

# Análisis bibliográfico de los modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor

## *Bibliographic analysis of the explanatory theoretical models of motor learning*

Andrés Rosa-Guillamón<sup>1</sup>, Eliseo García-Cantó<sup>2</sup>

Revisión Bibliográfica

<sup>1</sup> Consejería de Educación y Universidades de Murcia, España.

<sup>2</sup> Facultad de Educación, Universidad de Murcia, España.

### Resumen

**Objetivo:** este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de los principales modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor.

**Metodología:** se realizó un análisis bibliográfico. El periodo abarcó desde 1.947 hasta 2.018. Se llevó a cabo un análisis de la evolución histórica y la fundamentación teórica de las concepciones actualmente aceptadas como bases explicativas del aprendizaje motor. Se plantearon aplicaciones prácticas para la intervención en el ámbito educativo.

**Conclusiones:** los modelos explicativos del aprendizaje motor establecen las bases teóricas de las actuales concepciones. Cada uno de los modelos aporta conocimiento al modo en el que el ser humano adquiere y mejora su competencia motriz.

**Palabras clave:** aprendizaje motor, control motor, teorías, modelos.

### Abstract

**Objective:** this work aimed to perform a review of the main explanatory theoretical models of motor learning.

**Methods:** a bibliographic analysis was carried out. The period covered from 1.947 to 2.018. An analysis of the historical evolution and the theoretical foundation of the conceptions currently accepted as explanatory bases of motor learning was carried out. Practical applications for the intervention in the educational area were raised.

**Conclusions:** the explanatory models of motor learning establish the theoretical basis of current conceptions. Each of the models brings knowledge to the way in which the human being acquires and improves its motor competence.

**Keywords:** motor learning, motor control, theories, models.

### Índice

1. Introducción
2. Evolución histórica y fundamentación teórica de las actuales concepciones del aprendizaje motor
3. Modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor
4. Implicaciones prácticas
5. Conclusiones
6. Bibliografía



RPCAFD

Recibido: 10-07-2018  
Aceptado: 28-07-2018

### Correspondencia:

Andrés Rosa-  
Guillamón

E-mail:

andres.rosa@um.es

## 1. Introducción

En el momento del nacimiento, el ser humano dispone de una dotación genética para adaptarse al medio; transcurridos los primeros momentos de vida, necesita del aprendizaje como mecanismo de adaptación para sobrevivir<sup>1</sup>.

El aprendizaje se puede definir como una modificación relativamente permanente producto del entrenamiento y la experiencia<sup>2</sup>. En la misma línea, otros autores lo definen como el cambio relativamente permanente en el comportamiento humano resultado de la práctica o experiencia adquirida<sup>3</sup>. En el ámbito motor, refiere a los cambios en la capacidad de producir actividades motoras, a través de una habilidad específica<sup>4</sup>.

Grosser & Neumaier<sup>5</sup> se refieren al *aprendizaje motor* (AM) como el proceso de obtención, mejora y automatización de las habilidades motrices. Una de las interpretaciones más recientes consolida su interpretación como un conjunto de procesos asociados a la práctica o experiencia, tendentes a provocar cambios relativamente permanentes en el comportamiento motriz<sup>6</sup>.

El proceso de AM contribuye a la mejora de la *competencia motriz*, entendida como la capacidad de realizar tareas específicas como lanzar, atrapar, golpear (y otras), así como resolver situaciones deportivas o lúdicas, lo que permite al ser humano adaptarse a su entorno inmediato<sup>7</sup>. El ser humano se considera competente a nivel motriz cuando es capaz de seleccionar

información relevante de una situación, elaborar un plan de acción, realizar la secuencia de movimientos planeados, evaluar el efecto y formular nuevos planes de acción<sup>8</sup>.

Por tanto, el AM conlleva una serie de aspectos. Adquirir un AM significa cambiar; este cambio se debe a la práctica o ejercitación motriz, produciéndose en el organismo humano adaptaciones musculares, neurológicas y cognitivas<sup>9</sup>. Este aprendizaje se almacena en el cerebro y constituye lo que se denomina como memoria<sup>10-11</sup>, no considerándose como aprendizaje las modificaciones a corto plazo; por tanto, debe ser relativamente permanente, de ahí que habilidades previamente aprendidas puedan ser ejecutadas tiempo después mediante el entrenamiento o la práctica<sup>12-14</sup>.

El AM es un proceso (neuropsicológico) de adquisición y modificación del movimiento en el que se implican un conjunto de procesos que incluyen la percepción, la cognición y la acción; lo observable es el producto del aprendizaje, no los procesos que subyacen en él<sup>3</sup>.

El resultado del aprendizaje produce una capacidad para responder adecuadamente a determinadas tareas cotidianas y deportivas; es específico a unas condiciones del entorno, que varían desde aquellas más estandarizadas a otras con mayor incertidumbre<sup>7</sup>.

La tabla 1 recoge una serie de aspectos inherentes al proceso de AM, consecuencia de las diversas interpretaciones de este término.

**Tabla 1.** El aprendizaje motor

Aspectos inherentes al proceso de aprendizaje motor
Aprender significa cambiar.
Se debe a la práctica, entrenamiento y experiencia.
Lo que se aprende se retiene en el cerebro y se almacena en la memoria.
Es relativamente permanente.
Implica mecanismos de percepción, decisión, ejecución.
Lo observable es el producto del aprendizaje
Genera una capacidad adquirida para la actividad física.
Es específico a unas condiciones del entorno

Fuente: elaboración propia.

Este estudio bibliográfico revisa la información aportada por los principales modelos teóricos explicativos del AM desde 1.947 hasta 2.018. Se incluyeron 14 modelos que cumplieron los siguientes requisitos: 1) estar basados en estudios científicos; 2) estar creados por investigadores reputados en el ámbito del AM; 3) aportar evidencia al estudio del AM; y, 4) tener una amplia difusión a nivel internacional.

En base a esto, los objetivos de este estudio de revisión bibliográfica fueron los siguientes: 1) analizar la evolución en el estudio del AM y establecer la fundamentación teórica de los principales modelos teóricos; y, 2) sintetizar los principales modelos teóricos y analizar su aportación al estudio del AM.

## 2. Principios y procedimientos del aprendizaje motor

El AM se encuentra regulado por una serie de principios o postulados<sup>1</sup> (véase tabla 2): 1) el *principio de repetición* establece que la ejecución motriz reiterativa permite asimilar el AM y hacerlo permanente en la memoria; 2) el *principio de refuerzo* indica

que una acción motriz se reproduce cuando es reforzada de manera positiva; 3) el *principio de retención motriz* plantea que una acción motriz no se ha aprendido hasta que no se puede reproducir y adaptar a entornos variados; y, 4) el *principio de la transferencia* señala que la memoria y el bagaje motor de un individuo pueden influir en la adquisición (o modificación) de los aprendizajes motrices.

El AM se produce mediante una serie de procedimientos<sup>1</sup> (véase tabla 2): 1) *aprendizaje por observación e imitación*; es propio de las primeras edades en las que el ser humano se limita a ejecutar tal y como observa en las ejecuciones motrices o demostraciones prácticas de otros; 2) *aprendizaje por transmisión de información verbal*; se centra en la reproducción de un modelo o técnica mediante el seguimiento de instrucciones verbales; 3) *aprendizaje por condicionamiento*, basado en la aplicación de estímulos de carácter neutro (condicionamiento clásico), negativo o positivo (condicionamiento operante); 4) *aprendizaje por descubrimiento*; a partir de la resolución de problemas motores.

**Tabla 2.** Principios y procedimientos del aprendizaje motor

Principios	Procedimientos
Repetición	Observación e imitación
Refuerzo	Transmisión de información verbal
Retención	Condicionamiento
Transferencia	Descubrimiento

Fuente: elaboración propia.

## 3. Factores del aprendizaje motor

El AM se encuentra determinado por diversos factores<sup>3</sup> (véase tabla 3): 1) la *herencia*; la predisposición genética condiciona la realización de una tarea con precisión y eficacia; 2) el *crecimiento físico*; los patrones motores fundamentales están influenciados por la composición corporal; 3) la *maduración del sistema nervioso*; permite la adquisición de habilidades motrices ya que el AM es un proceso neural; además, conforme avanza la maduración, esta alcanza niveles más altos del cerebro y permite niveles superiores de destreza; 4) la *condición física*; influye sobre el tiempo de práctica, la

recuperación y el riesgo de lesiones; 5) los *aprendizajes previos*; la memoria motriz condiciona la capacidad de transferencia en la adquisición y modificación de los esquemas motores previos; 6) la *motivación*; entendida como la fuerza que produce, mantiene y guía la conducta; corresponde a un estado de energización y activación del organismo en un contexto social determinado.

Algunos autores<sup>14-15</sup> destacan las *instrucciones verbales* como uno de los principales factores ya que facilitan al individuo que centre su atención en determinados aspectos de la acción motriz y condicionan las estrategias de aprendizaje que vaya a emplear a la hora de realizar un

movimiento. En relación a esto, la *información inicial (feedforward)* de la tarea motriz a ejecutar debe estar adaptada a la etapa del AM en la que se encuentre el individuo. Asimismo, el *conocimiento de los resultados (feedback extrínseco)* debe acercar el resultado alcanzado al objetivo motor establecido.

Por su parte, Cano de la Cuerda et al. señalan otros factores a tener en cuenta: 1) la *cantidad y la variabilidad en la práctica*; la ejercitación permite mejorar las ejecuciones motrices y hacerlas permanentes en la memoria; no obstante, la práctica debe evolucionar manteniéndose como un reto continuo para el aprendiz, y deber ser extrapolable a diferentes entornos y situaciones de manera que se favorezca la retención y la transferencia; en este sentido, se ha observado que la práctica mental es una forma efectiva de estimular el aprendizaje<sup>17</sup>; 2) el *contexto*; el conjunto de factores (entorno de residencia, instalaciones de práctica, oferta de actividades físicas) que determinan el medio en el cual se desarrolla el

individuo<sup>18</sup> puede limitar o estimular el AM<sup>19</sup>; por esta razón, la práctica en edades tempranas debe incluir condiciones variables, con el fin de que el aprendizaje pueda ser transferido a diversas situaciones cambiantes; 3) la *participación activa*; se relaciona con otros aspectos como el nivel de motivación y activación, las posibilidades de cometer errores, corregir, resolver los problemas y una continuidad del mismo; 4) el *correcto control postural*; 5) la *memoria a corto y a largo plazo*, en relación a la capacidad de transferencia<sup>20</sup>; 6) la *retroalimentación*; el control y el ajuste motor no serían posibles sin esta información, lógicamente, bajo una práctica repetitiva del movimiento objeto de aprendizaje; en este sentido, durante la ejecución de una determinada habilidad o tarea motriz así como al finalizar la misma, se dispone de una información que permite interpretar el grado de adecuación o comparación respecto a la idea motriz prefijada; esta información recibe el nombre de retroalimentación o *feedback*.

**Tabla 3.** Factores determinantes del aprendizaje motor

Factores del proceso de aprendizaje motor
-------------------------------------------

La predisposición genética
El crecimiento físico
La maduración del sistema nervioso
La condición física
Los aprendizajes previos (el bagaje motor)
La motivación y la activación
Las instrucciones verbales
La información inicial ( <i>feedforward</i> )
El conocimiento de los resultados ( <i>feedback extrínseco</i> )
La cantidad y la variabilidad en la práctica
El contexto (medio sociocultural)
El control postural
La memoria a corto y a largo plazo
La retroalimentación o <i>feedback</i>

Fuente: elaboración propia.

#### 4. Evolución histórica y fundamentación teórica de las actuales concepciones del aprendizaje motor

En la evolución histórica en el estudio del AM se distinguen distintos períodos según el análisis de ciertos autores reconocidos en este campo (véase figura 1).

Schmidt & Lee<sup>21</sup> diferencian tres grandes períodos. El primer período (*Investigaciones Tempranas*) abarca desde 1866 hasta el final de la II Guerra Mundial. En este periodo se distinguen dos líneas claramente diferenciadas.

Por un lado, se encuentra la *línea neurofisiológica*, caracterizada por analizar los mecanismos neurológicos durante la realización del movimiento. Por ejemplo, Jackson en 1870, utilizó técnicas electrofisiológicas para estudiar la respuesta muscular en relación con ciertos movimientos, aportando importantes explicaciones sobre la función cerebral durante la ejecución de estos.

Por otro lado, se observa la *línea psicológica* que se caracterizó por centrarse más en el aprendizaje cognitivo, indagando sobre cuáles son los procesos mentales implicados en el aprendizaje de un movimiento. En este sentido, ya desde la primera mitad del siglo XX diversos educadores físicos como por ejemplo Shirley, llevaron a cabo investigaciones centradas en el desarrollo motor.

El segundo período abarca desde 1945 (*Post II Guerra Mundial*) hasta la publicación de la *Teoría del Bucle Cerrado (Closed Loop Theory)* de Adams<sup>22</sup> de 1971 (*El Inicio de la Teorización*). Se caracteriza principalmente por unir los planteamientos de las dos líneas anteriormente mencionadas. Así, por ejemplo, Posner estudió el valor de la atención y la memoria a corto plazo en el control del movimiento, estableciendo el criterio en base al cual, cuando se ha automatizado una determinada habilidad, se disminuye la atención sobre los mecanismos de ejecución en pos de los mecanismos de percepción y decisión.

El tercer periodo engloba las propuestas planteadas desde 1971 hasta la

actualidad. Se encuentran recogidos entre otros, los modelos seriales y en paralelo de procesamiento de la información y *La Teoría del Esquema de Schmidt*<sup>23</sup> de 1975.

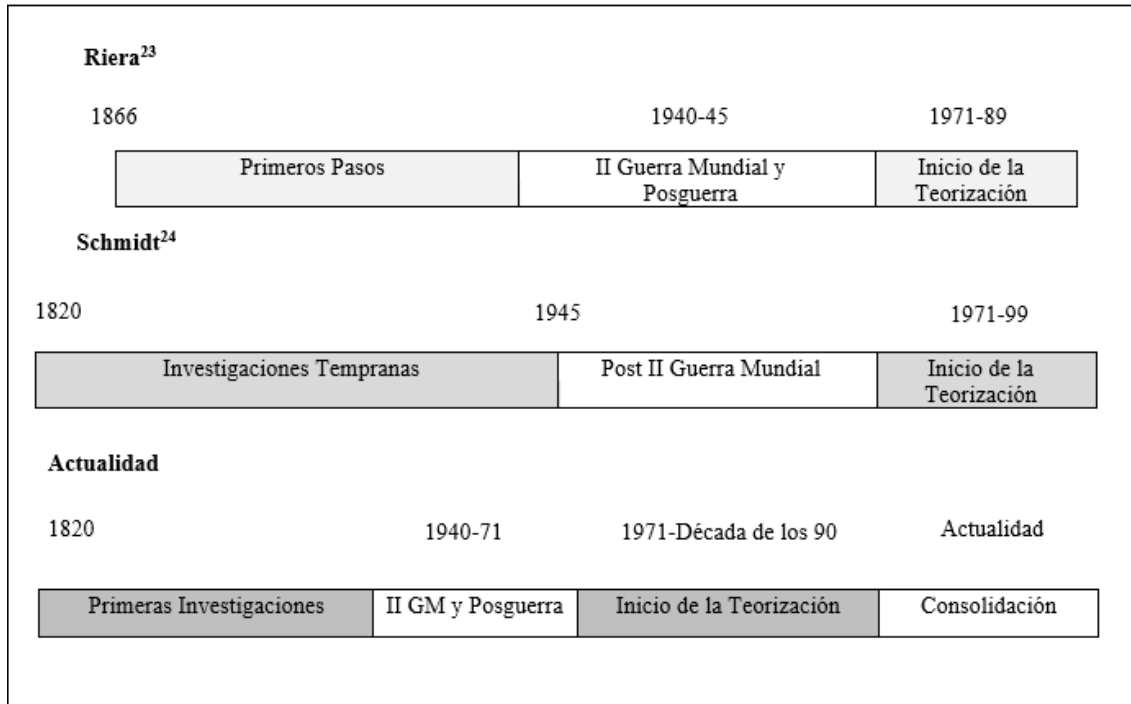
Otra propuesta respecto al análisis de la evolución histórica del AM, es la ofrecida por Riera<sup>24</sup>, diferenciando tres grandes etapas o períodos.

La etapa de *Los Primeros Pasos* abarca desde 1866 hasta 1939 destacando autores como Thorndike<sup>25</sup> y Bernstein<sup>26</sup>, entre otros. En este período se desarrollan estudios basados en la adaptación del hombre a la máquina, aunque finalmente se llegaría a la conclusión de la ineficacia de este planteamiento, iniciándose entonces la adaptación de la máquina al hombre, con los primeros trabajos sobre ergonomía.

La segunda etapa corresponde a *La II Guerra Mundial y la posguerra (1940-1971)*, en la que se llevan a cabo interesantes estudios relacionados con la continuación en la mejora de la adaptación de la máquina al hombre y la búsqueda de los límites del rendimiento humano, especialmente a raíz del avance tecnológico derivado de la II Guerra Mundial. Otros trabajos importantes analizaron la interrelación entre aprendizaje deportivo y actividad deportiva; es decir, el deporte como un medio para favorecer los procesos perceptivos, cognitivos y motrices del ser humano.

La tercera etapa supone *El Inicio de la Teorización* que abarca desde 1971 hasta 1989 y se entiende como el periodo que sienta las bases de las actuales concepciones explicativas del AM. Arranca en la segunda mitad del siglo XX con el intento de autores como Adams<sup>22</sup> y Schmidt<sup>23</sup>, entre otros, de poner orden en la investigación de los procesos implicados en el proceso de AM.

En la actualidad, se puede considerar como un periodo de consolidación de los modelos teóricos (con sus limitaciones<sup>16</sup>) siendo el modelo de procesamiento de la información el más aceptado entre la comunidad científica<sup>27</sup>.

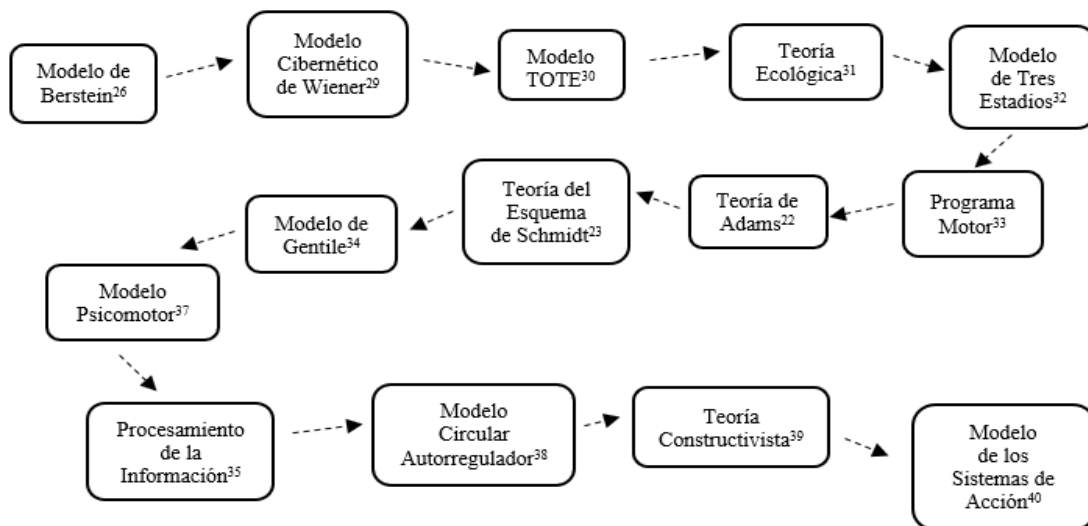


**Figura 1.** Periodos en el estudio del aprendizaje motor (adaptado de Batalla<sup>28</sup>). Fuente: elaboración propia.

**5. Modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor**

Numerosos modelos han intentado plantear una explicación de los principios, procedimientos y factores del proceso de AM

(véase figura 2). Su evolución ha sido paralela al propio desarrollo de los avances observados en áreas científicas como la psicología, la biología y las matemáticas.



**Figura 2.** Evolución en el estudio del aprendizaje motor. Fuente: elaboración propia.

### *El Modelo de Bernstein<sup>26</sup>*

En la misma línea que Wiener<sup>29</sup>, Bernstein<sup>26</sup> concibe en 1947 su modelo, como un sistema cerrado compuesto por una serie de elementos o mecanismos: 1) un *elemento de control*, cuya misión consiste en establecer las condiciones ideales de ejecución, es decir, la imagen óptima del movimiento; 2) un *elemento efector*, encargado de ejecutar la acción motriz en base a las condiciones del entorno y la imagen previamente visualizada; 3) un elemento receptor, que percibe el resultado de la acción realizada; 4) un *elemento comparador* que establece la diferencia entre la ejecución motriz y el valor esperado; 5) un *elemento codificador o traductor*, responsable de corregir el movimiento en base a la imagen o idea prefijada.

Asimismo, establece tres fases en el proceso de AM: 1) *inicial*; el ser humano simplifica el movimiento reduciendo los grados de libertad, 2) *avanzado*; el movimiento gana en grados de libertad, incorporando a la acción motriz un mayor número de articulaciones, 3) *experto*; el movimiento adquiere todos los grados de libertad, gana en efectividad y coordinación.

En resumen, el modelo de Berstein<sup>26</sup> se basa en la cibernética, entendida como mecanismo de control y regulación de la acción motriz. Como conceptos importantes establece la evocación de la imagen óptima del movimiento, que guiará la ejecución del movimiento, y la constante adaptación del movimiento a las condiciones que ofrece el entorno.

### *El Modelo Cibernético de Wiener<sup>29</sup>*

*Cibernética* significa control del propio proceder; este modelo aplica por primera vez en 1948 los principios de la cibernética a los mecanismos de control del AM<sup>29</sup>. A partir de esto, se plantea que el aprendizaje se produce a través de la información sensorial procedente de la realización de movimientos, y establece el concepto de *circuito cerrado de actuación o servomecanismo* en el cual cuando un sujeto realiza un movimiento la información del *feedback* o retroalimentación se almacena en

la memoria para mejorar, automatizar el gesto y realizar otros movimientos. Por ejemplo, cuando un niño recepcione por primera vez una pelota, irá corrigiendo sus gestos hasta conseguir atraparla.

### *El Modelo TOTE<sup>30</sup>*

El modelo T-O-T-E fue propuesto por Miller, Galanter & Pribram<sup>30</sup> en 1960. Su fundamentación teórica radica en los conceptos de imagen y plan motor. Las siglas de este modelo hacen referencia a los siguientes procesos: 1) T (*test*), durante el aprendizaje el sujeto evoca en su mente una imagen del movimiento que pretende realizar; 2) O (*operate*), plan de ejecución motriz encargado de generar una respuesta lo más similar posible a la imagen visualizada; 3) T (*test*), finalizado el movimiento, se compara el resultado con la imagen que previamente se tenía del mismo para acercar la ejecución del movimiento a la imagen visualizada del mismo; y, 4) E (*exit*), fin del aprendizaje pretendido. Es decir, el aprendizaje ha sido óptimo cuando existe congruencia entre lo realizado y lo esperado, entre la imagen y el plan motor.

### *La Teoría Ecológica<sup>31</sup>*

En la década de los años 60, Gibson<sup>31</sup> explora cómo los sistemas motores nos permiten interactuar con el ambiente a fin de obtener un comportamiento orientado a un objetivo. El individuo explora activamente su entorno, el cual a su vez sostiene su actividad de tal manera que las acciones están orientadas al ambiente. La coordinación y el control motor para realizar una acción motriz dependen de los condicionantes ambientales y las limitaciones morfológicas del sujeto. En este modelo se aporta el concepto de *affordance* (percepción-acción) que refiere al valor funcional o utilidad percibida de objetos o situaciones por el sujeto en relación con sus propias capacidades y habilidades.

### *El Modelo de Fitts & Posner<sup>32</sup>*

Este modelo desarrollado en 1967, establece tres estadios o fases en el AM (véase tabla 5): 1) *estadio cognitivo*; el aprendiz se

enfrenta a una acción motriz en la que se integran diversos elementos que debe entender y coordinar; 2) *estadio asociativo*; mejora la sincronización de estos elementos y, con ello, la ejecución motriz; y, 3) *estadio autónomo*; el procesamiento de la información para la ejecución ya es plenamente automatizado y en paralelo; es decir, varios elementos de la ejecución se controlan al mismo tiempo<sup>32</sup>.

#### *El Programa Motor de Keele*<sup>33</sup>

La noción más importante sobre la que articula Keele<sup>33</sup> en 1967 su modelo es la de *programa motor*. En este modelo, cuando el ser humano se enfrenta a una actividad, cuenta con un *programa motor inicial* que pone en práctica en su totalidad y que una vez que se ha realizado la acción, se modifica adaptándolo a las nuevas necesidades que hayan podido surgir (*programa motor modificado*).

#### *La Teoría de Adams*<sup>22</sup>

Adams<sup>22</sup> en 1971 desarrolla su teoría en base a los conceptos de *huella perceptiva o de reconocimiento*, y *huella mnésica*, ambas implicadas en la generación y el control del movimiento.

La *huella perceptiva* es la responsable de evocar la imagen del movimiento deseado, percibir su resultado y, en su caso, efectuar los reajustes necesarios. Se trata del resultado ideal del movimiento. Por su parte, la *huella mnésica* es la encargada de ejecutar la respuesta motriz atendiendo a la imagen visualizada y a los reajustes formulados por la huella perceptiva. Se corresponde con el resultado actual del movimiento. En base a estos conceptos, el control motor supone comparar e intentar reducir las diferencias entre la huella perceptiva (resultado ideal del movimiento) y la huella mnésica (resultado actual).

#### *La Teoría del Esquema de Schmidt*<sup>23</sup>

Schmidt<sup>23</sup> en 1975 desarrolla la *Teoría del Esquema* basándose en los conceptos de *Programa Motor General* y

*Esquema Motor*. Según este autor, la mente humana almacena *programas motores generales*, como un conjunto de órdenes comunes a una familia de movimientos, por ejemplo, habilidades motrices básicas como correr, saltar, lanzar, y otras. El *esquema motor*, en cambio, consiste en un conjunto de reglas que nos permiten contextualizar nuestras acciones motrices fundamentadas en los programas motores generales. Se trata de adaptaciones específicas del programa motor generalizado.

Por ejemplo, para la realización de un lanzamiento a canasta en baloncesto, la técnica de ejecución se fundamenta en un programa motor general como es el lanzamiento. Sin embargo, para conseguir el objetivo previsto de encestar, se hace uso de un esquema motor como en este caso, que controla la relación distancia-fuerza o precisión.

#### *El Modelo de Gentile*<sup>34</sup>

Gentile<sup>34</sup>, también en 1975, establece dos estadios en el proceso de AM (véase tabla 5): 1) primero; comprensión del objetivo de la tarea, desarrollo de estrategias de movimiento para alcanzarlo e interpretación de las características del entorno para la organización del movimiento; 2) segundo; fijación y diversificación de la respuesta motriz; el objetivo se orienta hacia la redefinición del objetivo, que incluye el desarrollo de la capacidad de adaptación del movimiento a los cambios en la tarea y entorno, así como desarrollar la tarea con consistencia y eficiencia. El instructor debe orientar al aprendiz, aportar *feedback* suplementario y generar las condiciones ambientales para el aprendizaje.

#### *El Procesamiento de la Información*<sup>35</sup>

Este modelo definido por Marteniuk<sup>35</sup> en 1976 a partir de los planteamientos iniciales de Welford<sup>36</sup> de 1968, diferencia tres mecanismos básicos inherentes a la acción motriz: la percepción, la decisión y la ejecución.

El *mecanismo de percepción* es el encargado de proporcionar la información



sobre el entorno y las propias posibilidades del sujeto a través de la participación de los órganos sensoriales (vista, audición, receptores kinestésicos, y otros). A partir de la memoria sensorial inmediata es capaz de integrar la información recibida para obtener una imagen ajustada de la situación y, en consecuencia, aportar aquella necesaria para la selección y ejecución de la respuesta motriz.

La relevancia de este mecanismo varía según el tipo de acciones motrices: 1) en tareas abiertas (entendidas como aquellas que se desarrollan en entornos inestables como por ejemplo el medio natural, o en situaciones socio-motrices o estratégicas como por ejemplo los deportes de cooperación-oposición), este mecanismo proporciona al sujeto una valiosa información a fin de adaptar su acción motriz a la variación continua de las condiciones del entorno o del comportamiento de los restantes participantes; 2) en cambio en tareas cerradas (entendidas como aquellas que se desarrollan en entornos estandarizados como sucede en las pruebas de natación en piscina o de atletismo en pista, entre otras), adquiere protagonismo el mecanismo de ejecución, a partir de la información propioceptiva.

El *mecanismo de decisión* selecciona la respuesta más adecuada en base a la información recibida e integrada, y a los conocimientos previos del sujeto. Este mecanismo junto al mecanismo de percepción, juega un importante papel en aquellas prácticas de carácter abierto, ya que la variabilidad en las condiciones del entorno y la actuación de los jugadores participantes, puede dar lugar a una diversidad notoria de soluciones posibles.

El *mecanismo de ejecución* es el responsable de poner en marcha el plan de acción físico-motriz que el sujeto ha concebido como el más adecuado (decisión), según el análisis previo del entorno y de su propia condición (percepción). El cerebro humano almacena programas motores generales (por ejemplo, las habilidades motrices generales entre las que se encuentran el salto, la carrera, el lanzamiento, y otras) que guían a grandes rasgos las habilidades objeto de aprendizaje, pero que deben concretar su ejecución a las circunstancias específicas que se presentan. Por ejemplo, en el gesto técnico del 'gancho' en baloncesto, la relación

distancia-fuerza (esquema motor), basada en un programa motor básico como el lanzamiento, varía en función de la posición del jugador en el espacio y de su estado físico (por ejemplo, el cansancio).

#### *El Modelo Psicomotor*<sup>37</sup>

En 1982, Kerr<sup>37</sup> plantea esta teoría que considera al aprendiz como un sujeto activo que aprende en contacto con el medio. La función del instructor debe ser el planteamiento de situaciones con limitaciones ambientales. Para la resolución de estos problemas, el aprendiz debe tener un nivel de activación que le permita seleccionar la información relevante con el fin de poner en práctica la acción motriz más adecuada. Los circuitos reguladores basados en el conocimiento de la ejecución y de los resultados permiten al aprendiz adquirir y perfeccionar un mecanismo detector de errores para reducir las diferencias entre la ejecución motriz real y el valor ideal perseguido.

#### *El Modelo Circular Autorregulador*<sup>38</sup>

Grosser & Neuimaier<sup>38</sup>, en 1986, basándose en la teoría de Bernstein, señalan que el ser humano realiza una serie de operaciones cognitivas que le permiten ir alcanzando de manera progresiva los niveles de ejecución previstos. El *feedback* externo desempeña un papel fundamental como principal fuente de conocimiento sobre los errores de ejecución que se realizan en el desarrollo de la acción motriz.

#### *La Teoría Constructivista*<sup>39</sup>

Este modelo supera la concepción del AM basada en dos aspectos, no necesariamente interrelacionados: 1) por un lado, como algo atribuible exclusivamente a la herencia o al medio; y 2) por otro lado, el aprendizaje basado en teorías asociativas en las que se adquieren habilidades de manera descontextualizada<sup>39</sup>. Establece que el AM se produce por la interacción del ser humano con su entorno sociocultural desde estructuras o esquemas previos motrices, cognitivas y socioafectivas. Estas estructuras se irán adaptando y transformando como resultado

del intercambio con el entorno dando lugar al aprendizaje significativo.

#### *Modelo de los Sistemas de Acción*<sup>40</sup>

Este modelo planteado por Oña<sup>40</sup>, en 1999, establece la existencia de estructuras coordinativas elementales (*sinergias*) que conforman un programa motor almacenado en la memoria. El control del movimiento se

realiza a través de estructuras periféricas. El AM se concibe como un proceso de adaptación y descubrimiento del medio a partir de la influencia recíproca entre percepción y acción. Lo que diferencia a un novato de un experto es cómo percibe la información y cómo gana eficiencia en la elaboración de *affordances*.

**Tabla 4. Resumen de los principales modelos teóricos del aprendizaje motor**

Modelo	Aportaciones
Adams <sup>22</sup>	Huella perceptiva o de reconocimiento y huella mnésica.
Schmidt <sup>23</sup>	Programa motor general y esquema motor.
Bernstein <sup>26</sup>	Mecanismos de control y regulación del movimiento. Evocación de la imagen óptima del movimiento. Constante adaptación del movimiento.
Wiener <sup>29</sup>	Cibernética. Circuito cerrado de actuación o servomecanismo.
TOTE <sup>30</sup>	Imagen y plan motor.
Ecológico <sup>31</sup>	<i>Affordance</i> o valor funcional de objetos o situaciones.
Fitts y Posner <sup>32</sup>	Estadios: 1.º cognitivo, 2.º asociativo; y. 3.º automatización.
El Programa Motor <sup>33</sup>	Programa motor inicial y programa motor modificado.
Gentile <sup>34</sup>	Estadios: 1.º captar el objetivo del movimiento a conseguir; y 2.º establecer y diversificar la respuesta motriz.
Procesamiento de la Información <sup>35</sup>	Mecanismos de percepción, la decisión y la ejecución.
Kerr <sup>37</sup>	Aprendiz como sujeto activo en contacto con el medio.
Circular Autorregulador <sup>38</sup>	El ser humano realiza operaciones cognitivas para alcanzar de manera progresiva niveles de ejecución previstos.
Teoría Constructivista <sup>39</sup>	Interacción del ser humano con su entorno desde esquemas previos motrices, cognitivos y socioafectivos.
Sistemas de Acción <sup>40</sup>	Estructuras coordinativas elementales ( <i>sinergias</i> ) y periféricas.

Fuente: elaboración propia.

## 6. Implicaciones prácticas

### *Análisis de las fases del aprendizaje motor*

El análisis del proceso de AM debe entenderse como un continuo en el cual el aprendiz va perfeccionando los mecanismos que determinan la acción motriz. El

establecimiento de fases permite una mayor comprensión de los factores determinantes y los procesos que subyacen, lo que facilita a su vez el diseño de intervenciones más efectivas.

En la *fase inicial*, el aprendiz intenta comprender lo que tiene que hacer. Esto conlleva construir una representación mental o programa motor que controle el movimiento.

En esta fase, el movimiento se caracteriza por la pobre consistencia, poco ajuste en el esfuerzo, escasa disociación, presenta numerosas sincinesias, no existe anticipación, la selección de información es muy costosa, y el control es visual.

En esta fase se debe aportar información adecuada a nivel cuantitativo (breve) y cualitativo (centrada en los elementos importantes de la acción motriz), plantear correctos modelos técnicos de reproducción, y facilitar experiencias de aprendizaje variadas y potencialmente positivas.

Mediante la variabilidad en la práctica, el conocimiento de la ejecución y de los resultados, el aprendiz irá elaborando una imagen correcta de la acción. Necesitará, por tanto, de correcciones precisas hasta eliminar divergencias entre lo alcanzado y el objetivo a conseguir. Es, en esta *fase intermedia*, cuando la ejecución motriz gana en consistencia, en sincronización de los segmentos corporales implicados en la acción motriz, evoluciona la capacidad de atención, mejora la selección de información, se produce la disociación de acciones segmentarias, y desaparecen las sincinesias.

En la fase intermedia es necesario emplear distintos tipos de *feedback* según el objetivo de aprendizaje, fomentando la superación personal y el refuerzo emocional positivo. El *feedback* descriptivo se utiliza para comparar el rendimiento con la ejecución ideal perseguida. El *feedback* evaluativo se emplea para evaluar la ejecución intentando que esta se acerque a la ejecución ideal. El *feedback* prescriptivo comunica el error y aporta una solución al alumnado. El *feedback* interrogativo identifica el nivel de propiocepción del aprendiz para que por sí mismo se ajuste a la ejecución motriz ideal.

Los progresos alcanzados en este periodo llevan al aprendiz a la fase final, en la que el movimiento presenta una mayor economía y fluidez cognitiva y motriz, el control del movimiento es kinestésico, y adquiere un sello personal. Un aspecto a considerar es el fenómeno conocido como *parálisis por análisis*, el cual muestra que cuando se piensa en cada componente de la acción mientras se actúa, esta se puede ver bloqueada o ralentizada.

### *La educación física como programa de aprendizaje motor*

#### *a) La educación física en las primeras edades: la Psicomotricidad.*

La *Psicomotricidad* se puede definir como una educación dirigida no al cuerpo como entidad solamente biológica sino como realidad psicosomática, en la que las estructuras motrices se desarrollan en interacción constante entre el yo y el medio<sup>1</sup>. La *psicomotricidad* integra las interacciones cognitivas, emocionales, simbólicas y sensomotrices en la capacidad de ser y de expresarse en un contexto psicosocial. En la infancia, la educación física basada en la *psicomotricidad* debe tener como objetivos generales: 1) evaluar el perfil psicomotor del aprendiz; 2) identificar e intervenir (precozmente) en trastornos y retrasos del aprendizaje y desarrollo motor; 3) fomentar la autonomía personal; y, 4) favorecer los aprendizajes escolares.

Las intervenciones didácticas deben estar orientadas al desarrollo de las siguientes funciones: 1) el dominio de los patrones motores generales (motricidad gruesa) y la coordinación dinámica general; 2) el conocimiento del esquema corporal; 3) la disociación de los segmentos corporales implicados en la acción motriz; 4) el equilibrio y el control postural; 4) la respiración y la relajación; 5) la percepción auditiva, visual y táctil; 6) la percepción de formas y tamaños de objetos; 7) la lateralidad y la orientación espacial; 8) la coordinación de brazos y manos; 9) la coordinación óculo-manual y el dominio del gesto gráfico; 10) la organización y la estructuración temporal; 11) el ritmo; y, 12) los hábitos e independencia personal.

Las metodologías empleadas deben articularse alrededor de los principios de individualización, globalización, ludismo, creatividad y socialización.

Se pueden emplear metodologías que fomenten la indagación y el juego libre como el cuento motor, los ambientes de aprendizaje, los espacios de aventura, la sinéctica y la libre exploración. También es necesario considerar la utilización de métodos asociados a la reproducción de un modelo como por ejemplo, el desarrollo de circuitos de habilidades, ya

que la ejercitación y la repetición asociadas a un empleo adecuado del conocimiento de la ejecución y de los resultados favorecen un óptimo AM<sup>41</sup>.

Se empleará el juego como principal recurso didáctico. No se debe abusar de situaciones de aprendizaje excesivamente artificiales. Es importante realizar tareas en distintos medios y en entornos no habituales para el aprendiz. También se debe evitar la sobreutilización de actividades manipulativas siendo necesario el diseño de actividades donde se utilicen (y se combinen) patrones motores conocidos por el aprendiz para resolver los problemas motrices que les plantea el entorno.

Se deben utilizar juegos donde se inicien en el desarrollo de estrategias de cooperación.

El instructor actuará como guía fomentando que el aprendiz sea el protagonista de su aprendizaje.

*b) La educación física en la infancia y la preadolescencia: la educación física de base.*

La educación física de base se puede considerar una forma psicopedagógica específica de la educación física fundamentada en el método activo, la planificación de los contenidos en centros de interés, y el desarrollo de la socialización del sujeto<sup>41</sup>. Tiene un valor esencial, la primacía del aprendiz sobre la materia. Para la educación física de base, uno de los ejes en el desarrollo de intervenciones prácticas debe ser la estimulación de todos los canales de desarrollo del aprendiz atendiendo a aspectos como la competencia atlética, la autoestima, el autoconcepto, la inteligencia emocional o la motivación intrínseca, entre otros aspectos.

Las intervenciones y la participación en programas deportivos se realizarán según las características físicas, cognitivas y socioafectivas del aprendiz.

Se favorecerá la adquisición de habilidades más complejas en base a otras habilidades ya adquiridas.

Se trabajará la competencia (habilidades técnico tácticas), la cultura deportiva (respeto a los valores de desarrollo

personal y social) y el entusiasmo (adherencia a la actividad física en el ocio y tiempo libre).

El proceso de enseñanza se adaptará al contexto vital del aprendiz favoreciendo la transferencia de los aprendizajes a su vida cotidiana.

El juego y el deporte serán los principales recursos didácticos. Se deben realizar sesiones en distintos medios (acuático, natural) y en entornos no habituales con mayor nivel de incertidumbre.

Se deben diseñar actividades para el aprendizaje de estrategias de cooperación oposición y supervivencia (con riesgo controlado).

El diseño de actividades se debe realizar desde la premisa de reducir las pérdidas de tiempo e incrementar el tiempo de participación activa motriz y cognitiva.

Los docentes de educación física pueden ser capacitados mediante una formación adecuada, en la evaluación de las habilidades motrices, la coordinación motriz global y las capacidades físicas. Además, deben emitir informes del proceso de aprendizaje y desarrollo motor a lo largo del periodo de escolarización obligatorio.

Los docentes, asesorados por especialistas en psicología y fisioterapia, deben comunicarse con los especialistas médicos externos a los centros educativos, para el desarrollo de programas adaptados a escolares con patologías del desarrollo motor.

*c) La educación física en la adolescencia: la educación física de multiespecialización.*

Además de las orientaciones establecidas para la educación física en las etapas anteriores, en la adolescencia se pueden tener en cuenta las siguientes orientaciones:

Se diseñarán situaciones motrices variadas que trabajen contenidos relacionados con las acciones motrices individuales en entornos estables (por ejemplo, atletismo y natación), de oposición (por ejemplo, deportes de raqueta y deportes de combate), de cooperación con o sin oposición (por ejemplo, juegos y deportes alternativos y tradicionales), de adaptación al entorno (por ejemplo, orientación y senderismo), y de índole

artístico expresiva (por ejemplo, danza contemporánea).

Se fomentará la motivación orientada a la tarea (intrínseca) en detrimento de la motivación centrada en el resultado.

Se incrementará la motivación empleando metodologías activas y modelos pedagógicos innovadores como la *Educación Deportiva*<sup>42</sup> en la enseñanza de los deportes, la *Educación Aventura*<sup>43</sup> en las actividades en el medio natural o la gamificación en la práctica de los juegos.

Se utilizarán actividades en contextos no habituales (por ejemplo, el medio acuático), situaciones sociomotrices (por ejemplo, juegos modificados) y modelos pedagógicos (por ejemplo, El Modelo Comprensivo de Iniciación Deportiva<sup>44</sup> y la Educación Deportiva<sup>42</sup>) para estimular los mecanismos de percepción y decisión, y competencias de autonomía, iniciativa y responsabilidad.

Se emplearán aplicaciones digitales (por ejemplo, *Classdojo* para registro actitudinal del docente, *Fitness meter* o *Coach's eye* para análisis de ejecuciones físicas grabadas, *Balance it* para el contenido de acrosport y *Aurasma* para orientación), y plataformas (*Moodle*, *Edmodo*, *Google Classroom*, *Schoology* o *Seesaw*) para motivar al aprendiz.

Para el alumnado con necesidades especiales en su proceso de AM por padecer una enfermedad motriz, cognitiva u otra, se recomiendan como principales orientaciones

metodológicas potenciar el desarrollo integral, facilitar experiencias de aprendizaje en contextos reales, favorecer la inclusión y enseñarles habilidades funcionales.

## 7. Conclusiones

Este estudio ha presentado una síntesis de los principales modelos teórico explicativos del AM, y se han descrito las principales aportaciones de su estudio desde 1.947 hasta 2.018. En base a esto, se desprenden los siguientes aspectos: 1) el AM es un proceso determinado por la práctica y la experiencia que produce una mejora en la competencia motriz, lo que permite al ser humano adaptarse al entorno y realizar actividades motrices con un objetivo concreto; 2) el AM se produce mediante diversos procedimientos, está regulado por unos principios bien establecidos, y se encuentra determinado por una serie de factores inherentes y externos al ser humano; 3) el análisis del AM ha evolucionado centrándose en aspectos como el análisis de los mecanismos neurológicos, los aprendizajes cognitivos y la aplicación de los postulados del AM al aprendizaje deportivo; 4) los modelos explicativos del proceso de AM establecen las bases teóricas de las actuales concepciones; cada uno de los modelos aporta conocimiento al modo en el que el ser humano adquiere y mejora su competencia motriz.

**Conflicto de intereses:** Ninguno declarado por el autor.

**Financiación:** Ninguna declarado por el autor.

## 8. Bibliografía

1. Bolaños DF. Desarrollo motor, movimiento e interacción. Colombia: Kinesis; 2010.
2. Lawther JD. Aprendizaje de las habilidades motrices. Barcelona: Paidós; 1983.
3. Gutiérrez M. Aprendizaje y desarrollo motor. Madrid: Librería deportiva; 2008.
4. Cano de la Cuerda R, Martínez-Piédrola RM, Miangolarra-Page JC. Control y aprendizaje motor. Fundamentos, desarrollo y reeducación del movimiento humano. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2017.
5. Grosser M, Neumaier, A. Entrenamiento de la técnica. Barcelona: Martínez-Roca; 1986.
6. Schmidt RA, Lee TD, Winstein CJ, Wulf G, Zelaznik HN. Motor control and learning: A behavioral emphasis (6th ed). Champaign, IL: Human Kinetics; 2019.
7. Ruiz LM, Gutiérrez M, Graupera, JL, Linaza JL, Navarro F. Desarrollo, comportamiento motor y Deporte. Madrid: Síntesis; 2014.
8. Schmidt RA, Lee TD. Motor control and learning: A behavioral emphasis (5nd ed). Champaign, IL: Human Kinetics; 2011.

9. Haibach PS, Reid G, Collier DH. Aprendizaje y desarrollo motor. Madrid: Librería deportiva; 2017.
10. Morgado I. Psychology of learning and memory: basics and recent advances. *Rev Neurol*. 2005;40:289-97.
11. Strap M. Functional neuroanatomy of implicit learning: associative, motor, and habit. *Rev Neurol*. 2007;44:234-42.
12. Abernethy B, Hanrahan S, Kippers V, MacKinnon L, Pandy M. The biophysical foundations of human movement. Illinois: Human Kinetics; 1997.
13. Schmidt RA, Wrisberg CA. *Motor Learning and Performance: A Problem-based Learning Approach*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
14. Magill RA. *Motor learning and control: concepts and applications*. Hardcover: McGraw-Hill; 2007.
15. Umphred DA, Carlson C. *Neurorehabilitation for the physical therapist assistant*. London: Ed Slack; 2006.
16. Cano de la Cuerda R, Molero A, Carratalá M, Alguacil IM, Molina F, Miangolarra JC, Torricelli, D. Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones a la neurología. *Neurología*. 2015; 30(1): 32-41.
17. Lee TD, Genovese ED. Distribution of practice in motor skill acquisition: Learning and performance effects reconsidered. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1988;59:277-87.
18. Rosa A, García E, Pérez J. Diferencias en la condición física en escolares de entornos rurales y urbanos de Murcia (España). *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*. 2017;16(30):115-128.
19. Read TD. On the dynamics of motor learning research. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1998;69:334-337.
20. George A, Fitzpatrick D, Hall WC, Lamantia AS, Mcnamara JO, Purves D, et al. *Neuroscience*. Madrid: Panamerican Medical Publishing; 2008.
21. Schmidt, R.A. y Lee, T.D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis (5nd ed)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
22. Adams JA. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*. 1971; 3:111-119.
23. Schmidt RA. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological review*. 1975; 82(4): 225-260.
24. Riera J. Aprendizaje motor. En: JL Pinillos y R Bayés eds. *Aprendizaje y condicionamiento*. Madrid: La Alhambra; 1989. pp. 415-445.
25. Thorndike EL. *Educational psychology: Briefer course*. New York: Columbia University Press; 1914.
26. Berstein NA. *On the Construction of Movements*. Moscow: Medgiz; 1947.
27. Oña A (ed.). *Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Granada: Universidad de Granada; 1994.
28. Batalla A. *Retroalimentación y aprendizaje motor: influencia de las acciones realizadas de forma previa a la recepción del conocimiento de los resultados en el aprendizaje y la retención de habilidades motrices [tesis doctoral]*. Barcelona: Universidad de Barcelona; 2005.
29. Wiener N. *Cybernetics Or Communication And Control In The Animal And The Machine*. Cambridge, Massachusetts: The M.I.T. Press; 1947.
30. Miller GA, Galanter EY, Pribram, KH. *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt; 1960.
31. Gibson. *The ecological approach to visual perception*. Boston, Ma: Houghton-Mifflin; 2014.
32. Fitts PM, Posner MI. *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole; 1967.
33. Keele SW. Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*. 1967; 70: 387-403.
34. Gentile AM, Higgins JR, Miller EA, Rosen BM. The structure of motor tasks. *Movement*. 1975; 7: 11-28.
35. Marteniuk RG. *Information processing y motor skills*. New York, Holt, Rinehatt & Winston.1976

36. Welford AT. Fundamentals of skill. London: Methuen; 1968.
37. Kerr R. Psychomotor learning. Saunders College Publishing Co., New York.
38. Grosser M, Neumaier, A. Entrenamiento de la técnica. Ediciones Martínez Roca: Barcelona; 1986.
39. Alarcón F, Cárdenas D, Piñar MI, Miranda MD, Ureña, N. (2011).The constructivist approach as an explanatory model in team sports. Univ. Psychol. 2011; 10(2): 489-500.
40. Oña A. (coord.). Control y aprendizaje motor. Madrid: Síntesis; 1999.
41. Sánchez-Bañuelos F. Bases para una didáctica de la E.F y el deporte. Madrid: Gymnos; 1992.
42. Siedentop D, Hastie PA, van der Mars H. Complete Guide to Sport Education. Champaign, IL: Human Kinetics; 2011.
43. Gilbertson K, Bates T, McLaughlin T, Ewert A. Outdoor education: methods and strategies. Champaign, IL: Human Kinetics; 2006.
44. Bunker D, Thorpe R. A model for the teaching of games in secondary schools. Bulletin of Physical Education.1982;19:5-8.