (Vivodeporte, s. f.).

Aparentemente, la mejor ocurrencia fue la de diseñar varios paracaídas homotéticos a distinta escala, para poder individualizar la carga. A raíz de esto, surgió la idea que finalmente se implementó, con el objetivo de simplificar la herramienta de trabajo con los dos paracaídas que ya se disponían. Se optó por hacer un agujero (reforzado con un ojal de latón, similar a los de los zapatos) en el centro de ambos paracaídas, para atar una cuerda en el eje central de los 4 tirantes. Este sistema lo que permite es regular la carga con un nudo o una arandela que sirva de tope tras pasar el ojal. Para ello se graduó el cordón con marcas equidistantes cada 2,5 centímetros como referencia.

El paracaídas de 46x46 centímetros se descartó ya que no sirvió para el protocolo empleado, como se detallará en el apartado 4.1. Para ello utilizamos el pequeño, de 34x34 centímetros con el cuál se consiguió ajustar la carga al nadador. A continuación, se presenta un resumen de las características del dispositivo empleado:

- Superficie del paracaídas (Figura 9): 34x34 centímetros = 1156 centímetros<sup>2</sup>.
- Forma: cuadrada.
- Tipo de superficie: tela sintética sin porosidad para que el agua no se filtre.
- Longitud de los tirantes (vértices de la tela-punto de anclaje con la cinta) (Figura 10): 39 centímetros cada uno.

- Cordón y arandela de reglaje (Figura 11): longitud útil mínimo 32,5 centímetros (justificado en apartado 3.4 *Dificultades, limitaciones y pautas sobre el uso del paracaídas*)
- Longitud de la cinta (cinturón-paracaídas): 207 centímetros (y a 22 cm el centro del reglaje).
- Cinturón: con almohadilla de neopreno, reglaje de ajuste a la cintura y cierre automático.



Figura 9. Superficie del paracaídas (34x34 centímetros), cordón y arandela de reglaje.



*Figura 10. Tirantes de unión (39 centímetros).*



*Figura 11. Arandela de ajuste de la carga, con medidas cada 2,5 centímetros en el cordón de reglaje.*

Por otra parte, como se describe en el siguiente apartado (3.3 Protocolo) en alguna parte de la prueba el nadador deberá de llevar aletas. Las utilizadas para este estudio son las del propio nadador y tienen las siguientes características (Figura 12):

- Marca: Cressi sub.
- Modelo: Clio.
- Talla: 41-42.
- Dimensiones:
  - Anchura máxima: 18,5 centímetros.
  - Longitud del centro de la aleta al talón: 54 centímetros.

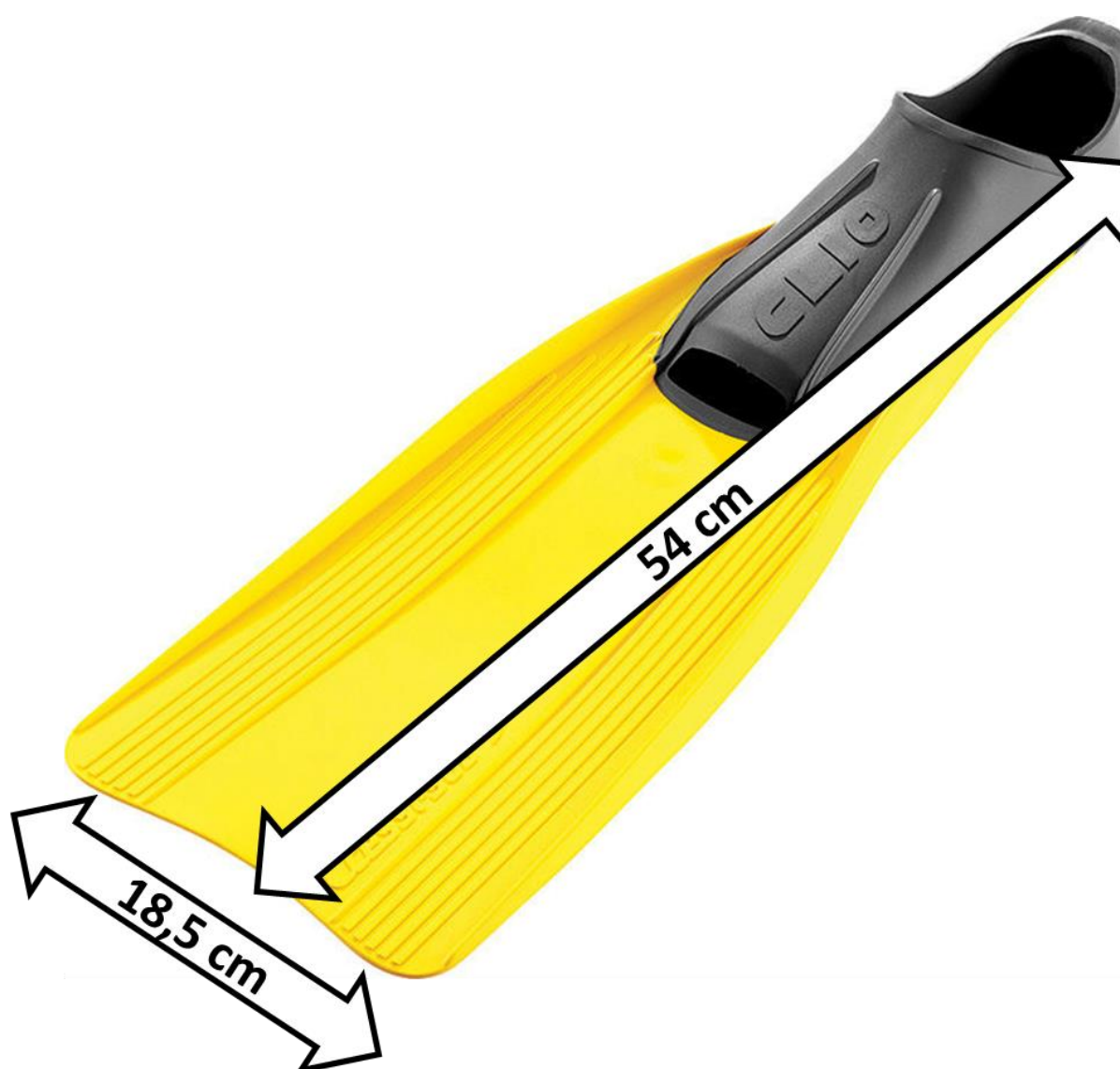


Figura 12. Aletas Cressi sub Clio (NauticExpo, s. f.).



### 3.3 Protocolo

En el protocolo que se describe a continuación se realizan esfuerzos de corta duración (i.e. 10-15 segundos), en la zona de capacidad anaeróbica aláctica (Navarro, en Navarro & Oca, 2016). Por ello se aplican descansos entre esfuerzos de al menos 3 minutos de duración (Toubekis, Peyrebrune Lakomy & Nevill, 2008; Navarro, en Navarro & Oca, 2016).

El objetivo de este estudio fue individualizar la carga de arrastre con paracaídas acuático. Para ello se llevó a cabo la siguiente propuesta, hasta conseguir aproximar el tiempo en la prueba "B" con el de la prueba "A" (justificado previamente en el apartado 1.4 *Transferencia entre el trabajo de fuerza y la velocidad de nado*):

1. Calentamiento de 600 metros a crol haciendo nado subacuático de 15 metros cada 100 metros.
2. 5 minutos de descanso pasivo, con colocación y preparación del material.
3. A) 20 metros *all-out* de nado subacuático (sin equipamiento específico) con salida desde dentro de la piscina, contando el tiempo entre los 5 y 20 metros cuando pasa la cabeza del nadador.
4. 3 minutos de descanso pasivo, con la colocación del paracaídas al nadador.
5. B) 20 metros *all-out* de nado subacuático (con aletas y paracaídas de arrastre) con salida desde dentro de la piscina, contando el tiempo entre los 5 y 20 metros cuando pasa la cabeza del nadador.
6. 3 minutos de descanso pasivo.
7. Repetición de "B" las veces que sea necesario hasta que se aproximan los tiempos "A" y "B".

En el test (condiciones "A" y "B"), se realiza un recorrido en una piscina de 25 metros tal como se detalla en la *Figura 13*.

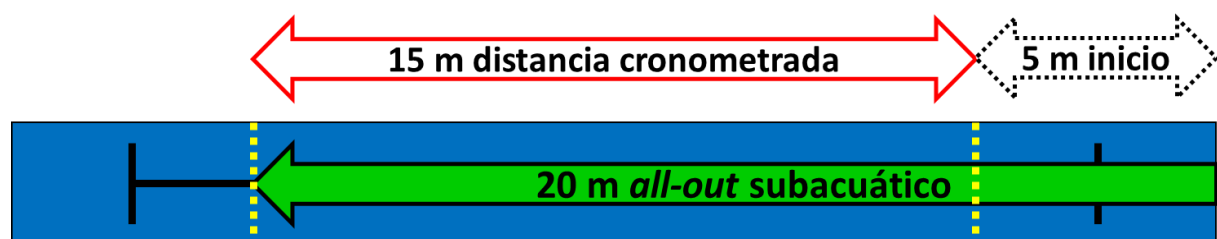


Figura 13. Representación gráfica del test.

### 3.4 Dificultades, limitaciones y pautas sobre el uso del paracaídas

- El protocolo se diseñó teniendo en cuenta que el paracaídas no comienza a actuar hasta que no se encuentra la cinta de unión (arnés-paracaídas -210 centímetros-) en tensión. Además, es necesario que, antes de que se impulse el nadador contra la pared para salir, el paracaídas se encuentre completamente abierto. De lo contrario, podrá entorpecerse su correcto funcionamiento. Es decir, quedará plegado o cogerá agua parcialmente, sin llegarse a llenar por completo. Por esta razón, los 5 primeros metros no se computan dentro del tiempo del protocolo.
- Teniendo en cuenta la premisa anterior, el propio nadador u otra persona deberá permanecer sujetando el paracaídas para que se mantenga abierto en el momento del inicio de la prueba (*Figura 14*).



*Figura 14.* Colocación del paracaídas antes de iniciar la prueba.

- El paracaídas a partir de 32,5 centímetros del cordón de reglaje de la carga, pierde su propiedad de hacer resistencia al avance, ya que se pliega deformándose completamente.
- La muestra de participantes es mínima, ya que resultaba muy difícil poder reproducir el protocolo en las mismas condiciones para todos. Por otra parte, la puesta en

práctica de esta intervención se realizó modificando el inicio de una sesión de entrenamiento individual.

- El proceso de toma de datos (i.e. tiempo en recorrer del metro 5 al 20) no pudo ser grabado ni analizado con software específico (i.e. Kinovea). Esto fue debido a que el nadador debía ir por debajo del agua realizando nado subacuático y no se disponía de cámaras acuáticas (grabando un plano lateral) o cámaras aéreas (grabando en planta) para la toma de tiempos. Por ello, se optó por hacerlo con cronómetro manual por un entrenador experimentado.
- No se ha realizado ningún seguimiento del protocolo.
- No se ha establecido ningún programa de entrenamiento con el sujeto voluntario, con el objetivo de evaluar las mejoras producidas gracias al nado resistido con el paracaídas acuático.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y APORTACIONES

---

### 4.1 Proceso de registro de datos

---

Tras encontrar la solución para el diseño del mecanismo de ajuste e individualización de la carga con el paracaídas de nado resistido, se procedió a realizar la fase de estudio de campo. Inicialmente se realizaron pruebas con el paracaídas más grande, el de 46x46 cm. Tras observar con varios nadadores que la diferencia de tiempos entre “A” y “B” (3.3 *Protocolo*) era muy lejana (diferencias superiores a los 5 segundos), se procedió a descartar su utilización en este estudio. Ante esta situación, se dio paso a utilizar el paracaídas de 34x34 centímetros. Este instrumento posee cierto margen de actuación “resistiendo” el nado. Es decir, desde la apertura completa, sin intervención del mecanismo de ajuste, hasta los 32,5 centímetros de longitud de la cuerda del mecanismo de ajuste, el paracaídas actúa haciendo su función de resistir al avance. Si mediante el reglaje del ajuste, se reduce esta medida de 32,5 centímetros, el paracaídas pierde su función, plegándose, y dejando así de hacer resistencia al avance.

Teniendo en cuenta estas limitaciones y aplicando el protocolo anteriormente descrito, se encontraron unos valores individualizados de carga mediante este instrumento en nuestro nadador colaborador. A continuación se detallarán los tiempos en cada una de las pruebas del protocolo.

- *Nadador:*
  - **Tiempo “A”:** 10,26 s.
  - Tiempo “B<sub>1</sub>” – paracaídas abierto completamente: 12,88 s.
  - Tiempo “B<sub>2</sub>” – reglaje a 45 cm: 12,80 s.
  - Tiempo “B<sub>3</sub>” – reglaje a 35 cm: 11,70 s.
  - **Tiempo “B<sub>4</sub>” – reglaje a 32,5 cm: 10,70 s.**
  - % de diferencia entre “A” y “B<sub>4</sub>” = 4,29%.

## **5. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS**

---

Tras la justificación teórica, referente a la mejora del rendimiento del nado subacuático ondulatorio a través del entrenamiento de nado resistido (i.e. con paracaídas acuático), y la puesta en práctica de ese implemento, se obtuvieron las siguientes conclusiones.

- El mecanismo de reglaje del paracaídas acuático, permite ajustar e individualizar la carga de nado resistido. Esta característica facilita mucho el trabajo durante el día a día, al ser una herramienta sencilla.
- Los rangos ideales del mecanismo de reglaje del dispositivo son desde la amplitud máxima (i.e. sin intervención del cordón de ajuste de carga), hasta los 32,5 centímetros de distancia al punto de anclaje de la cinta.
- Las pruebas realizadas en la piscina mostraron tanto la efectividad del mecanismo de reglaje como el correcto funcionamiento del dispositivo.
- Este trabajo cumplió los propósitos planteados inicialmente con el fin de aumentar la base científica con respecto a la mejora del rendimiento en la disciplina.
- La utilización de materiales de nado resistido con el fin de perfeccionar y aumentar el rendimiento en el nado subacuático ondulatorio está demostrada de forma práctica, pero aún falta documentación científica que lo respalde.

## **6. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO**

---

La investigación respecto al nado subacuático ondulatorio es escasa, incluso a día de hoy, a pesar de la gran cantidad de beneficios existentes en cuanto a la mejora del rendimiento deportivo y competitivo que presenta. Tener desarrollada, entrenada y perfeccionada esta cualidad marca la diferencia entre los buenos nadadores y los mejores. Estos últimos lo aprovechan para llegar más lejos y más rápido después de la salida y los virajes, respetando los límites establecidos en el reglamento (i.e. 15 metros), y así obtener mayor ventaja en cada prueba. Por lo tanto, el nado subacuático ondulatorio podría ser considerado como uno de los factores de rendimiento en este deporte.

Del mismo modo, el nado resistido es un método de entrenamiento contrastado que permite elevar el rendimiento del nadador. Esto ocurre tanto con los parámetros asociados con la velocidad de nado, como son la longitud y la frecuencia de ciclo, así como con parámetros de carácter más técnico, como pueda ser la coordinación entre piernas y brazos. Sin embargo, aún escasea la literatura científica que integre ambas perspectivas. Es decir, que emplee el nado resistido como medio de mejora para el nado subacuático ondulatorio.

Este estudio puede ser el punto de partida para comenzar a elaborar diversos trabajos sobre el nado resistido en relación con multitud de variables de estudio. La amplia fundamentación teórica presentada en este trabajo hace que se disponga de una base sólida para comenzar a trabajar sobre este tema.

Es necesario crear más programas de entrenamiento de nado resistido y compararlos entre sí para poder evaluar las potencialidades y debilidades de cada uno, desde una perspectiva científico-práctica. Es decir, que se pueda emplear en los entrenamientos del día a día sin afectar a las dinámicas habituales de trabajo. Con ello será posible ir ajustando y optimizando cada vez más los protocolos, de acuerdo a las necesidades en cada nivel, grupo o deportista.

Otro de los vacíos dentro de la literatura científica específica es la falta de suficientes trabajos sobre la individualización de la carga de nado resistido. Este es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que para realizar correctamente un programa de entrenamiento con esta metodología lo más adecuado es poder adaptar la carga a las necesidades del individuo. De esta manera, se podrán obtener mayores resultados, y en definitiva mejorar así el rendimiento en esta disciplina.

En la literatura científica actual apenas se encuentran investigaciones dedicadas a la caracterización de los materiales de nado resistido. Esto aunque pueda parecer algo simple

de encontrar, resulta complejo, ya que ningún estudio está orientado específicamente a tal propósito. Podría ser de gran ayuda encontrar algún artículo que reúna el amplio abanico de dispositivos, métodos, e intervenciones del que disponen tanto deportistas como entrenadores en este ámbito. Esto facilitaría mucho la labor a la hora de elaborar la programación y el diseño de las tareas de entrenamiento.

Por otro lado, también deberían de realizarse más investigaciones con respecto a los métodos específicos de mejora del nado subacuático ondulatorio. Este es uno de los motivos que impulsó a realizar el presente trabajo. Por lo tanto, la argumentación se justificó sobre la base científica existente de los cuatro estilos clásicos de nado (i.e. mariposa, espalda, braza y estilo libre – crol), orientándose a crear un mayor conocimiento específico sobre algunos métodos de mejora de este “5º estilo”. Así mismo, se desarrolló un protocolo con el objetivo de mejorar este aspecto tan vinculado al rendimiento en la disciplina. Sin embargo, no formó parte de su propósito inicial comprobar la eficacia de dicho protocolo. Por este motivo, en futuras intervenciones sería de gran interés tratar de reproducir y llevar a cabo la intervención práctica planteada, pudiendo así analizar los resultados obtenidos y comprobar la efectividad de la misma.

Para concluir y a modo de resumen de lo que se acaba de mencionar, hay que decir que aún falta documentación científica específica relacionada con la mejora del rendimiento en el nado subacuático ondulatorio mediante el nado resistido. Futuras líneas de investigación deberían de versar sobre temas como: diseño de programas de entrenamiento con nado resistido; individualización de la carga de nado resistido con diversos materiales (e.g. paracaídas acuáticos, máquinas específicas de nado atado con carga constante, gomas, etc.); comparación entre métodos y materiales de nado resistido en el entrenamiento; elaboración de métodos específicos para la mejora del nado subacuático ondulatorio.

## 7. REFLEXIÓN CRÍTICA Y VALORACIÓN PERSONAL

---

A la hora de llevar a cabo una investigación práctica es necesario disponer de los medios y recursos necesarios. En este caso se disponía del material y del tiempo necesario para llevar a cabo las ideas. Sin embargo, el contacto con los deportistas, a pesar de tener la oportunidad de realizar las prácticas curriculares en un club de natación, estuvo más restringido por varios motivos. 1) El grupo de nadadores era muy heterogéneo en cuanto a sus objetivos y actitud dentro del equipo. Es decir, había nadadores comprometidos con ganas de aprender y mejorar para lograr sus objetivos en competición, pero también había otros que simplemente querían nadar para mejorar su técnica o mantenerse ocupados en su tiempo libre. 2) Dependiendo del momento de la temporada/curso académico, muchos de los deportistas no asistieron a los entrenamientos. 3) La disposición inicial de los nadadores para realizar pruebas con los paracaídas, en general, fue alta. Pero a la hora de ejecutar el protocolo final, tan sólo un nadador del equipo se comprometió a realizarlo. Esto fue debido a que se requerían condiciones más especiales respecto a las habituales. Finalmente, el protocolo se realizó al inicio de un entrenamiento matinal, adaptando el volumen y la intensidad en función de la puesta en práctica de la intervención.

Por otra parte, para la construcción del mecanismo de ajuste de carga en los paracaídas se trató de crear algo simple y efectivo que tuviese utilidad práctica. Tras un periodo pensando en la idea y viendo otros mecanismos ya existentes, finalmente se decidió hacer una modificación de los materiales que se disponían (dos paracaídas acuáticos). Salvando las limitaciones mencionadas en el apartado anterior, *3.4 Dificultades, limitaciones y pautas sobre el uso del paracaídas*, se puede decir que el implemento resulta efectivo y funcional de acuerdo con los objetivos que se pretenden conseguir.

Para concluir, el mecanismo de ajuste de carga de nado resistido creado en este trabajo es la base sobre la cual se podrá comenzar a investigar más profundamente en este tema. Uno de los objetivos que persigue este estudio, al igual que todos los trabajos de este máster, es la aplicación práctica al ámbito del entrenamiento y del rendimiento deportivo. En numerosas ocasiones, los protocolos utilizados científicamente no reúnen los requerimientos necesarios que puedan tener una utilidad práctica en este contexto. Por este motivo es necesario crear medios e instrumentos que puedan servir para tal fin.



## 8. REFERENCIAS

---

- Adams, T. A., Martin, R. B., Yeater, R. A., Gilson, K. A. (1984). Tethered force and velocity relationships. *Swimming Technique*, 20(3), 21-26.
- Arellano, R., Moreno, F.J., Martínez, M., & Ona, A. (1996). A device for quantitative measurement of starting time in swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 195–200). Londres: E & FN Spon.
- Arellano, R., Pardillo, S., & Gavilán, A. (2002). Underwater undulatory swimming: Kinematic characteristics, vortex generation and application during the start, turn and swimming strokes. En K. E. Gianikellis (Presidencia), *Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports*. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Arellano, R., Pardillo, S., & Gavilán, A. (2003). Usefulness of the Strouhal number in evaluating human underwater undulatory swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. University of Saint-Etienne, France, 33-38.
- Arroyo-Toledo, J. J. (2011). *Comparación de dos modelos de periodización (tradicional e inversa) sobre el rendimiento en la natación de velocidad* (Tesis doctoral). Facultad de Ciencias del Deporte, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Aspenes, S., Kjendlie, P. L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 357-365.
- Connaboy, C., Coleman, S., & Sanders, R. H. (2009). Hydrodynamics of undulatory underwater swimming: A review. *Sports Biomechanics*, 8(4), 360-380.
- Connaboy, C., Coleman, S., Moir, G., & Sanders, R. (2010). Measures of reliability in the kinematics of maximal undulatory underwater swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(4), 762-770.
- Connaboy, C., Naemi, R., Brown, S., Psycharakis, S., McCabe, C., Coleman, S., & Sanders, R. (2016). The key kinematic determinants of undulatory underwater swimming at maximal velocity. *Journal of Sports Sciences*, 34(11), 1036-1043.
- Cortesi, M., Di Michele, R., & Gatta, G. (2017). Effects of intra-cyclic velocity variations on the drag exerted by different swimming parachutes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, [epub ahead of print], 1-7.

- Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine, [epub ahead of print]* 1-23.
- Dintiman, G. B. (1974). What research tells the coach about sprinting. *American Association for Health, Physical Education, and Recreation, 85*.
- Elipot, M., Hellard, P., Taiar, R., Boissière, E., Rey, J. L., Lecat, S., & Houel, N. (2009). Analysis of swimmers' velocity during the underwater gliding motion following grab start. *Journal of Biomechanics, 42*(9), 1367-1370.
- Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N., & Chatard, J. C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 20*(3), 547-554.
- Higgs, A. J., Pease, D. L., & Sanders, R. H. (2017). Relationships between kinematics and undulatory underwater swimming performance. *Journal of Sports Sciences, 35*(10), 995-1003.
- Hochstein, S., & Blickhan, R. (2011). Vortex re-capturing and kinematics in human underwater undulatory swimming. *Human Movement Science, 30*(5), 998-1007.
- Houel, N., Elipot, M., André, F., & Hellard, P. (2013). Influence of angles of attack, frequency and kick amplitude on swimmer's horizontal velocity during underwater phase of a grab start. *Journal of Applied Biomechanics, 29*(1), 49-54.
- Kirwan, J. P., Costill, D. L., Flynn, M. G., Mitchell, J. B., Fink, W. J., Neuffer, P. D., & Houmard, J. A. (1988). Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 20*(3), 255-259.
- Llop, F., Arellano, R., González-Millán, C., Hernando, E., Martín-Morell, A., & Navarro, F. (2002a). Análisis del lactato después del entrenamiento de nado resistido. *Archivos de Medicina del Deporte, 19*(92), 459-464.
- Llop, F., Arellano, R., González-Millán, C., Navarro, F., & García, J. M. (2002b). Variaciones en la técnica de crol durante el nado resistido con paracaídas. *European Journal of Human Movement, 8*, 7-20.
- Llop, F., Navarro, F., & González-Millán, C. (1998). Variación de la frecuencia de ciclo y de la concentración de lactato entre el nado normal y el nado resistido con gomas en

- jóvenes nadadores de 14 y 15 años. *NSW Publicación Oficial de la Asociación Española de Técnicos de Natación*, 10(4), 29-42.
- Lyttle, A. D., Blanksby, B. A., Elliott, B. C., & Lloyd, D. G. (2000). Net forces during tethered simulation of underwater streamlined gliding and kicking techniques of the freestyle turn. *Journal of Sports Sciences*, 18(10), 801-807.
- Maglischo, E. W. (1986). *Nadar más rápido*. Barcelona: Hispano Europea.
- Maglischo, E. W., Maglischo, C. W., Zier, D. J., & Santos, T. R. (1985). The effect of sprint-assisted and sprint-resisted swimming on stroke mechanics. *Journal of Swimming Research*, 1(2), 27-33.
- Mason, B., & Cossor, J. (2000). What we can learn from competition analysis at 1999 pan Pacific Swimming Championships. En Y. Hong, D. P. Johns, & R. Sanders (Presidencia), *Proceedings of XVIII Symposium on Biomechanics in Sports*. Hong Kong, 75–82.
- Mason, B., & Cossor, J. (2001). Swim turn performances at the Sydney 2000 Olympic Games. En J. R. Blackwell, R. H. Sanders (Presidencia), *Proceedings of XIX International Symposium on Biomechanics in Sports. Proceedings of Swim Sessions*. San Francisco.
- Muller, U. K., Smit, Mavridis, G., Kabitsis, C., Gourgoulis, V., & Toubekis, A. (2006). Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. *Portuguese Journal of Sports Science*, 6, 304–306.
- Monteil, K. M., & Roudar, A. H. (1994). Free swimming versus paddles swimming in front crawl. *Journal of Human Movement Studies*, 27, 89-99.
- Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169.
- Navarro, F., & Oca, A. (2016). *Entrenamiento físico del nadador*. Área de Formación y Actualización de Entrenadores. Madrid: ENE-RFEN.
- NauticExpo (s.f.). Aletas Cressi sub - Clio [Figura]. Recuperado de [http://img.nauticexpo.es/images\\_ne/photo-g/21450-8247635.jpg](http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/21450-8247635.jpg)

- Oca, A. [zitaSport]. (2014, octubre 10). Medición de la fuerza en natación AQUAFORCE [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=-p4g-2uglRQ>
- Payton, C. J., & Lauder, M. A. (1995). The influence of hand paddles on the kinematics of front crawl swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 28(4), 175-192.
- Pessôa-Filho, D. M., & Denadai, B. S. (2008). Mathematical basis for modeling swimmer power output in the front crawl tethered swimming: an application to aerobic evaluation. *The Open Sports Sciences Journal*, 1, 31-37.
- Poirier-Leroy, O. (s. f.). Posición hidrodinámica en nado subacuático [Figura]. Recuperado de <https://www.yourswimlog.com/swimming-workouts/>
- Sanders, R. (2002). New analysis procedures for giving feedback to swimming coaches and swimmers. En K. E. Gianikellis (Presidencia) *Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports*. Universidad de Extremadura, Cáceres, 1-14.
- Schnitzler, C., Brazier, T., Button, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2011). Effect of velocity and added resistance on selected coordination and force parameters in front crawl. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2681-2690.
- Sexsmith, J. R., Oliver, M. L., & Johnson, J. M. (1992). Acute responses to surgical tubing and biokinetic swim bench interval exercise. *Journal of Swimming Research*, 8, 5-10.
- Sharp, R. L., & Costill, D. L. Influence of body hair removal on physiological responses during breaststroke swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(5), 576-580.
- Smith, D. J., Norris, S. R., & Hogg, J. M. (2002). Performance evaluation of swimmers. *Sports Medicine*, 32(9), 539-554.
- SwimStore (2016). Nado resistido con paracaídas acuático [Figura]. Recuperado de <https://swimstore.mx/wp-content/uploads/2016/01/Swim-Parachute-8-inch-Usage1.jpg>
- Telles, T., Barbosa, A. C., Campos, M. H., & Junior, O. A. (2011). Effect of hand paddles and parachute on the index of coordination of competitive crawl-strokers. *Journal of Sports Sciences*, 29(4), 431-438.
- Telles, T., Barroso, R., Barbosa, A. C., Salgueiro, D. F. D. S., Colantonio, E., & Júnior, O. A. (2015). Effect of hand paddles and parachute on butterfly coordination. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1084-1092.

- Telles, T., Barroso, R., Figueiredo, P., Salgueiro, D. F. D. S., Vilas-Boas, J. P., & Junior, O. A. (2016). Effect of hand paddles and parachute on backstroke coordination and stroke parameters. *Journal of Sports Sciences*, 35(9), 906-911.
- Toubekis, A. G., Peyrebrune, M. C., Lakomy, H. K., & Nevill, M. E. (2008). Effects of active and passive recovery on performance during repeated-sprint swimming. *Journal of Sports Sciences*, 26(14), 1497-1505.
- Toussaint, H. M., & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 228–233.
- Ungerechts, B. E., Persyn, U., & Colman, V. (2000). Analysis of swimming techniques using vortex traces. En Y. Hong, D. P. Johns, R. Sanders (Presidencia), *Proceedings of the XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports*. The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, 104-112.
- Veiga, S., & Roig, A. (2017). Effect of the starting and turning performances on the subsequent swimming parameters of elite swimmers. *Sports Biomechanics*, 16(1), 34-44.
- Vivodeporte (s. f.). Cono de nado resistido: Dragster Speedo [Figura]. Recuperado de <https://www.vivodeporte.com.mx/te-interesa/dragster-speedo/>
- Von Loebbecke, A., Mittal, R., Fish, F., & Mark, R. (2009). A comparison of the kinematics of the dolphin kick in humans and cetaceans. *Human Movement Science*, 28(1), 99-112.
- Zamparo, P., Vicentini, M., Scattolini, A., Rigamonti, M., & Bonifazi, M. (2012). The contribution of underwater kicking efficiency in determining "turning performance" in front crawl swimming. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(5), 457-464.