

# **EVOLUCIÓN DE LA PROPULSIÓN ACUÁTICA EN LA ETAPA ESCOLAR**

**Pablo Floría**

Universidad de Zaragoza

**Juan Antonio Moreno**

Universidad de Murcia

## **RESUMEN**

La comprensión del desarrollo motor ha despertado siempre gran interés en la bibliografía científica. Por ello, son numerosas las investigaciones que estudian la conducta motriz en los diferentes movimientos fundamentales tanto en el medio terrestre como en el acuático con relación a la edad. El objetivo de este estudio es favorecer una mayor comprensión de los procesos evolutivos en el desarrollo de las conductas motrices acuáticas, determinando la evolución de la conducta motriz del nado en estilo libre por medio de los parámetros de velocidad, frecuencia y longitud de ciclo en una muestra de estudiantes de Educación Primaria. Con este fin, se usó un análisis temporal subacuático de la conducta motriz del nado libre. Se obtuvieron los valores medios de cada parámetro estudiado para cada grupo de edad y sexo, donde se observa que entre ambos sexos parece no existir ninguna diferencia entre estos. De lo que se puede deducir que, entre los 7 y 12 años de edad, tanto las niñas como los niños, muestran similares desarrollos en la conducta motriz acuática de nado estilo libre.

**PALABRAS CLAVE:** natación, actividades acuáticas, desarrollo motor, biomecánica.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la etapa educativa los niños, mientras crecen, aprenden a controlar su propio cuerpo en la ejecución de habilidades motoras. La comprensión de esta evolución ha despertado siempre gran interés en la bibliografía científica. Por ello, son numerosas las investigaciones que estudian la conducta motriz en los diferentes movimientos fundamentales en el medio terrestre (marcha, carrera, salto, lanzamiento, recepción, golpeo, etc.) con relación a la edad (Haywood, 1986; Gesell y cols., 1985; McClenaghham y Gallahue, 1985; Wickstrom, 1983; Williams, 1983; Ruiz, 1994) y dentro del medio acuático (Azemar, 1976; Diem y cols., 1978; Erbaugh, 1981; McGraw, 1938; Langendorfer, 1974; Langerdorfer y Bruya, 1995; Mayerhofer, 1952). Aunque es la motricidad terrestre la gran estudiada frente a la motricidad acuática, la situación actual en la que la practica de actividades acuáticas por parte de casi la totalidad de los niños en la escuela, hace que su estudio sea necesario para facilitar su evolución.

Los resultados de los trabajos indican que las habilidades motrices acuáticas cambian inicialmente según progresiones ordenadas regularmente, con o sin instrucción formal, tal y como lo hacen las habilidades motrices básicas (Langendorfer y Bruya 1995). Consecuentemente, se puede admitir que en las primeras fases del desarrollo infantil el componente de maduración biológica parece ser el determinante más fuerte de los cambios que se observan en la conducta acuática. Incluso sin la existencia de una práctica más o menos sistematizada, queda demostrada la aparición de cambios cualitativos en la respuesta acuática del infante (McGraw 1939; Mayerhofer 1952). Sin embargo, a partir de la consolidación del control voluntario de los movimientos la situación se invierte, pasando el substrato neurológico a un segundo plano y adquiriendo la posibilidad de práctica acuática y el aprendizaje un papel determinante en la adquisición de patrones motores eficaces y eficientes.

Cuando ya se tiene una autonomía en el medio acuático se utilizan determinados parámetros que ayudan a conocer la evolución del practicante. En este sentido, los parámetros de velocidad, frecuencia y longitud de ciclo son utilizados para describir el desplazamiento en las conductas motrices cíclicas. El nado en estilo libre es considerado como tal, por tanto, dichos parámetros nos pueden ayudar a comprender el patrón utilizado por el niño en su desplazamiento dentro del medio acuático.

En cuanto a la competición, dichas variables técnicas han sido definidas en piscina de 50 m en estudios previos (Arellano, Brown, Cappaert y Nelson, 1994; Craig y Pendergast, 1979; Craig, Skehan, Pawelczyk y Boomer, 1985; Chollet, 1990; East, 1970; Hay, Guimaraes y Grimston, 1983; Kennedy, Brown, Chengalur y Nelson, 1990; Pay, Hay y Wilson, 1984; Toussaint y Beek, 1992 y Wakayoshi, Nomura, Takahashi, Mutoh y Miyashita, 1989) y en piscina de 25 m (Arellano, De Aymerich, Sanchez y Ribera, 1993; Tella y cols. 1994). En esta línea Craig y Pendergast (1979), East (1970) y Letzelter y Freitag (1983) sugieren que el incremento de la velocidad en natación está producida por el incremento de la frecuencia de ciclo y un descenso relativo de la longitud de brazada. Costill,

Maghischo y Richardson en 1992 demuestran que la longitud de brazada es el mejor indicador del rendimiento en las pruebas de media distancia (200 y 400 m libres).

Costill, Kovaleski, Porter, Kirwan, Fielding y King en 1985 presentan el concepto de índice de nado, que es el producto de la velocidad y la longitud de brazada y Keskinen, Tilli y Komi en 1989 demuestran una alta correlación entre el índice de nado con la máxima velocidad y con la longitud de brazada. Además, Toussaint y Beek en 1992 sugieren que la longitud de brazada es un indicador de la eficacia propulsiva y puede usarse para evaluar el progreso individual en la habilidad técnica. McArdle y Reilly en 1992 establecen que la frecuencia de ciclo en el estilo libre disminuye a lo largo de los parciales de una prueba. Por otro lado, Letzelter y Freitag (1983) indican que en la pruebas de 100 m existe un aumento de la frecuencia en los último parciales.

Dado que estos parámetros son utilizados por los citados autores y que son útiles para medir la propulsión en competición, con el objetivo final de favorecer una mayor comprensión de los procesos evolutivos en el desarrollo de las conductas motrices acuáticas, el propósito de este estudio es determinar la evolución de la propulsión en el nado en estilo libre por medio de los parámetros de velocidad, frecuencia y longitud de ciclo en una muestra de estudiantes de Educación Primaria.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Muestra

Los sujetos han sido 298 alumnos (139 chicas y 159 chicos) con edades comprendidas entre los 7 y los 12 años distribuidos como muestra la tabla 1; todos ellos pertenecientes al Colegio de Enseñanza Samaniego de Alcantarilla (Murcia).

**Tabla 1. Distribución de la muestra según curso y sexo.**

		Curso					
		1º	2º	3º	4º	5º	6º
Sexo	Femenino	22	15	15	26	17	21
	Masculino	18	20	23	26	24	29

### 2.2. Instrumentos y procedimiento

El estudio se realizó en la piscina del mismo colegio cuyas medidas del vaso son 25 m de largo, 12,5 m de ancho y una profundidad mínima de 1,40 m y máxima de 1,60 m. El total de sujetos fue dividido en diferentes grupos utilizando como criterio el curso escolar al cual pertenecían. Todos los grupos realizaron la prueba en la misma semana. Cada niño realizó un largo a estilo libre alrededor de 12 m, el cual fue grabado con una videocámara subacuática (Sony Digital DCR-PC5E) que registraba un ancho óptico de 4 m. Para evitar errores en las posteriores medidas,

durante la realización de las mediciones, la cámara fue anclada al suelo para evitar cualquier movimiento que invalidara el posterior análisis. Antes de realizar la prueba a un mismo grupo, se filmó un objeto control perpendicular a la óptica de la cámara y nivelado con la superficie del agua, cuyas dimensiones fueron de 3 m de largo por 1 m de ancho (figura 1). El objeto control se situó sobre la línea de la primera calle y a 5 m del borde de inicio de la prueba.

**Figura 1. Objeto control utilizado para calibrar el espacio con dimensiones 3x1m<sup>2</sup>**

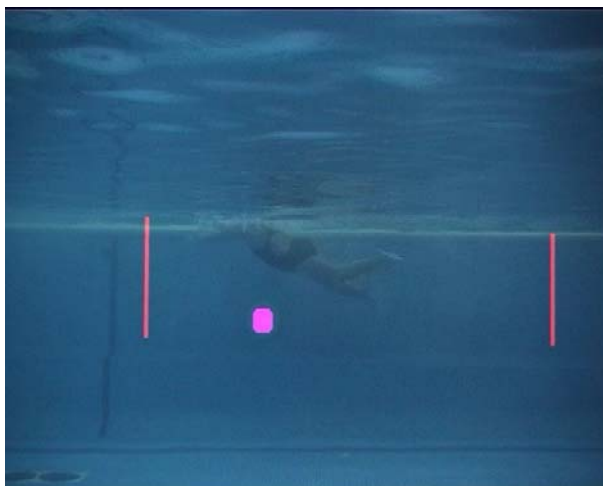


Cada niño inició desde la primera calle el nado en estilo libre desde el agua sin impulso con el fin de excluir el efecto de empuje contra la pared. 19 niños y 23 niñas fueron excluidos por no realizar la prueba correctamente.

Una vez filmados todos los intentos se mezclaron las imágenes de la ejecución de cada niño con el objeto control correspondiente (figura 2). Seguidamente se realizó un análisis temporal de las imágenes digitalizadas, de cual se obtuvieron los valores de tiempo empleado en nadar 3 m (velocidad) y frecuencia de ciclo. El parámetro longitud de ciclo fue calculado por medio de la siguiente fórmula:

$$\textit{longitud\_brazada} = \textit{velocidad} / \textit{frecuencia}$$

**Figura 2. Análisis de las imágenes con el espacio calibrado.**

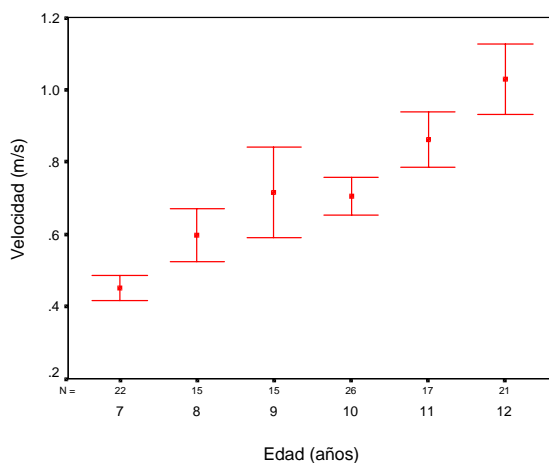


El total de intentos analizados fueron divididos en diferentes grupos usando los criterios de edad y sexo. De cada grupo se obtuvieron las medias con sus correspondientes intervalos de confianza al 95%.

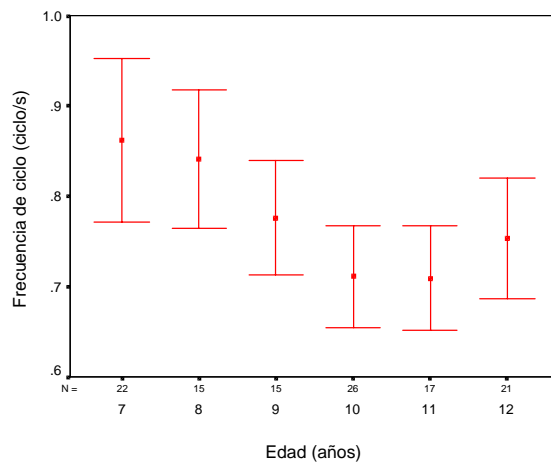
### 3. RESULTADOS

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se representan las medias con sus correspondientes intervalos de confianza al 95% de los parámetros estudiados en relación a la edad. Las gráficas muestran como evolucionan cada una de las variables a lo largo del desarrollo motor que se produce entre los 7 y 12 años.

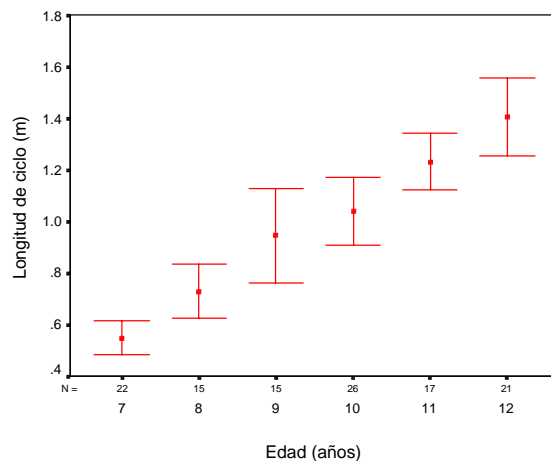
**Figura 3. Evolución de los valores medios de los parámetros de la velocidad de nado en relación a la edad para el grupo femenino.**



**Figura 4. Evolución de los valores medios de los parámetros de la frecuencia de ciclo en relación a la edad para el grupo femenino.**

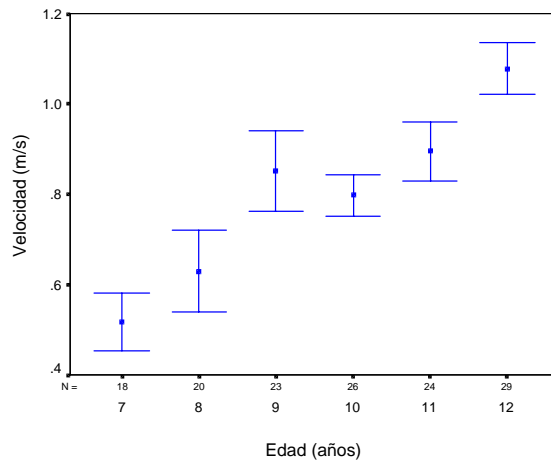


**Figura 5. Evolución de los valores medios de los parámetros de la longitud de ciclo en relación a la edad para el grupo femenino.**

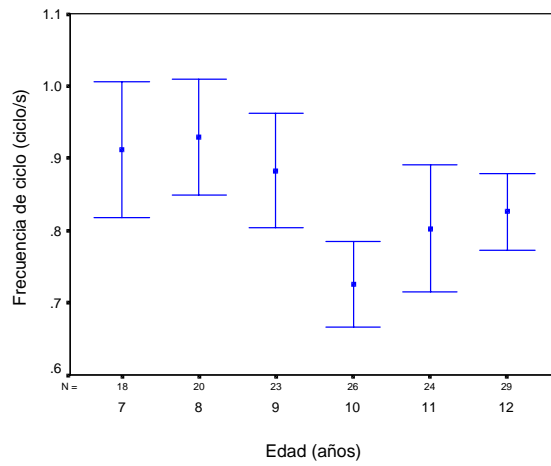


En el grupo femenino, los valores medios de velocidad de nado (figura 3) crecen desde los 0.45 m/s SE 0.02 a la edad de 7 años hasta los 1.03 m/s SE 0.05 a la edad de 12 años. En el caso de la frecuencia de ciclo los valores medios (figura 4) comienzan en 0.86 ciclos/s SE 0.04 en la edad de 7 años y finalizan en 0.71 ciclos/s SE 0.03 en la edad de 12 años, mostrando una tendencia descendente. Pero este descenso en la frecuencia de ciclo no es continuado a lo largo de las edades estudiadas sino que se estanca a partir de los 10 años y muestra valores medios prácticamente constantes durante las edades de 10, 11 y 12 años. En cuanto a la longitud de ciclo para el grupo femenino (figura 5), los valores medios progresan desde los 0.55 m SE 0.03 para la edad de 7 años y los 1.40 m SE 0.07 en la edad de 12 años. Al igual que en los valores de velocidad de nado, se observan que los valores medios de longitud de ciclo aumentan de forma continuada a lo largo de las edades estudiadas.

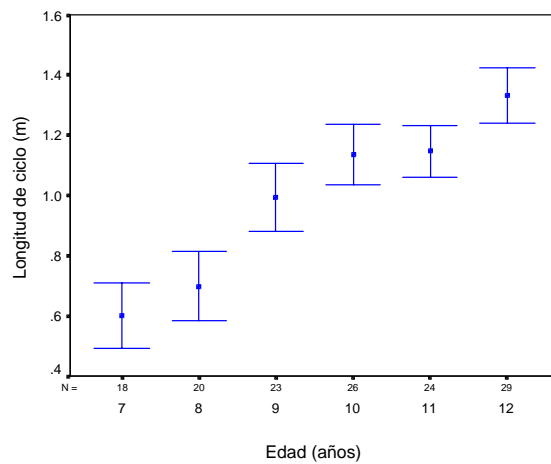
**Figura 6. Evolución de los valores medios de los parámetros de la velocidad de nado en relación a la edad para el grupo masculino.**



**Figura 7. Evolución de los valores medios de los parámetros de la frecuencia de ciclo en relación a la edad para el grupo masculino.**



**Figura 8. Evolución de los valores medios de los parámetros de la longitud de ciclo en relación a la edad para el grupo masculino.**



En el grupo masculino, los valores medios de velocidad de nado (figura 6) crecen desde los 0.52 m/s SE 0.03 a la edad de 7 años hasta los 1.08 m/s SE 0.03 a la edad de 12 años. En el caso de la frecuencia de ciclo los valores medios comienzan en 0.91 ciclos/s SE 0.05 en la edad de 7 años y finalizan en 0.83 ciclos/s SE 0.03 en la edad de 12 años. Los valores medios no describen una línea recta en continuo descenso a lo largo de las edades estudiadas, sino que se observa un punto de inflexión a la edad de 10 años en el cual finaliza el descenso y comienza un ascenso en los valores medios correspondientes a las edades de 11 y 12 años. En cuanto a la longitud de ciclo para el grupo masculino, los valores medios progresan desde los 0.60 m SE 0.05 para la edad de 7 años y los 1.33 m SE 0.05 en la edad de 12 años. Al igual que en los valores de velocidad de nado, se observan que los valores medios de longitud de ciclo aumentan de forma continuada a lo largo de las edades estudiadas.

#### **4. CONCLUSIÓN**

Si comparamos las diferentes evoluciones en los parámetros estudiados entre ambos sexos parece no existir ninguna diferencia entre estos. De lo que se puede deducir que, entre los 7 y 12 años de edad, tanto las niñas como los niños, muestran similares desarrollos en la conducta motriz acuática de nado estilo libre.

Un análisis general de los datos nos muestra que tanto la velocidad de nado como la longitud de ciclo aumentan con la edad en ambos sexos. Al mismo tiempo y asimismo, en ambos sexos, la frecuencia de ciclo disminuye a medida que la edad crece. A su vez y para ambos sexos se observa en las gráficas de frecuencia de ciclo que los valores poseen un punto de inflexión en su trayectoria descendente en torno a la edad de 10 años; a partir de este punto los valores permanecen constantes o aumentan ligeramente.

Al ser la longitud de ciclo la resultante del cociente entre la velocidad por la frecuencia se puede considerar que ésta en las primeras edades (6-10 años) crece gracias tanto a un aumento de la velocidad de nado como a una disminución de la frecuencia ciclo, pero a partir de los 10 años dicha tendencia se invierte por lo que la consecuencia del crecimiento en la longitud de ciclo es un aumento de la velocidad de nado y un estancamiento o ligero aumento de la frecuencia de ciclo.

Los valores obtenidos en este estudio permiten de manera generalizada el conocimiento y comprensión de la evolución de la propulsión de nado en estilo libre. Dichos datos ofrecen orientaciones teóricas que permiten evaluar el desplazamiento en el medio acuático de una manera cuantitativa, que junto con valores cualitativos ayudan a que el proceso de evaluación sea más eficaz.

Sin duda la evolución mostrada en los datos obtenidos en este estudio sobre la conducta motriz acuática está ligada tanto a aspectos de crecimiento antropométrico como a aspectos relacionados con el aprendizaje, por lo que son necesarias más investigaciones que puedan disentir entre la evolución debida a aspectos antropométricos y aquellos debidos a la transferencia del aprendizaje.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, R.; Brown, B.; Cappaert, J. y Nelson, R. C. (1994). Analysis of 50-, 100-, and 200-m freestyle swimmers at the 1992 olympic games. *Journal of applied biomechanics*, 189-199.
- Arellano, R.; De Aymerich, J.; Sanchez, J. A. y Ribera, J. (1993). *Analisis de la actividad competitiva en natación*. FINA Short Course (25 m). World Championships. Mallorca: FEN.
- Azemar, G. (1976). Puer aquaticus ou l'enfant à la conquête d'une autonomie précoce dans l'eau. *Médecine du Sport*, T. 50, 4, 24-28.
- Chollet, D. (1990). *Approche scientifique de la natation sportive*. París: Vigot.
- Costill, D. L.; Kovalski, J.; Porter, D.; Fielding, N. y King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle distance events. *International journal sports medicine*, 6, 266-270.
- Costill, D. L.; Maghischo, E. W. y Richardson, A. B. (1992). *Swimming*. Oxford: Blackwell scientific publications.
- Craig, A. B. y Pendergast, D. R. (1979). Relationships of stroke rate, distance per stroke, and velocity in competitive swimming. *Medicine and science in sports*, 11, 3, 278-283.
- Craig, A. B.; Skehan, P. L.; Pawelczyk, J. A. y Boomer, W. L. (1985). Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine sciencie sports exercise*, 17, 625-634.
- Diem, L.; Lothar, B. y Hellmich, H. (1978). *El niño aprende a nadar*. Madrid: Miñón.
- East, D.J. (1970). Swimming: and analysis of stroke frequency, stroke length and performance. *N Z J Health Phys. Educ. Recreation* 3, 16-25.
- Erbaugh, S. (1981). The development of swimming skills of preschool children over a one and one-half year period. *Dissertation Abstracts International*, 42, 2558A.
- Gesell, A.; Ilg, F. L. y Ames, L. B. (1985). *El niño de 5 a 10 años*. Barcelona: Paidós.
- Hay, J. G.; Guimaraes, A. C. S. y Grimston, S. K. (1983). A quantitative look at swimming biomechanics. En J. G. Hay (Eds.), *starting, stroking and turning ( A compilation of research on the biomechanics of swimming, the university of Iowa, 1983-86)*, 76-82. Iowa: Biomechanics laboratory, departament of exercise science.
- Haywood, K. (1986). *Life-span motor development*. Champaign: Human Kinetics.
- Jukov, R. (1999). Age peculiarities in schoolchildren's swimming technique instruction. En Kari L. Keskinen, Paavo V. Komi y A. Peter Hollander (Eds.), *Biomechanics and medicine in swimming VIII : proceedings of the VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*, 493-498. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Keskinen, K. L.; Tilli, L. J. y Komi, P. V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scand J Sports Sci*, 11, 87-92.
- Langendorfer, S. J. y Bruya, L. D. (1995). *Aquatic readiness. Developing water competence in young children*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Langendorfer, S. (1974). *The effect of tactile stimulation using water and gross motor exercise on the motor development of 6-9 month old infants*. Masters thesis. West Lafayette, IN: Purdue University.

- Letzelter, H. y Freitag, W. (1983). Stroke length and stroke frequency variations in men's and women's 100-m freestyle swimming. En Huijing, P.A., Hollandr, A. P., de Groot G (eds) *International series on sport science, vol 14*, Biomechanics and medicine and swimming. Human Kinetics, Champaign, 315-322.
- Mayerhorfer, A. A. (1952). *Swimming movements in infants*. Tesis doctoral. Leipzig: Universidad de Leipzig.
- McArdle, D. y Reilly, T. (1992). Consequences of altering stroke parameters in front crawl swimming and its simulations. En Maclaren, D., Reilly, T., Lees, A. (Eds.) *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science, 6*, E and FN SPON, London 1992, 125-131.
- McClenaghan, B. A. y Gallahue, D. L. (1985). *Movimientos fundamentales*. Buenos Aires: Panamericana.
- McGraw, M. B. (1939). Swimming behavior of the human infant. *The Journal of Pediatrics, 15*, 4, 485-490.
- Ruiz, L. M. (1994). *Desarrollo motor y actividades Físicas*. Madrid: Gymnos.
- Tella, V.; Moreno, J. A. y Camarero, S. (1994). Entrenamiento del ritmo en infantiles y juniors. *XIV Congreso de la Asociación Española de Técnicos de Natación*. Zaragoza: AETN.
- Toussaint, H. M. y Beek, P. J. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports medicine, 13*, 8-24.
- Wakayoshi, K.; Nomura, T.; Takahashi, G.; Mutoh, Y. y Miyashita, E. (1989). Analysis of swimming races in the 1989 pan pacific swimming championships and 1988 japanese olympic trials. En Maclaren, D., Reilly, T., Lees, A. (Eds.) *Biomechanics and medicine in swimming, swimming science, 6*, E and FN SPON, London 1992, 135-141.
- Wickstrom, R. L. (1983). *Patrones motores básicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- Williams, H. (1983). *Perceptual and motor development*. New Jersey: Prentice Hall.