

Ernest W. Maglischo

# NATACIÓN

Técnica, Entrenamiento y Competición



Ernest W. Maglischo

NATACIÓN



# ***Natación. Técnica, entrenamiento y competición***

*Dr. Ernest W. Maglischo*



## **España**

*Editorial Paidotribo*

Les Guixeres

C/de la Energía, 19-21 08915 Badalona

Tel.: 00 34 93 323 33 11

Fax: 00 34 93 453 50 33

[www.paidotribo.com](http://www.paidotribo.com)

[paidotribo@paidotribo.com](mailto:paidotribo@paidotribo.com)

## **Argentina**

*Editorial Paidotribo Argentina*

Adolfo Alsina, 1537

C1088 AAM Buenos Aires

Tel.: 00 54 11 4383 64 54

Fax: 00 54 11 4383 64 54

[www.paidotribo.com.ar](http://www.paidotribo.com.ar)

[paidotribo.argentina@paidotribo.com](mailto:paidotribo.argentina@paidotribo.com)

## **México**

*Editorial Paidotribo México*

Lago Viedma, 81

Col. Argentina

11270 Delegación Miguel Hidalgo

México D.F.

Tel.: 00 52 55 55 23 96 70

Fax: 00 52 55 55 23 96 70

[www.paidotribo.com.mx](http://www.paidotribo.com.mx)

[paidotribo.mexico@paidotribo.com](mailto:paidotribo.mexico@paidotribo.com)

Título original: *Swimming fastest*

Copyright de la edición original: © 2003 by Ernest W. Maglischo

Traducción: Diane Schofield

Revisión técnica: Moisés Gosálvez

Diseño cubierta: Rafael Soria

© 2009, Ernest W. Maglischo

Editorial Paidotribo

Les Guixeres

C/de la Energía, 19-21

08015 Badalona (España)

Tel.: 93 323 33 11 - Fax: 93 453 50 33

<http://www.paidotribo.com>

<http://www.paidotribo-ebooks.com>

E-mail: [paidotribo@paidotribo.com](mailto:paidotribo@paidotribo.com)

Primera edición

ISBN: 978-84-8019-045-9

ISBN EPUB: 978-84-9910-138-5

Fotocomposición: Editor Service, S.L.

Diagonal, 299 - 08013 Barcelona

Impreso en España por Sagrafic

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos

la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

Este libro está dedicado a mi esposa, Cheryl.  
Fue el amor de mi vida, y se fue demasiado pronto.  
Cheryl me dio el amor y el apoyo  
que me inspiraron para escribir este libro  
y para lograr todos los demás éxitos de mi vida.

---

# ÍNDICE

---

## **Prefacio**

## **Primera parte - La técnica**

- 1. Cómo aumentar la propulsión**
- 2. Reducir la resistencia**
- 3. Directrices para aumentar la propulsión y reducir la resistencia**
- 4. El estilo libre**
- 5. Mariposa**
- 6. Espalda**
- 7. Braza**
- 8. Salidas, virajes y llegadas**

## **Segunda parte - El entrenamiento**

- 9. Las respuestas fisiológicas al entrenamiento**
- 10. El metabolismo de la energía y el rendimiento en la natación**
- 11. Los beneficios del entrenamiento para el rendimiento**
- 12. Los principios del entrenamiento**
- 13. El entrenamiento de resistencia**
- 14. Entrenamientos de velocidad, a velocidad competitiva y de recuperación**
- 15. El entrenamiento para diferentes pruebas competitivas**
- 16. El seguimiento del entrenamiento**
- 17. La planificación de la temporada**
- 18. La puesta a punto**
- 19. El sobreentrenamiento**

### **Tercera parte - La competición**

- 20. La frecuencia y la longitud de brazada**



**21. Escoger el ritmo y la estrategia apropiados**

**22. El calentamiento y la vuelta a la calma**

**Bibliografía**

**Índice alfabético**

**Acerca del autor**

---

# Prefacio

---



Cuando se publicó la primera edición en inglés de este libro *Swimming fastest* en 1982, sentí tanto regocijo como humildad con motivo de su acogida en el mundo de la natación. Experimenté las mismas emociones cuando salió la segunda edición en 1993 y fue seleccionada como el mejor manual sobre la natación competitiva por los miembros de la federación estadounidense de natación US Swimming (ahora conocida como USA Swimming). Hoy en día la investigación avanza a un ritmo increíblemente veloz por lo que existe mucha información nueva para merecer otra edición.

Aunque se ha revisado y actualizado la información, el objetivo no ha cambiado: aplicar la información científica al proceso de entrenamiento para que los entrenadores puedan entrenar a sus nadadores con más efectividad y los nadadores dedicados puedan mejorar su rendimiento. Me he esforzado para comunicar no sólo el *cómo* sino también el *por qué* del entrenamiento. Espero que los entrenadores y atletas utilizarán *Natación. Entrenamiento, técnica y competición*, traducción de la última edición en inglés en *Swimming fastest*, para instruirse en los campos de la hidrodinámica y de la fisiología del ejercicio y poder evaluar los conceptos actuales y futuros del entrenamiento y de la mecánica de los estilos. Mi objetivo es proporcionar una referencia a todos los elementos de la natación competitiva. No pretendo que se lea el libro de la primera a la última

página, sino que espero que sirva como una fuente de información que los entrenadores pueden bajar de la estantería para investigar un tema que les interesa en ese momento.

*Natación. Entrenamiento, técnica y competición* se divide en tres partes. La primera parte trata de las técnicas de la natación competitiva y la segunda parte trata del entrenamiento. La tercera parte versa sobre los temas que pertenecen específicamente a la competición y las pruebas.

Considero la primera parte la más importante de esta nueva edición porque contiene mucha información reciente. Ha habido varios avances desde la publicación de la última edición, de los cuales el más importante es la reevaluación del papel desempeñado por las fuerzas de sustentación en la propulsión del nadador. La investigación reciente sugiere que los nadadores no utilizan los miembros como si tuvieran un perfil de ala ni como paletas de hélice para aplicar las fuerzas propulsoras, sino que pueden estar utilizándolos como palas para empujar el agua hacia atrás con una trayectoria diagonal. Estos hallazgos de la investigación me hicieron reevaluar mis propias creencias en cuanto a la base física de la propulsión en la natación y las técnicas utilizadas por los nadadores para aplicar la fuerza propulsora. Ahora creo que parte de la información que presenté acerca de la mecánica de los estilos en las ediciones anteriores fue incorrecta. Mi principal propósito en esta nueva edición es corregir esta información.

Para ayudar a ilustrar la técnica correcta, la primera parte incluye un gran número de fotografías secuenciales de los estilos competitivos, salidas y virajes. En la mayoría de los casos, las fotografías son nuevas en esta edición y muestran a nadadores de la élite mundial. Se han incluido también en esta edición nuevos dibujos para ilustrar los

componentes importantes de estas destrezas. Sin embargo, al igual que en las ediciones anteriores, cada capítulo sobre el estilo competitivo, junto con el capítulo sobre salidas y virajes, contiene secciones sobre fallos comunes en los estilos y ejercicios para corregirlos.

La segunda parte cubre el proceso del entrenamiento en detalle. A diferencia de la mecánica de los estilos, las teorías sobre el entrenamiento no han cambiado mucho desde la edición anterior de este libro. El umbral anaeróbico sigue siendo el concepto crucial alrededor del que se planifica el entrenamiento. Sin embargo, hace falta revisar algunos aspectos de este concepto. Por ejemplo, el umbral anaeróbico no representa la velocidad de entrenamiento más eficaz para mejorar la resistencia aeróbica. Es sólo una de las muchas velocidades diferentes que deben utilizarse. Existen razones convincentes por las que los nadadores deben entrenarse frecuentemente a velocidades que sean mayores y menores que las del umbral anaeróbico. En esta edición se presenta por primera vez una explicación de los efectos de varias velocidades de entrenamiento sobre las fibras musculares de contracción rápida y las de contracción lenta.

Otro aspecto que necesita estudiarse en más profundidad es la relación entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad. Estos dos tipos de entrenamiento producen efectos antagónicos, en cuanto el entrenamiento de resistencia tiende a reducir la velocidad, y el entrenamiento de velocidad tiende a reducir la resistencia. Se deben equilibrar los efectos con mucha precisión de manera que los nadadores utilicen la combinación óptima de los dos para lograr el mejor rendimiento posible en la carrera. Se habló sobre la posible relación antagónica del entrenamiento de resistencia con el de velocidad en la edición anterior de este libro, pero había pocas

investigaciones sobre este tema en aquel momento. Nuevas investigaciones importantes definen ahora esta relación con más precisión. Una característica destacada de esta edición será presentar estos estudios y sugerir sus implicaciones para el entrenamiento. La segunda parte también contiene muchos gráficos y figuras que ilustran y resumen la información más importante.

Al igual que en las ediciones anteriores, he evitado cuidadosamente presentar la información sobre el entrenamiento en formato de “recetario”. Existen todavía demasiadas áreas en las que predominan las preguntas en lugar de las respuestas. En lugar de esto, he tratado de indicar las preguntas y presentar ambos lados del tema para que los lectores puedan sacar sus propias conclusiones y desarrollar sus propios planes innovadores de entrenamiento.

Los temas presentados en la tercera parte tratan de la competición y de las pruebas. La información acerca de la selección del ritmo, la estrategia, las frecuencias de brazada y el calentamiento no ha cambiado, pero ha sido actualizada desde la última edición.

Espero que este libro sea tan bien acogido como las ediciones anteriores. También espero que la información presentada ayude a los nadadores a seguir mejorando durante muchos años.

## Primera parte

# ***La técnica***

La natación competitiva es un deporte único. Los atletas compiten suspendidos en un medio líquido y deben propulsar su cuerpo haciendo fuerza contra el líquido en lugar de sustancias sólidas, lo que implica dos importantes desventajas en comparación con los deportes practicados en tierra. La primera es que el agua ofrece menos resistencia a los esfuerzos propulsores de los nadadores que, por ejemplo, la tierra contra la que hacen fuerza los corredores. La otra es que el agua, a causa de su mayor densidad, ofrece una resistencia considerablemente aumentada al avance de los nadadores comparada con la ofrecida por el aire a los atletas en tierra. Por éstas y otras razones, las aplicaciones normales de los principios del movimiento no siempre se aplican a la natación de la misma manera que se asignan a los deportes practicados en tierra, lo que ha dificultado la identificación de los principios físicos que deben aprovechar los nadadores para propulsar el cuerpo a través del agua con mayor eficacia.

Como consecuencia, se han presentado varias teorías diferentes sobre la propulsión en la natación. Se presenta un análisis de dichas teorías en el capítulo 1. Aunque nuestra comprensión de la propulsión en la natación no es completa ni mucho menos, creo que la información presentada en el primer capítulo de esta edición nos acerca más que nunca a comprender los mecanismos de la propulsión en la natación humana mientras que, al mismo tiempo, corrige algunas de mis interpretaciones anteriores sobre los mismos.

El capítulo 2 trata de la resistencia del agua y su efecto negativo sobre el movimiento hacia delante. Los tipos de resistencia que ofrece el agua y que deben combatir los nadadores se describen en este capítulo junto con las técnicas que pueden emplearse para reducirlos.

En el capítulo 3 he tratado de utilizar la información presentada en los primeros dos capítulos para describir las técnicas de brazada y batido comunes a todos los estilos competitivos. La información presentada en los primeros dos capítulos se ha empleado para desarrollar pautas para lograr brazadas y batidos eficaces en todos los estilos de natación.

En los cuatro capítulos siguientes se describen las técnicas de los estilos de la natación competitiva. El crol, comúnmente llamado *estilo libre*, es el tema del capítulo 4, seguido de una descripción del estilo mariposa en el capítulo 5, espalda en el capítulo 6 y braza en el capítulo 7. Las salidas, los virajes y las llegadas se describen en el capítulo 8, el último de la primera parte.

Gran parte de las investigaciones citadas en los capítulos 1, 2 y 3 se centran en el concepto de movimiento relativo.

La explicación de dicho concepto puede ayudar a comprender las implicaciones de dichas investigaciones.

## **Movimiento relativo**

Es difícil medir las fuerzas ejercidas por los nadadores contra el agua mientras se desplazan. Por lo tanto, gran parte de la investigación relacionada con la propulsión en la natación humana ha sido realizada con modelos de escayola de las manos y de los brazos de los nadadores que han sido suspendidos en canales de viento y de agua. Los modelos permanecen estacionarios mientras que fluye el agua o el aire impulsado por algún dispositivo motorizado. Existen varias razones por las que dicho método es válido.

Tanto el aire como el agua se clasifican como fluidos. Por consiguiente los principios físicos que se aplican al uno también se aplican a la otra, aunque el agua es considerablemente más densa que el aire. Además, dado que la diferencia entre la velocidad de los objetos y la del agua es igual si los objetos se desplazan en el fluido o se desplaza éste, las fuerzas ejercidas por los fluidos sobre los objetos estacionarios suspendidos en ellos serán las mismas que las ejercidas por los objetos que se desplazan a la misma velocidad por los fluidos estacionarios. Por lo tanto son relativos los unos respecto a los otros.

Los científicos han hecho muchos hallazgos importantes estudiando los modelos a escala de objetos en túneles de viento o canales de agua. De hecho, éste fue el método



utilizado por los hermanos Wright para estudiar el potencial de las formas de ala para volar.



**Figura I.1.** Trayectorias de la brazada del estilo libre vistas desde un lado (a) y de frente (b) dibujadas en relación con un punto fijo de la piscina.

---

## Trayectorias de brazada y patrones de velocidad

Utilizaré diversos gráficos para ilustrar varios aspectos de la propulsión en la natación. Los dos que utilizo con más frecuencia son trayectorias de brazada y patrones de la velocidad del cuerpo.

Tradicionalmente se han elaborado las trayectorias de brazada punteando el movimiento del dedo corazón durante los movimientos subacuáticos de la brazada. Dichas trayectorias pueden presentarse desde dos puntos de vista. El primero es relativo a un punto fijo de la piscina. Este método ilustra las direcciones y distancias relativas verdaderas que las manos recorren al ejecutar la brazada.

La ilustración en la figura I.1 muestra las vistas lateral y frontal de las trayectorias de brazada en el estilo libre.

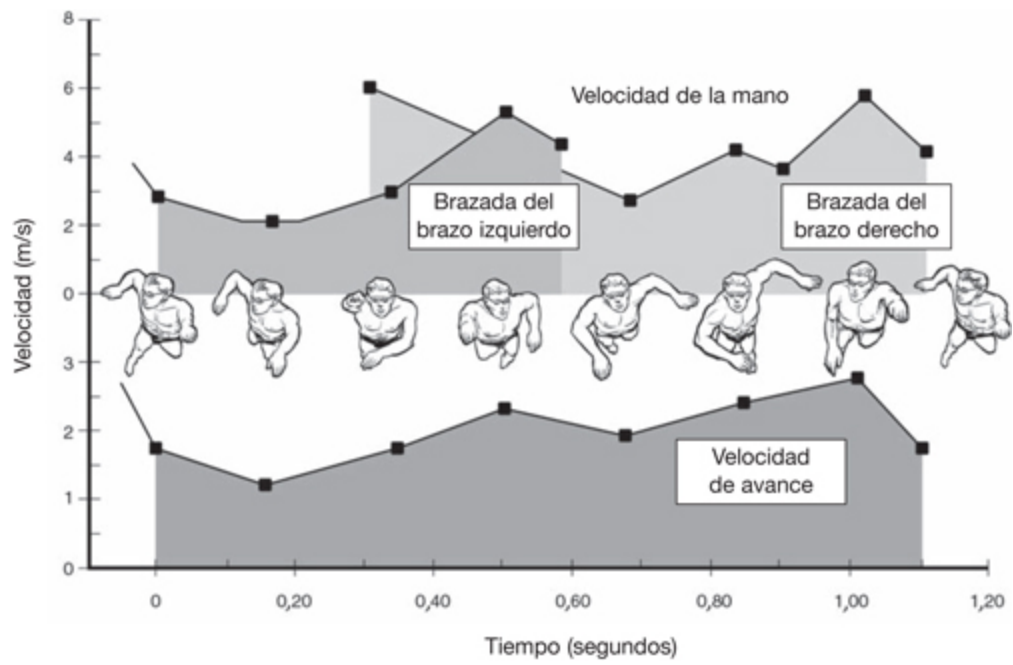
Las direcciones son trayectorias circulares tridimensionales complejas. Desafortunadamente, estas trayectorias sólo pueden ilustrarse en dos dimensiones en la página impresa. Por lo tanto, una trayectoria de brazada debe ilustrarse desde por lo menos dos puntos de vista diferentes para que puedan verse los tres componentes direccionales. Por ejemplo, en la figura I.1 los componentes vertical (hacia arriba / hacia abajo) y horizontal (hacia delante / hacia atrás) del movimiento pueden discernirse desde la vista lateral de la trayectoria, mientras que el componente lateral (hacia dentro / hacia fuera) puede observarse en la trayectoria de la vista frontal. Sólo necesitas combinar ambas vistas en la mente para visualizar la naturaleza tridimensional real de los movimientos de la mano durante las varias fases de la brazada subacuática.

El segundo método para ilustrar las trayectorias de la brazada se basa en los movimientos de las manos y de los brazos relativos al cuerpo. Ilustraciones de este tipo presentan los movimientos de los brazos como si estuviesen desplazándose en relación con un cuerpo estacionario. En realidad, por supuesto, el cuerpo también se está desplazando hacia delante, dejando la mano atrás, cuando la mano y el brazo se están moviendo diagonalmente hacia atrás dejando el cuerpo por delante. El valor de ilustrar una trayectoria de brazada relativa al cuerpo reside en su uso como ayuda didáctica. La mejor manera para los nadadores de aprender los movimientos correctos de brazos y manos es desplazándolos de un punto a otro relativo al cuerpo durante las varias fases de cada brazada subacuática (es decir, atrayendo la mano por debajo del pecho, empujándola hacia fuera y arriba hacia el muslo, etc.).

Los patrones de la velocidad de avance ilustrados en los siguientes capítulos muestran los cambios en la velocidad de avance del centro de masas de los nadadores durante un ciclo completo de brazada. Los gráficos de este tipo ilustran la naturaleza propulsora de cada fase del ciclo, específicamente si los nadadores están acelerando o desacelerando y por cuánto. Este gráfico es unidimensional ya que ilustra sólo la velocidad de avance. El cuerpo también se estará moviendo hacia arriba y hacia abajo y de lado a lado durante cada ciclo de brazada, pero no se representan estas velocidades. Un ejemplo de los gráficos de velocidad de las manos y del cuerpo para nadadores del estilo libre se muestra en la figura 1.2.

También están incluidos en los gráficos de velocidad los patrones de velocidad de las manos, que se dibujan según la velocidad del dedo corazón durante la brazada subacuática. Los gráficos ilustran los cambios de la velocidad de las manos y su relación con la velocidad de avance durante la brazada subacuática. A diferencia de los patrones de velocidad del cuerpo, los patrones de velocidad de las manos son de naturaleza tridimensional. No representan la velocidad en ninguna dirección particular, es decir, hacia delante o hacia atrás, sino que son la suma algebraica de los movimientos de las manos en todas las direcciones durante una fase particular de la brazada. Por ejemplo, el valor de la velocidad de las manos durante la última parte del movimiento hacia dentro es una combinación de las velocidades de las manos en las direcciones hacia dentro, hacia arriba y hacia atrás.

Espero que esta información dé más significado al contenido de los capítulos que conforman la primera parte. Dicho esto, quiero continuar con el capítulo 1 para hablar sobre las diferentes teorías de la propulsión en la natación.



**Figura I.2.** Patrones de velocidad para las manos y el cuerpo en el estilo libre.

# 1

## **Cómo aumentar la propulsión**

**C**uando se publicó la primera edición de este libro en inglés a principios de los ochenta, yo creía que el efecto Bernoulli, que explicaré más adelante, producía las fuerzas de sustentación que eran las principales responsables de la propulsión en la natación. En aquella edición sugerí una mecánica para los cuatro estilos competitivos que implicaba movimientos tridimensionales de remada en los que los nadadores utilizaban los miembros como objetos con perfil de ala para maximizar la producción de dichas fuerzas de sustentación.

Todavía mantenía la opinión de que las fuerzas de sustentación representaban un mecanismo propulsor importante cuando se publicó la segunda edición en inglés a principio de los noventa. Para entonces, sin embargo, había llegado a dudar de que el efecto Bernoulli fuera responsable de dichas fuerzas de sustentación, y sugerí en su lugar que

el tercer principio del movimiento de Newton, el de la acción y reacción, era el principio físico más importante responsable de la propulsión en la natación. Había llegado a creer, inequívocamente, que los nadadores tenían que empujar el agua hacia atrás para desplazarse hacia delante. Sin embargo, seguía creyendo que los nadadores estaban remando sus miembros por el agua como objetos con perfil de ala para propulsar el cuerpo hacia delante. La diferencia era que creía que dichos movimientos de remada estaban desplazando el agua hacia atrás en lugar de utilizar el mecanismo de Bernoulli para crear fuerzas de sustentación.

Hoy en día estoy más convencido que nunca de que el tercer principio del movimiento de Newton es el mecanismo de propulsión más importante en la propulsión de la natación humana. Sin embargo, ya no creo que los nadadores remen con sus miembros por el agua como objetos con perfil de ala para producir dicha propulsión. Ahora creo que utilizan sus miembros como palas para empujar grandes cantidades de agua hacia atrás y desplazarlas una distancia corta. Sigo creyendo que la propulsión en la natación se produce mediante una combinación de fuerzas de sustentación y de arrastre, pero ahora sugiero que los nadadores producen estas fuerzas utilizando sus miembros como palas y no como objetos con perfil de ala.

## **Comprender la sustentación y el arrastre**

Aunque los términos de *sustentación* y *arrastre* son familiares para los nadadores, puede que algunos lectores

no comprendan todas sus implicaciones. Por lo tanto, quiero definirlos antes de proseguir.

## **Arrastre**

*Arrastre* es el término utilizado para identificar la resistencia del agua a los movimientos del nadador que se desplaza a través de ella. El agua tiene densidad porque está formada por billones de moléculas de hidrógeno y oxígeno. Por lo tanto, al igual que el aire, se clasifica como un semisólido. Sin embargo el agua, dado que es 1.000 veces más densa que el aire, ofrece una resistencia significativamente mayor a los movimientos del nadador. Esta resistencia es causada por la diferencia en la presión del agua delante y detrás del nadador. Los objetos tienden a ser empujados desde zonas de alta presión hacia zonas de baja presión. Por consiguiente si la presión del agua por delante del nadador es mayor que la presión por detrás, su velocidad de avance será reducida a no ser que pueda superar la presión añadida ejerciendo mayor fuerza. La reducción de la velocidad será directamente proporcional a la magnitud de la diferencia de presión entre el agua que está por delante y el agua que está por detrás.

*La fuerza de arrastre se ejerce siempre en la dirección opuesta a la dirección del movimiento.* En otras palabras, es una fuerza que se opone al movimiento de un objeto. Normalmente pensamos en el arrastre como algo negativo, una fuerza que nos impide avanzar. Es cierto que las fuerzas de arrastre pueden reducir la velocidad de natación cuando la resistencia del agua impide que el nadador avance. Sin embargo, el arrastre también puede ser propulsor. Los nadadores pueden acelerar el cuerpo hacia delante

empujando sus miembros hacia atrás contra la resistencia del agua, de la misma forma que los corredores impulsan su cuerpo hacia delante empujando hacia atrás en el suelo. Por supuesto la diferencia principal es que el agua, siendo un fluido, cede cuando los miembros la empujan, mientras que el suelo no. Por lo tanto la propulsión en la natación es mucho menos eficaz que la propulsión en la tierra. El cuerpo no acelera hacia delante tan rápidamente ni cubrirá tanto espacio cuando los nadadores empujan hacia atrás contra el agua como lo que ocurre con el cuerpo de un corredor.

Para facilitar la comunicación, voy a dividir el concepto único de la fuerza de arrastre en dos tipos. Las fuerzas de arrastre que retienen a los nadadores se llamarán *arrastre resistivo* y las fuerzas de arrastre que aceleran a los nadadores hacia delante se llamarán *arrastre propulsor*.

## **Sustentación**

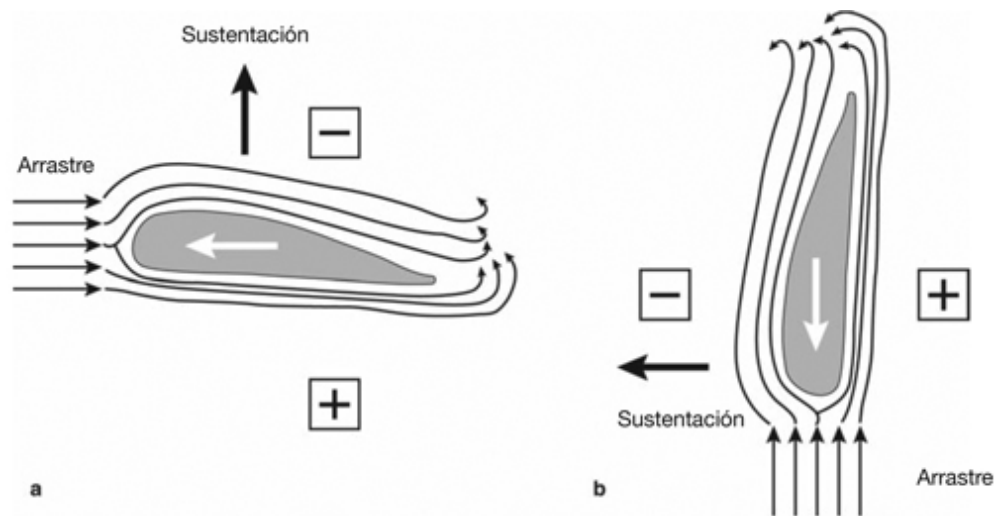
*La fuerza de sustentación se ejerce perpendicularmente a la fuerza de arrastre. Tiene que estar presente la fuerza de arrastre antes de que se pueda producir la de sustentación. La sustentación, como el arrastre, es causada por diferencias en la presión entre dos lados de un objeto. Sin embargo, en lugar de resistirse al movimiento de un objeto, la fuerza de sustentación empuja el objeto en la dirección en que se ejerce. La figura 1.1a ilustra una manera en la que un aumento de la presión por debajo de un objeto con perfil de ala puede producir sustentación. En esta ilustración, un objeto con perfil de ala se está desplazando de derecha a izquierda por el agua en la dirección de la flecha dibujada en él. La diferencia de presión entre el agua delante del objeto, donde es mayor, y detrás del objeto, donde es menor,*



crea una fuerza de arrastre opuesta al movimiento del objeto. La dirección de la fuerza de arrastre está indicada por los vectores de arrastre.

El objeto con perfil de ala parte el flujo de moléculas de agua al entrar en él. Algunas moléculas son empujadas debajo del objeto y otras son empujadas por encima de él. (Flujos de moléculas también son empujados a cada lado del objeto, aunque no se aprecia en esta ilustración bidimensional.) Dado que el ritmo del flujo que fluye por debajo del objeto con perfil de ala se frena un poco, las moléculas de agua se amontonan mucho y aumenta la presión debajo del objeto. Al mismo tiempo, el ritmo del flujo aumenta por encima del objeto. Las moléculas del agua están menos apretadas, lo que causa una reducción de la presión por encima del objeto. Como resultado de este diferencial de presión, el objeto es empujado hacia arriba desde abajo donde la presión es mayor (+) hasta arriba donde la presión es menor (-). *Sustentación* o *elevación* es el término utilizado para designar esta fuerza que empuja.

Es una pena que se haya utilizado el término *sustentación* para identificar esta fuerza que empuja porque las fuerzas de sustentación no siempre actúan en una dirección ascendente. *Las fuerzas de sustentación pueden actuar en cualquier dirección que es perpendicular a la fuerza de arrastre.* La ilustración de la figura 1.1b muestra cómo se podría producir una sustentación hacia delante si el mismo objeto con perfil de ala es-tuviera desplazándose hacia abajo en lugar de hacia delante. Hablaré más sobre este tema más adelante en este capítulo.

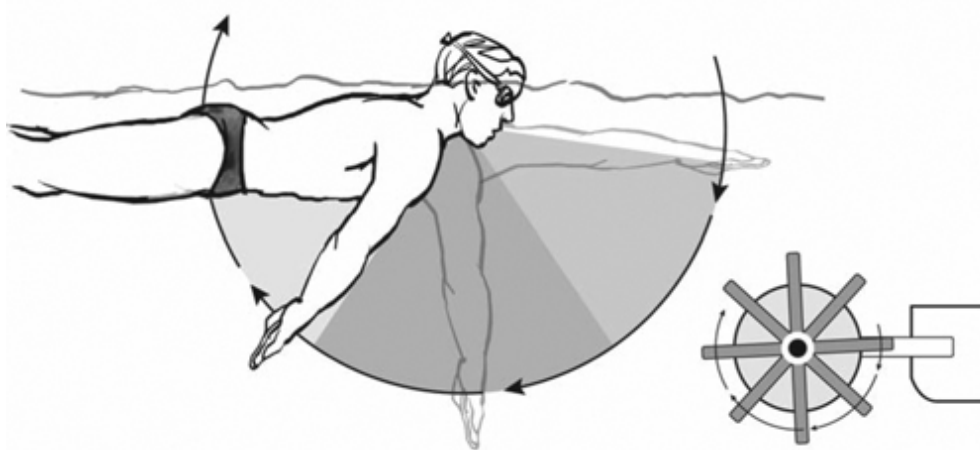


**Figura 1.1.** La fuerza de sustentación: (a) en una dirección ascendente y (b) en una dirección de avance.

---

## Teorías de la propulsión en la natación

Nadie ha identificado todavía con certeza la manera en que los nadadores se propulsan a través del agua. Sólo tenemos teorías, y han variado de manera considerable a lo largo de los años. Presentaré un breve resumen de las varias teorías de la propulsión en la natación que se han propuesto a lo largo de los años antes de describir la teoría que yo he adoptado.



**Figura 1.2.** La teoría de la propulsión parecida a la de una rueda de vapor.

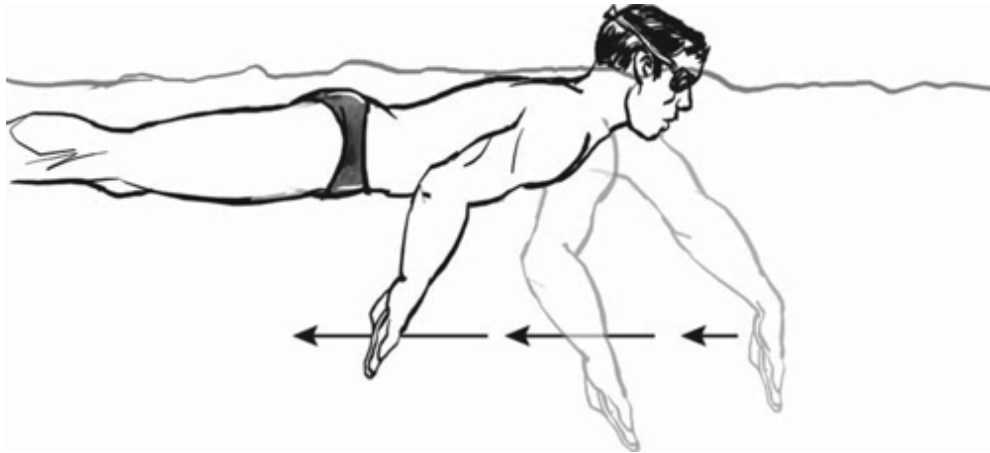
---

A principios de siglo, las tentativas de describir la propulsión en la natación humana compararon los movimientos de los brazos de los nadadores con los de remos y ruedas de vapor. Se creía que los brazos, totalmente extendidos, se movían con un patrón semicircular que asemejaba el movimiento de un remo o de una rueda de vapor, una forma de propulsión parecida a la de una rueda de vapor ilustrada en la figura 1.2. Esta descripción no se basó en la aplicación de ningún principio físico ni en observaciones subacuáticas de los movimientos reales del nadador durante la brazada; se basó sencillamente en las formas de propulsión acuática que existían en aquel momento. Esta teoría sobrevivió durante varias décadas sin ser estudiada de forma seria.

## **Teorías del arrastre propulsor**

Algunos científicos y entrenadores de natación empezaron a tratar de definir los principios físicos que controlaban la propulsión en la natación humana al final de los sesenta. De entre los entrenadores de natación, los más destacados eran el Dr. James E. Counsilman, de la Universidad de Indiana, y Charles Silvia, de Springfield College. Como resultado de sus observaciones subacuáticas ambos afirmaron que los nadadores no realizaban las brazadas en forma de rueda de vapor con brazos rectos, sino que flexionaban y extendían sus brazos de forma alternativa durante las fases subacuáticas de los diversos estilos competitivos. En publicaciones diferentes, ambos sugirieron que los nadadores estaban realizando sus brazadas de esta manera para utilizar el tercer principio del movimiento de Newton como mecanismo propulsor (Counsilman, 1968; Silvia, 1970).

El tercer principio del movimiento de Newton afirma que cada acción (*fuerza*) de un objeto producirá una reacción (*fuerza contraria*) de igual magnitud en la dirección opuesta. Cuando se aplica a la propulsión en la natación, este principio significa que cuando los nadadores utilizan la fuerza muscular para empujar el agua hacia atrás, esta acción crea una fuerza contraria de igual magnitud que les propulsa hacia delante. Por lo tanto, ellos creían que los nadadores aceleraban su cuerpo hacia delante empujando el agua hacia atrás. Además, creían que la cantidad resultante de propulsión efectiva estaba directamente relacionada con la cantidad de agua que empujaban hacia atrás y la distancia que ésta recorría.



**Figura 1.3.** Un ejemplo de la teoría del arrastre propulsor, utilizando un empujón horizontal hacia atrás para crear la propulsión efectiva.

---

### ***El empuje horizontal hacia atrás***

Como resultado de este razonamiento, se aconsejó a los nadadores de esta época que utilizaran las manos y los brazos como palas para tirar y luego empujar el agua hacia atrás a la mayor distancia posible. También se les aconsejó que, cuando fuera posible, mantuviesen las manos directamente debajo de la línea media del cuerpo el mayor tiempo posible. Les enseñaron a hacer esto flexionando los brazos en el codo durante la primera mitad de la brazada subacuática y luego extendiéndolos en la segunda mitad. En la figura 1.3 se presenta un ejemplo de cómo se utilizaba el empuje horizontal hacia atrás en el estilo libre.

### ***La trayectoria en forma de S***

Durante los primeros tiempos de la teoría de la propulsión utilizando los brazos como palas, los expertos afirmaron que empujar el agua en cualquier dirección que no fuera hacia atrás haría que el cuerpo se desviase de su trayectoria hacia delante, lo que aumentaría la resistencia que encontrara y reduciría la velocidad de avance. Muchos expertos, incluyendo Counsilman y Silvia, revisaron su opinión cuando las películas subacuáticas de nadadores de elite mundial revelaron que no desplazaban sus manos directamente hacia atrás por debajo de la línea media del cuerpo durante la fase propulsora de la brazada subacuática, sino que, en estilo libre y mariposa, sus manos se desplazaban siguiendo una trayectoria tridimensional en forma de S, bajando hacia abajo y hacia dentro de su cuerpo en la primera mitad de la brazada subacuática y luego subiendo y moviéndose hacia fuera durante la segunda mitad. La figura 1.4 muestra una vista inferior de esta trayectoria en forma de S en el estilo libre. Sus manos también seguían una trayectoria en forma de S nadando espalda, pero en este caso se desplazaban hacia abajo, hacia arriba y hacia atrás para volver al lado del cuerpo. En braza sus manos trazaban la primera mitad de la forma en S, pero luego se desplazaban hacia delante antes de terminar el resto del movimiento en forma de S. En mariposa, las manos trazaban una trayectoria de doble S.

Counsilman razonó que los nadadores movían sus manos en trayectorias con forma de S porque el hecho de empujar varios puñados de agua en direcciones mayormente hacia atrás una corta distancia produciría más propulsión que empujar un solo puñado de agua hacia atrás una mayor distancia. La razón era que el agua gana momento una vez que se mueve, por lo tanto, la única manera que tendrían los nadadores de poder seguir acelerando el agua hacia atrás, y acelerando el cuerpo hacia delante, sería aumentar la velocidad hacia atrás de los miembros por encima de la velocidad del agua que se desplazaba en esa misma