

TEMA 53. El aprendizaje motor: evolución histórica y fundamentación teórica de las actuales concepciones. Modelos teóricos explicativos del aprendizaje motor.

1. INTRODUCCIÓN
2. CONCEPTO DE APRENDIZAJE MOTOR
3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL APRENDIZAJE MOTOR Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS PRINCIPALES CONCEPCIONES
4. MODELOS EXPLICATIVOS DEL APRENDIZAJE MOTOR
5. CONCLUSIONES
6. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

Tal como afirma Riera, el aprendizaje motor ha estado históricamente muy poco considerado dentro de la psicología. Este hecho contrasta con la enorme importancia que la motricidad en la vida cotidiana. Si pensamos un poco encontraremos un número innumerable de actividades de todo tipo (utilitarias, deportivas, laborales,...) que tienen un soporte motriz importante.

Las causas de este desinterés podemos resumirlas en 5 puntos:

- Menosprecio social de las tareas motrices en relación a las intelectuales. Este desprecio tiene su origen en la concepción dualista del ser humano, donde el cuerpo y lo corporal representarían el aspecto menos elevado de la persona.
- Disparidad de personajes encargados de la enseñanza de habilidades motrices. Son muchos los que pretenden enseñar habilidades motrices: padres (habilidades utilitarias), maestros (habilidades manipulativas), profesores de plástica (habilidad manual), profesores de E.F., monitores deportivos, instructores laborales,... La idea que subyace es que quien sabe manejar una máquina o realizar una habilidad es capaz igualmente de enseñarla.

Una buena muestra de este desinterés la podemos encontrar en escaso tratamiento que el aprendizaje motor recibe en los manuales y revistas de psicología y aprendizaje y su poca presencia en los planes de estudios universitarios (excepción hecha de las Facultades de CC. Del Deporte y de las Escuelas de Magisterio).

Debido a las frecuentes confusiones observadas en textos de la materia, es importante señalar lo incorrecto del uso del término "motriz" para calificar "aprendizaje", a pesar de que se trata de un uso bastante extendido. Como señala el Diccionario Panhispánico de Dudas de la Real Academia Española, en su edición de 2005, "es incorrecto el uso de motriz referido a sustantivos masculinos: impulso motriz. Lo mismo cabe decir de los adjetivos compuestos a partir de motor, que tienen dos femeninos: automotora y automotriz. Debe evitarse el error frecuente de usar los femeninos en -triz referidos a

sustantivos masculinos". Así pues, se rechaza el uso "aprendizaje motriz" por incorrecto, reservando dicho adjetivo para la forma femenina.

En este tema se revisarán aspectos generales sobre el aprendizaje motor, tales como su concepto, su evolución histórica y los principales modelos explicativos. Este tema debe considerarse introductoria de los temas del 54 al 57 (ambos inclusive).

2. CONCEPTO DE APRENDIZAJE MOTOR

Desde las acciones más simples que comienzan a realizar los niños, como botar una pelota, correr o montar en bicicleta, hasta los gestos técnicos más específicos que realizan los deportistas de alta competición, todas son fruto de un proceso de adquisición de habilidades. Si bien los distintos niveles de dificultad y las distintas actividades que se realizan dan lugar a un excelso abanico de tareas, diversas tanto cuantitativa como cualitativamente, cualquiera de ellas es fruto del aprendizaje que el sujeto realiza para tener el poder sobre la motricidad de su propio cuerpo.

Este aprendizaje será un interesante objeto de estudio para la Psicología, dado que versará sobre el modo en que los sujetos toman control de sus propios movimientos para desenvolverse en su entorno. Ya que fundamentalmente, el comportamiento es el principal instrumento humano para lograr una adecuada adaptación al medio. Las acciones motrices serán, pues, un elemento básico del anterior. Asimismo, la Psicología del Deporte habrá de interesarse por este tema, ya que los resultados de la práctica de la actividad física serán un reflejo del éxito que los participantes hayan tenido durante la adquisición de las habilidades pertinentes.

Así, se puede considerar el aprendizaje motor como el cambio en las capacidades de un sujeto para realizar una tarea motriz, que debe ser inferido a partir de una mejora relativamente permanente en el rendimiento, como resultado de la práctica o la experiencia (Magill, 1993). Otra definición podría ser “un cambio estable que se produce en la conducta motora, aparentemente permanente y que se lleva a cabo a través de la práctica” (Moreno, 1998).

Analicemos los diferentes elementos de ambas definiciones:

- **CAMBIO:** Todo aprendizaje debe implicar un cambio en la conducta. Dado que el aprendizaje no es algo tangible, deberá inferirse a partir de la conducta observable (para que pueda ser medido y comprobado en términos científicos), lo que junto a las características expuestas anteriormente han hecho del aprendizaje motor un objeto de estudio muy afín a la Psicología del Aprendizaje.
- **CONDUCTA MOTORA:** En este concepto se integran parámetros de muy variada índole (fisiológicos, cinemáticas, cinéticos, etc). Puede ser imitada de un modelo o bien tratarse de una acción nueva.
- **ESTABLE Y PERMANENTE:** Si el cambio de conducta no es estable no podemos hablar de aprendizaje. Parte de la Tª de la Memoria Infinita: Toda conducta aprendida puede ser recuperada y modificada..

- **PRÁCTICA:** Es el medio por el cual se produce el cambio de conducta en el aprendizaje. Se podría definir como “*el proceso de control y manipulación de la información con objeto de producir la modificación de la conducta motora*”. La práctica es la forma de adquirir información sobre nuestro entorno. Existen diferentes tipos de práctica (física, imaginada).
- **SUJETO:** con sus condiciones psicológicas, físicas y su potencial de desarrollo, que condicionan las habilidades que se adquieren poniendo claros límites. En efecto, no será posible aprender a realizar el movimiento de rotación con una articulación como el codo, que tiene forma de bisagra.
- **RESULTADO:** Podrá ser más o menos adecuado al modelo de ejecución manejado. Cuanto menor sea la discrepancia entre el modelo y la ejecución, mayor será la precisión del sujeto. Si bien en situaciones experimentales la ejecución puede medirse con aparatos de gran precisión, en situaciones de campo la principal información de la que puede valerse un sujeto para conocer lo adecuado de su respuesta es la retroalimentación sensorial.

Riera nos aporta un nuevo enfoque. Para este autor el resultado del aprendizaje motor no consiste en la adquisición de nuevos movimientos sino en el establecimiento de nuevas y estables relaciones del individuo con el entorno. Así pues, un sujeto aprende si es capaz de coordinar sus movimientos para adaptarse y relacionarse con las características específicas de su entorno. Finalmente este autor nos describe algunas características del aprendizaje motor:

- Es un proceso, de tal forma que no se debe confundir el aprendizaje con los cambios comportamentales que lleve aparejados (conductas observables). Debe ser analizado en función de los procesos que soportan esos cambios.
- Es un proceso sin fin (por la existencia de infinitos entornos y situaciones motrices).
- Es un proceso siempre positivo (según Riera). Como mucho se podría hablar de disminución de la eficacia pero no de aprendizaje negativo ya que el sujeto siempre habrá establecido nuevas relaciones con el entorno. Schmidt no está de acuerdo y afirma que si puede existir el aprendizaje negativo, es decir el que provoque un descenso en la eficacia del producto de un proceso de aprendizaje (por ejemplo los casos estudiados de transferencia negativa).
- Es un proceso personal en el que otros sujetos (padres, educadores,...) pueden influir pero donde siempre es el aprendiz quien realmente aprende.
- Es un proceso específico de tal forma que el establecimiento de relaciones individuo/entorno varía en cada situación de ejecución. El objetivo del aprendizaje no debe ser la adquisición de gestos concretos sino el aumento de eficacia en una determinada situación.
- Es un proceso global en el que el sujeto interactúa de forma global con su entorno y en el que están implicados procesos no exclusivamente ligados a la ejecución del movimiento. Así, de definiciones basadas en el resultado (producto) del aprendizaje, se ha pasado a definiciones que resaltan el papel de

los procesos y operaciones cognitivas que subyacen a todo aprendizaje de habilidades motrices. Así, en la actualidad se considera que el aprendizaje conlleva una representación mental y que la realización de una habilidad motriz supone una secuencia de operaciones cognitivas (percepción y decisión) en las que la memoria juega un papel determinante. Considerar la existencia de estos mecanismos cognitivos subyacentes ha supuesto una reformulación de la actuación pedagógica ya que se ha pasado de considerar al alumnado un mero receptor pasivo de la información a ser considerados como procesadores activos de la misma.

- Es un proceso no directamente observable. Sólo de los cambios en la conducta podemos inferir cambios realmente producidos por el aprendizaje.

3. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL APRENDIZAJE MOTOR Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS PRINCIPALES CONCEPCIONES

En el estudio de la evolución histórica del aprendizaje motor, son diversos los autores que efectúan una división en períodos (Adams 1992, Riera 1989, Schmidt y Lee 1999). Aunque existen diferencias tanto en las fechas de inicio y final de los períodos como en su denominación, es destacable la homogeneidad de las propuestas. Las características más relevantes de la evolución histórica del aprendizaje motor, las haremos distinguiendo, para ello, tres grandes períodos:

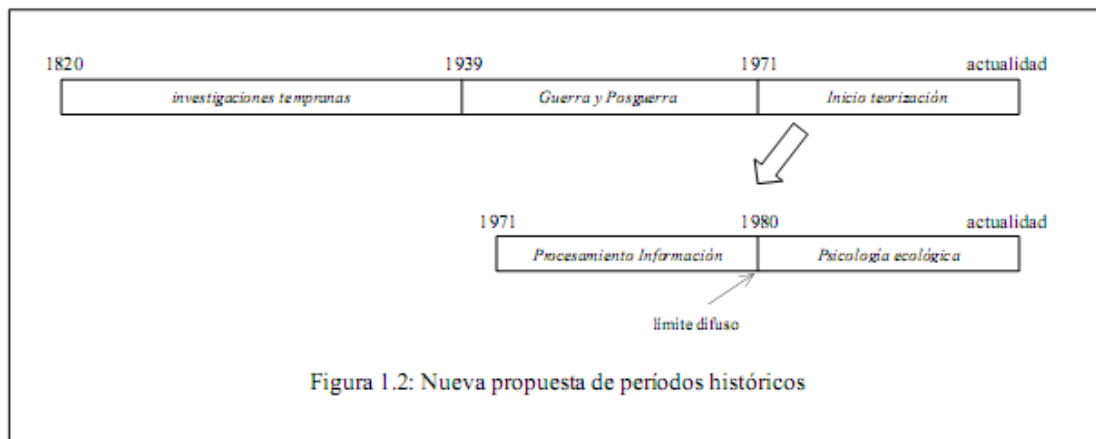


Figura 1.2: Nueva propuesta de periodos históricos

1. Primer período: Las investigaciones tempranas, hasta 1939.
2. Segundo período: La 2ª Guerra Mundial y la posguerra, de 1940 a 1971.
3. Tercer período: El inicio de la teorización o el desarrollo de los modelos teóricos. De 1971 hasta la actualidad. Este período se halla dividido en dos subperíodos:
 - 3.1.- El auge del Procesamiento de la Información (aproximadamente desde 1971 hasta 1980)
 - 3.2.- La eclosión de la psicología ecológica (desde 1980 hasta nuestros días)

- **PRIMER PERÍODO: LAS INVESTIGACIONES TEMPRANAS**

Se trata de un período en el que se desarrollan diferentes trabajos e investigaciones relacionados con el aprendizaje motor sin que exista intento alguno de abordar la elaboración de modelos teóricos explicativos. Otra característica común, no sólo a las producciones propias de este período sino también a las del período siguiente, es la falta de relación existente entre la perspectiva psicológica y la fisiológica a la hora de estudiar el comportamiento motor. Con ello queremos decir que entre el estudio relacionado con las habilidades motrices (perspectiva psicológica) y el estudio de sus bases neurológicas (perspectiva fisiológica) no se produce ninguna conexión, desarrollándose ambas de forma absolutamente independiente. La mayoría de los trabajos intentan relacionar la práctica con el rendimiento.

Los primeros trabajos de este período, realizados durante el S. XIX, se caracterizan, por un lado, en fundamentarse en la introspección (observación interna de los pensamientos, sentimientos o actos), y por otro lado, en utilizar las habilidades motrices como una vía de acceso al conocimiento del funcionamiento de la mente. Algunos ejemplos de los estudios realizados en estos primeros años los encontramos en las investigaciones del astrónomo Bessel (1820, diferencias en tiempos de reacción de los astrónomos a la hora de detectar movimientos de estrellas), de Fitz (1845, las primeras, centradas en estudio del tiempo de reacción), o las de Fullerton y Cattell (que versaron sobre la capacidad de reproducción de niveles de fuerza).

Después, cruzado el umbral del S. XX se produce un cambio en la orientación de las producciones científicas, ya que estas se vuelven más sistemáticas y objetivas a la vez que las habilidades motrices se constituyen como el objeto de estudio per-se, y no sólo como una vía para acceder a otras funciones mentales. Sus trabajos se centraron en:

a) Las curvas de aprendizaje. El ritmo con el que se producen los aprendizajes, fue uno de los temas de estudio más presentes en el primer período. Uno de los aspectos que más interesó fue la presencia de mesetas o períodos sin aumento visible en el rendimiento. Se analizaba a dos operarios de telegrafía en los que observaron su actividad y se establecían sus primeras curvas de aprendizaje. También se estudió el ritmo óptimo de escritura a máquina para alcanzar el máximo rendimiento.

b) El conocimiento de los resultados (en adelante CR). Imprescindible en este campo citar los trabajos de Thorndike (1874-1949). Las aportaciones de este autor, remarcan el papel del CR en el aprendizaje. Estudió el trazado de líneas rectas sin ayuda visual.

c) La distribución de la práctica. Claramente enfocados hacia la optimización de la producción industrial.

d) La transferencia entre aprendizajes. Tema muy habitual de los estudios en esa época y también en la actualidad. Son destacables las aportaciones de Thorndike y Woodworth, quienes formularon la teoría de los elementos idénticos: *la transferencia entre los aprendizajes de dos habilidades es una consecuencia directa de la similitud de los elementos constituyentes de una y otra, de tal*

manera que, a mayor número de elementos comunes, mayor era la tasa de transferencia que producirá.

e) La retención. Diversos autores estudiaron la retención, tanto a corto plazo como a largo plazo (Bean, Book, Hill, Thorndike). Una de las conclusiones más importantes a las que se llegó fue que las habilidades motrices se retienen de forma más duradera que otros aprendizajes como, por ejemplo, los de carácter verbal (ver Adams 1992).

• **SEGUNDO PERÍODO: LA IIª GUERRA MUNDIAL Y POSTGUERRA**

Se trata de un período en el que se produce un gran aumento en los trabajos e investigaciones relacionados con el aprendizaje motor por la necesidad de seleccionar y formar personal especializado en tareas con un fuerte componente perceptivo-motor, como el pilotaje de aviones, el manejo de armamento, la conducción de vehículos, el control de maquinaria, etc. (Adams 1992, Cruz 1997, Ruiz 1994a, Schmidt y Lee 1999). Para solventar esta necesidad, se invirtieron fuertes cantidades de dinero, hecho que atrajo a numerosos profesionales de la psicología hacia el campo del aprendizaje motor. Esta tendencia no cesó con el fin del conflicto bélico, sino que se mantuvo hasta muchos años después.

En un principio la investigación se centró en la selección del personal idóneo (adaptación del hombre a la máquina) para desarrollar las diferentes funciones requeridas. Sin embargo, los programas de selección de personal no dieron los frutos deseados y el interés de las investigaciones se fue desplazando progresivamente a la adaptación de la máquina a la persona (estudios de medidas antropométricas, fisio y psicológicas y colaboración interdisciplinar para la elaboración de herramientas) y a la formación y el entrenamiento de los técnicos, analizándose aspectos como los métodos de enseñanza, la retención, la transferencia,....

De forma paralela y debido al auge del deporte en la sociedad comienzan a aparecer trabajos relacionados con este ámbito de aplicación (Knapp, Henry o Singer). Así pues, este periodo se caracteriza por trabajos de clara orientación práctica, con ausencia de modelos teóricos significativos.

A partir de mediados de la década de los 60 se producen algunos hechos que van a afectar profundamente el curso de las investigaciones sobre aprendizaje motor. Por un lado disminuye progresivamente el interés de los estados por las investigaciones relacionadas con el aprendizaje motor, lo que implica una disminución de las subvenciones concedidas a este tipo de trabajos. Paralelamente el estudio en otros ámbitos de la psicología del aprendizaje (fundamentalmente el aprendizaje verbal) experimenta un importante incremento. Finalmente, se produce, en esta época, un desencanto con los marcos teóricos que habían servido de referencia. La combinación de estos factores origina un descenso gradual del interés de los psicólogos hacia el comportamiento motor.

Este relativo abandono del aprendizaje motor por parte de la psicología se compensa, con la creación, en las facultades de Educación Física, de la asignatura de Aprendizaje Motor, pudiendo afirmarse que los profesionales de la Educación Física toman el relevo de los psicólogos en el estudio del aprendizaje de las habilidades motrices.

¿Cuáles fueron las principales líneas de investigación de este período?:

- Estudios e investigaciones relacionados con el CR. Influenciadas por Thorndike estas investigaciones llevaron a demostrar que el CR mejoraba el rendimiento y el aprendizaje.
 - Estudios e investigaciones relacionados con la distribución de la práctica. Los resultados de las investigaciones sobre distribución de la práctica llevaron a aconsejar la práctica distribuida frente a la masiva. Sin embargo, estudios posteriores diferenciaron entre rendimiento y aprendizaje, y demostraron que, si bien la práctica masiva afectaba negativamente al rendimiento, no tenía los mismos efectos sobre el aprendizaje.
 - Estudios e investigaciones relacionados con la transferencia. Se analizaron fenómenos como el de la transferencia retroactiva en el aprendizaje motor. Igualmente, Dentro de esta línea de trabajo las investigaciones podemos incluir otras sobre la influencia de la práctica global o analítica (entrenamiento total o parcial en palabras de este autor) en el aprendizaje de las habilidades.
 - Estudios e investigaciones relacionados con la retención. En lo referido a la retención a corto plazo se realizaron investigaciones sobre el recuerdo de ítems verbales y motores que llevaron a formular, la diferencia entre memoria a corto plazo y memoria a largo plazo.
 - La necesidad de selección de personal para cubrir puestos especializados motivada primero por la 2ª Guerra Mundial y posteriormente por las demandas de una industria cambiante y creciente, impulsó la realización de estudios e investigaciones relacionados con las diferencias individuales y las capacidades.
- **TERCER PERÍODO: INICIO DE LA TEORIZACIÓN**

La publicación de la Teoría del Bucle Cerrado de Adams es el primer intento serio de establecer un modelo teórico que, más allá de dar respuestas concretas a problemas, intente explicar el movimiento desde una perspectiva global. En 1971, Adams publica lo que para muchos es, si se exceptúan los trabajos de Bernstein, el primer modelo teórico elaborado y consolidado sobre el aprendizaje y el control motor (Adams 1971). Este artículo, además, fue el punto de partida de numerosas publicaciones, investigaciones y teorías, por lo que es lógico que se le considere como un hecho crítico dentro de la historia del aprendizaje motor. En esta teorización tuvo mucha influencia la informática, la cibernética.

Mención aparte merece el científico ruso Nicolai Bernstein (1897-1966). Elaboró una teoría que ha servido de base para muchos estudios posteriores y que, desde hace algunos años, está cobrando una gran importancia dentro de la perspectiva dinámica-ecológica sobre el aprendizaje motor. El hecho de que no se considere su obra como un factor relevante a la hora de establecer los períodos existentes en la evolución histórica del aprendizaje motor se debe a que la situación geo – política que se vivía en esa época no facilitaba la difusión de los trabajos de los científicos encuadrados en el bloque socialista, por lo que se debieron esperar muchos años para constatar, en el mundo occidental, la trascendencia de sus aportaciones (a pesar de lo dicho, creemos necesario aclarar que este autor ya había sido utilizado como referente en los trabajos de destacados científicos del llamado “bloque occidental”, como por ejemplo Bruner o el propio Adams).

4. MODELOS EXPLICATIVOS DEL APRENDIZAJE MOTOR

4.1. Introducción.

Son numerosos los investigadores que han aportado presupuestos teóricos a la teorización sobre el aprendizaje motor. El procesamiento de la información se inscribe dentro de la Psicología Cognitiva, que es una disciplina cuya meta es comprender los principios de la conducta cognitiva de los sistemas inteligentes, entre ellos los humanos.

Dentro de la psicología cognitiva deben distinguirse dos grandes corrientes:

- la perspectiva europea. Destacan autores como Bartlett, Piaget o Vygotsky, quienes, a partir de la década de los 30 del siglo pasado, basaron sus trabajos en supuestos cognitivos claramente constructivistas. El conductismo, como enfoque asociacionista y mecanicista, sitúa el motor de la conducta fuera del organismo,... El aprendizaje siempre es iniciado y controlado por el ambiente”.
- la perspectiva americana, que es la que más nos interesa por desarrollar los modelos de Procesamiento de la Información y que será a la que nos referiremos a partir de este momento. De ellos destacaremos a Bernstein y a Adams y Schmidt. El PI intenta cambiar la concepción conductista, al afirmar que son las representaciones mentales las que determinan la acción del sujeto. Es decir, frente a las teorías constructivistas, el PI (procesamiento de la información) otorga un papel activo al sujeto ya que la conducta no está guiada exclusivamente por el ambiente.

Una forma de entender al ser humano es considerarlo como un sistema de procesamiento de la información. Bajo este modelo el comportamiento podría entenderse como las diversas fases, formas y dimensiones del procesamiento de la información.

Para el modelo básico del procesamiento de la información el funcionamiento comienza con la llegada de uno o más estímulos o entradas (inputs) de información a uno o más órganos sensoriales; a partir de ahí comienza su procesamiento (caja negra) que termina con la emisión de una respuesta motora o salida (output). Es decir, el individuo posee la capacidad de captar informaciones diversas para, a través de un procesamiento posterior, dar una respuesta adecuada a las demandas presentadas.

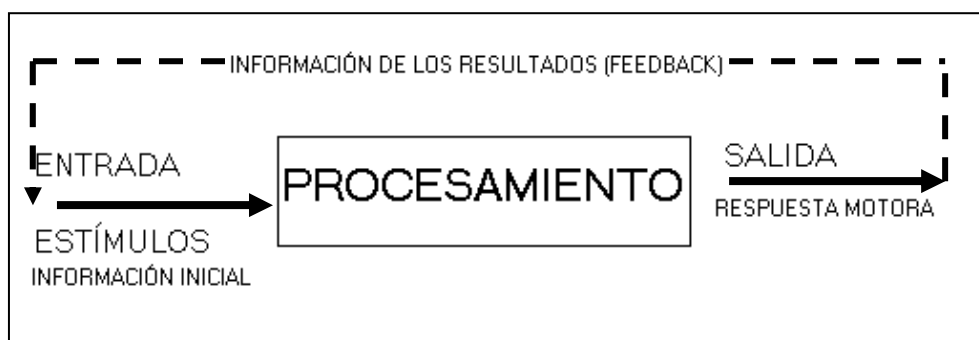


Figura 1: Modelo básico de procesamiento de la información

Hasta este punto todo es observable (información inicial y respuesta motora) menos el procesamiento de la información que tiene lugar dentro del sujeto (no es directamente observable). Inicialmente conocer lo que ocurre en la etapa de procesamiento no resultaba muy interesante, pero poco a poco se fueron dando cuenta que pese a que las entradas (información inicial) era la misma, las salidas o respuestas motrices resultantes no eran siempre las mismas ni las deseadas. El siguiente paso estaba claro: había que conocer las diversas fases, formas y dimensiones del procesamiento de la información para detectar dónde se cometía el error. Si lográbamos detectar la fase concreta en la que se producía el fallo la solución estaría más cerca.

El supuesto fundamental de este paradigma psicológico consiste en considerar la mente como un sistema manipulador de símbolos (un símbolo es algo que está en lugar de otra cosa, representándola) y, como consecuencia de lo anterior, en entender que la actuación de las personas está determinada por las representaciones que elabora o ha elaborado. Los procesos cognitivos operan a través de la manipulación, la transformación y la combinación de símbolos,..., que representan experiencias, significaciones, percepciones y acciones". Es decir, los procesos cognitivos pueden descomponerse en otros más simples.

Llegados a este punto es necesario remarcar que este enfoque utiliza, para explicar la mente, la analogía con el ordenador y la Teoría de los Sistemas: Se han definido los sistemas como conjuntos de elementos que se relacionan y actúan los unos con y sobre los otros con la finalidad de alcanzar un objetivo. Decir que los elementos del sistema interactúan unos con otros, supone entender que el todo es más que la suma de las partes y, consecuentemente, que el funcionamiento del sistema no puede entenderse a partir del estudio aislado del funcionamiento de cada uno de sus componentes.

Bernstein opina que el aprendizaje motor es un proceso de solución de problemas y de reducción de grados de libertad. Él relaciona lo psicológico con lo fisiológico y lo matemático.

Adams y Schmidt manifiestan los aspectos útiles y abren el camino para el estudio y la comprensión del aprendizaje motor. A estos dos modelos, añadiremos la orientación ecológica, la cual, considera que el sujeto y su medio es una unidad difícil de separar.

4.2. La coordinación motriz: la teoría de la construcción de las habilidades motrices de Nicolás Bernstein.

Nikolai Alexandrovich Bernštein 1896-1966, desarrolló en la hoy extinta Unión Soviética toda su actividad profesional siendo uno de los primeros autores que trabajó la perspectiva de los sistemas dinámicos, muy en boga actualmente. Reaccionó contra las visiones puramente reactivas de la motricidad que en esa época predominaban, especialmente en la URSS, donde la línea Pavloviana era considerada como la "oficial". Su posicionamiento científico se situó en la denominada "Fisiología de la actividad" la cual considera que los movimientos, lejos de ser una mera respuesta a estímulos ambientales, están dirigidos por sus objetivos o, dicho de otra manera, constituyen, y así deben ser entendidos y analizados, la solución a un problema. Esta perspectiva, que remarca la interacción entre el individuo y su entorno.

La observación sistemática llevó a Bernstein a constatar:

- La enorme variabilidad existente en la ejecución motriz humana.
- Una de las características más destacadas del sistema motor humano es la gran cantidad de grados de libertad que contiene y que aporta una gran complejidad al control motor.
- En el desarrollo de los movimientos influyen, de manera decisiva, las fuerzas externas y/o reactivas que son imposibles de tener presentes a priori.

¿Cómo hace el sistema motor humano para controlar tanto sus múltiples grados de libertad como la influencia que ejercen sobre él las fuerzas reactivas? La respuesta a esta pregunta está, según Bernstein en la organización jerárquica de dicho sistema.

Este autor apuesta por una organización jerárquica del sistema motor en la que debe existir un flujo constante y “circular” de información que permita el control efectivo del movimiento. Esta organización no implica estrictamente una subordinación de los niveles inferiores con respecto a los superiores, sino una precisa distribución de las tareas que se deben llevar a cabo. Así, el nivel superior, situado en el nivel consciente, lejos de almacenar patrones fijos de activación muscular, tiene una función de guía, ya que marca el desarrollo global del movimiento; por su parte, los niveles inferiores, de carácter inconsciente e involuntario, se encargan de la aplicación y el desarrollo del movimiento.

El modelo cibernético neurofisiológico de Bernstein, expresa 3 ideas fundamentales:

- Resalta la existencia de una meta (solución a un problema) que el deportista tratará de alcanzar. Por ello es necesario admitir la existencia de “un modelo futuro” (proyecto de acción) capaz de guiar la acción a desarrollar.
- Elaboración de un proyecto (por que no va a definir exactamente lo que va acabar sucediendo) de acción y de su programación para lo que utilizará sus experiencias anteriores. El deportista decide el qué va a hacer y cómo lo va a hacer, con el fin de conseguir esa meta.
- La retroalimentación es el elemento esencial del modelo, ya que, permite al deportista disminuir las diferencias entre lo conseguido y lo esperado.

Este autor se basa en el “principio de simplicidad equivalente”, según el cual, el nivel superior del sistema de movimiento está constituido por parámetros topológicos, quedando los aspectos métricos y la selección concreta de los grupos musculares a utilizar a merced de la actuación de los niveles inferiores de dicho sistema.

Teniendo en cuenta el modelo cibernético de Bernstein, dos autores alemanes, Grosser y Nevimaier, explican el proceso de aprendizaje motor en el deporte bajo la idea del Modelo Circular Autorregulador, en el cual, se observa como el deportista realiza una serie de operaciones cognitivas que le permiten llegar a la meta prevista, aunque estas operaciones están influidas por una serie de factores perturbadores, como la falta de actitud, el temor, el profesor, etc. Por tanto, se llega a la conclusión de que la regulación externa es esencial en todos los modelos cibernéticos.

4. 3. La teoría del circuito cerrado de Adams.

La publicación de la Teoría del Bucle Cerrado de Jack Adams (1971) fue una auténtica revolución en el campo del aprendizaje motor ya que supuso, como mínimo en el bloque “occidental”, la primera formulación de un modelo teórico explicativo de los procesos que subyacen al aprendizaje de las habilidades motrices. Debe tenerse presente que aunque Bernstein publicó la mayoría de sus trabajos mucho antes que Adams, su pertenencia a la Unión Soviética y las condiciones sociopolíticas propias de la época, dificultaron su difusión en el denominado bloque capitalista

La Teoría del Bucle Cerrado supone, o mejor intenta suponer, una reacción contra algunos de los supuestos básicos del conductismo en el estudio del aprendizaje motor. Adams no estaba de acuerdo con el modelo E-R (Ley del Efecto de Thorndike) o, como mínimo, con el carácter automático y no-cognitivo del aprendizaje en los humanos: (refiriéndose al aprendizaje) “las personas hablamos con nosotros mismos, formamos hipótesis y nos instruimos a nosotros mismos, lo que,..., no sigue el modelo E-R,..., que enfatiza la naturaleza automática y no cognitiva del aprendizaje. El dominio cognitivo es la diferencia fundamental entre el hombre y los animales inferiores y se hace difícil plantear las leyes del aprendizaje humano al margen de él”.

En su teoría podemos destacar los siguientes aspectos:

- El carácter cognitivo del aprendizaje motor humano. Retomando una cita ya recogida anteriormente “El dominio cognitivo es la diferencia fundamental entre el hombre y los animales inferiores y se hace difícil plantear las leyes del aprendizaje humano al margen de él”.
- Adams insiste en el papel activo del sujeto que, más allá de responder a determinadas características del ambiente, intenta resolver los problemas que se le plantean: “Debe entenderse el aprendizaje motor como la búsqueda de la solución a un problema” y, lo que aún es más importante, para hacerlo se convierte en un procesador de información.

Con su teoría él pretende establecer un modelo capaz de explicar movimientos simples y autorregulados. Dicho modelo incluye dos estructuras:

- La huella perceptiva. Sirve como referencia para el control del movimiento. Los sujetos aprenden a reconocer las consecuencias sensoriales (huella perceptiva) que implica la ejecución correcta del movimiento, estableciendo un modelo con el que pueden comparar las consecuencias sensoriales de la ejecución en curso y, de esta manera, detectar el error que están cometiendo. La huella perceptiva, o memoria de reconocimiento, se fortalece gracias a la práctica y es fruto de la comparación entre las consecuencias sensoriales de la acción que se pretende aprender y el CR que se aporta al sujeto. Esta distribución de huellas se convierte en una representación del feedback de la respuesta correcta y, de esta manera, en la referencia que se utiliza para la detección / corrección del error.
- La huella mnésica. Esta segunda estructura se encarga de seleccionar e iniciar el movimiento en cuestión e, igualmente, se fortalece con la práctica. Se trata como de una especie de programa motor que opera en bucle abierto y con la función sencillamente de lanzar o iniciar el movimiento.

Para Adams, el proceso de aprendizaje, el cual pasa por dos estadios:

- verbal – motriz (donde el CR es fundamental), donde predomina la captación de la información
- motriz, donde predomina el automatismo y en la que el sujeto puede continuar aprendiendo aún sin CR.

4.4. La teoría del esquema de Schmidt.

Este modelo teórico pretende suponer una reacción contra:

- la proliferación de modelos explicativos: “Parece que todo lo que uno necesita para proponer un nuevo modelo son unas cuantas “cajas” etiquetadas, que supuestamente representan procesos implicados en la ejecución motriz, algunas flechas conectoras y, ya ha nacido un nuevo modelo”.
- Algunos de los aspectos que la Teoría del Bucle Cerrado de Adams no era capaz de explicar:
 - - La Teoría del Bucle Cerrado no explica las respuestas rápidas, es decir no explica aquellos movimientos que no permiten su regulación por retroacción. Todos los modelos presentados hasta el momento hacen referencia a movimientos que permiten el control por retroacción (feedback), es decir explican sólo movimientos continuos y de una duración relativamente larga, por lo que es posible una regulación de los mismos conforme se van desarrollando. Esto nos lleva a pensar en la existencia de una estructura neuronal previa capaz. Por sí sola, de generar este tipo de movimientos rápidos... el PROGRAMA MOTOR.
 - El problema del almacenamiento en la memoria. Schmidt sostiene que, dada la enorme cantidad de habilidades motrices que somos capaces de realizar, el hecho de disponer para la ejecución concreta y específica de cada una de ellas, de unas estructuras específicas de memoria obligaría a disponer de una capacidad mnésica muy superior a la que se supone que posee el ser humano.
 - El problema de la novedad o la capacidad que tenemos de llevar a cabo respuestas que nunca antes han sido puestas en acción. Es decir, los altamente diestros son capaces de inventar sobre la marcha respuestas motoras que no han realizado jamás con anterioridad pero que les son útiles para resolver con éxito una situación concreta. La paradoja es que, si no se han efectuado anteriormente, es imposible, a la luz de la teoría de Adams, que se hayan desarrollado sus mecanismos de control y, si no disponemos de estos, ¿cómo somos capaces de llevarlas a cabo?.

Pero se trata de una reacción matizada: el propio Schmidt reconoce en la introducción de su artículo, el rigor, la seriedad y el valor que caracterizan la teoría de Adams. Igualmente, en una interesante revisión sobre su Teoría, Schmidt (2003) reconoce que la Teoría del Esquema es heredera directa de la Teoría del Bucle Cerrado de Adams.

Su teoría se basa en la existencia de dos estructuras que permiten explicar, de manera conjunta, el aprendizaje y el control de habilidades motrices discretas: los programas motores y los esquemas motores.

Estos hechos llevan a Schmidt a formular en 1975 la teoría del esquema. En ella se distinguen dos conceptos de especial importancia: el PROGRAMA MOTOR GENERALIZADO y el ESQUEMA MOTOR.

Afirma que lo que almacenamos en nuestra memoria no son patrones motores concretos y específicos para la ejecución de un gesto único, sino PROGRAMAS MOTORES GENERALIZADOS que guían la ejecución de “familias” de habilidades motrices. Es decir, una jugadora de baloncesto no almacena un patrón motor para cada lanzamiento a canasta, sino que almacena un patrón motor generalizado del lanzamiento a canasta, patrón que es capaz de adaptar a cada situación concreta..

Anteriormente hemos comentado que el programa motor generalizado es capaz de controlar la ejecución de los movimientos siempre que se proporcionen las especificaciones concretas de cada uno de ellos. Dicho con otras palabras, el programa motor generalizado se encargaría de controlar las invariantes. ¿Qué aspectos de la ejecución motriz se pueden considerar como invariantes? Schmidt señala dos facetas de la ejecución motriz que pueden ser consideradas como invariantes:

- La estructura temporal o duración relativa (“timing”) de la ejecución.
- El patrón de fuerzas o, mejor, la amplitud relativa de la habilidad.

La existencia de una única estructura capaz de controlar la ejecución de movimientos similares, permite solventar dos problemas:

- El del almacenamiento en la memoria, ya que reduce drásticamente el número de programas motores que deben aprenderse y conservarse, pero, al mismo tiempo, plantea otra duda: ¿Cuán amplios son estos programas motores generalizados? o, dicho con otras palabras ¿Qué grado de similitud deben tener las habilidades para ser controladas por el mismo programa motor generalizado?.
- la ejecución de respuestas supuestamente nuevas. Y decimos supuestamente porque estas respuestas no se construirían de la nada sino que serían una adaptación específica del programa motor generalizado ya almacenado.

Pero,.. ¿Cómo conseguir pasar de un conjunto general de órdenes a las órdenes necesarias para cada ejecución concreta de la habilidad?. De esto se encargan los ESQUEMAS MOTORES.

Para este autor, los esquemas almacenan un conjunto de reglas que nos permite, a partir de los aspectos comunes guiados por el programa motor generalizado, contextualizar nuestra actividad motriz. Sea como sea, Schmidt atribuye a los esquemas motores el papel de reguladores de los aspectos variables de la ejecución de las habilidades motrices y remarca la necesidad de entender que se trata de estructuras claramente diferenciadas de los programas motores generalizados.

A continuación analizaremos el proceso de formación de estos esquemas, aunque antes nos detengamos, brevemente, en detallar cuales son las fuentes de información utilizadas

en su génesis. Schmidt distingue 4 tipos de información que se almacenan cuando un sujeto realiza un movimiento con la intención de cumplir un objetivo determinado:

- condiciones iniciales en las que se inicia el movimiento.
- Especificaciones de la respuesta (variables de cada ejecución específica)
- Consecuencias sensoriales provocadas por cada ejecución
- El resultado de la respuesta (grado de éxito conseguido)

Según este autor, todas estas informaciones se almacenan de forma conjunta al final de la ejecución de la actividad y sirven para formar los esquemas. ¿Cómo se produce este proceso? Tal y como hemos comentado, la información proveniente de las fuentes antes citadas se almacena de manera conjunta al finalizar el movimiento. Cuando se ha efectuado una cierta cantidad de respuestas, el sujeto empieza a relacionar las diferentes fuentes de información y realiza una abstracción de dichas relaciones. Es importante destacar que el esquema, lo que se almacena, no son los datos concretos sino las relaciones que se establecen entre ellos elaborándose, por abstracción, un conjunto de reglas que, a grandes rasgos, describen las relaciones entre los resultados obtenidos y los parámetros aplicados (Schmidt 2003). Este proceso, claramente inductivo, se fortalece, según Schmidt, con la práctica variable y con la precisión de los diferentes feedback que se reciban.

Imaginemos a un sujeto haciendo puntería con una pelota sobre un blanco determinado. Al lanzar desde diferentes posiciones comprobará que, según varíe la distancia de lanzamiento también deberá variar la fuerza con la que lanza. Si la práctica está bien enfocada conseguirá establecer una relación entre la distancia y la fuerza adecuada para acertar. Esta relación distancia-fuerza, esta regla de ejecución, constituye un ejemplo de lo que almacenamos en nuestros esquemas motores. Nuestro deportista no almacenará todos los pares posibles distancia-fuerza sino la regla que regula la relación entre ambos parámetros y esta regla le permitirá en el futuro contextualizar la ejecución de la habilidad y adaptar la fuerza ejercida a cada blanco.

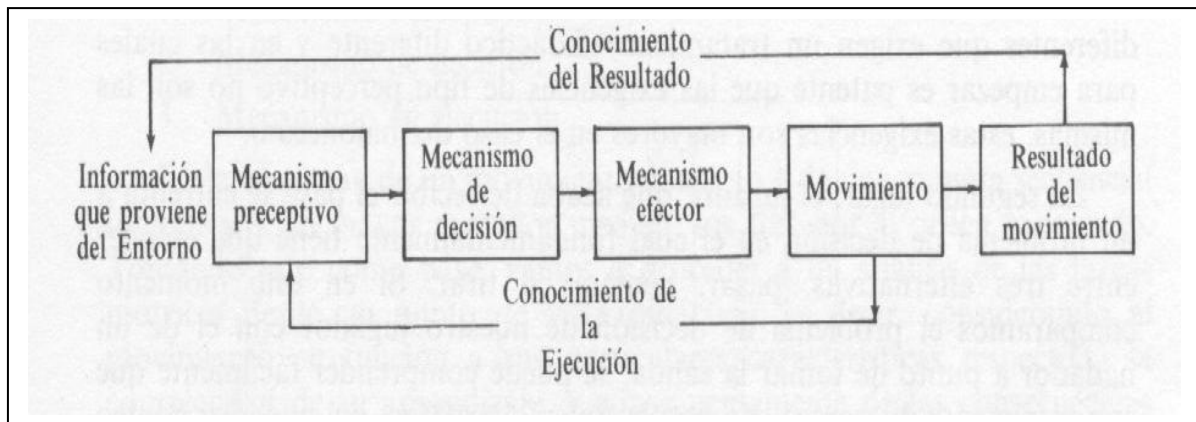
Resumiendo, según Schmidt, *almacenamos en los programas motores generalizados aquel conjunto de órdenes comunes a una familia de movimientos y en los esquemas motores aquel conjunto de reglas que nos permiten contextualizar nuestra actividad motriz.*

4.5. El modelo de procesamiento de la información de Marteniuk y Welford

Marteniuk¹ (1976) superó notablemente otros modelos anteriores (Adams, Smidt) pues basa fundamentalmente la ejecución motriz en tres mecanismos o etapas (perceptivo, de decisión y de ejecución) que actúan secuencialmente. Su interrelación es tal que un fallo en cualquiera de ellos podría provocar el fracaso en la consecución del objetivo propuesto: la fase perceptiva, responsable de la síntesis aferente de las condiciones externas e internas; la fase de la toma de decisión, encargada de analizar la situación y programar el movimiento en relación al objetivo respectivo de la acción; y por último, la fase efectora responsable de la ejecución del movimiento planeado.

¹ Citado por Sánchez Bañuelos, 1990.

El flujo primario de la información está representado por las flechas hacia la derecha. Las flechas hacia la izquierda representan los circuitos de feed-back o retroalimentación; esta información da a conocer al individuo el resultado de la acción y posibilita el control y ajuste del movimiento.



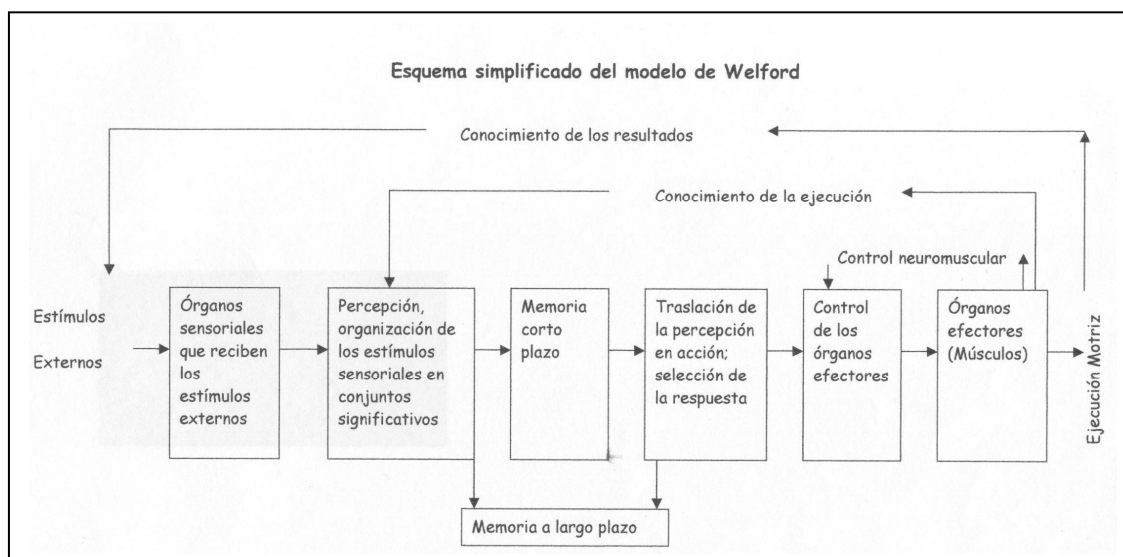
- El mecanismo perceptivo: Este mecanismo lo que hace es identificar e integrar los datos sensoriales que proceden del entorno y también del propio sujeto, es evidente que este mecanismo tendrá una mayor o menor dificultad en función de las características de la tarea motriz. Se pregunta² “¿qué pasa?”, haciendo un análisis de los estímulos, una evaluación de la situación y una predicción futura posible.
- El mecanismo decisional: Hace referencia al proceso de decisión interno que tiene lugar antes de ejecutar cualquier tarea motora, proceso que no siempre es consciente y que fundamentalmente en él se plantea cual es el problema y las posibles soluciones al mismo problema. En el proceso de toma de decisiones interviene de forma decisiva las capacidades cognitivas del individuo. Se pregunta “¿qué hago?”, y, de acuerdo con la información recibida da la orientación general de la respuesta. Esto sucede a través de dos procesos diferentes:
 - Búsqueda activa en el repertorio de respuestas almacenadas en la memoria a largo plazo.
 - Elección de la respuesta más adecuada.
- El mecanismo de ejecución: Es el encargado de la realización del movimiento, de este mecanismo depende que el resultado este de acuerdo con el propósito de la tarea motriz.

Tiene este mecanismo dos partes muy diferenciadas:

 - Componente cualitativo, esta relacionado con la coordinación neuromuscular o básicamente de habilidades y destrezas básicas.
 - Componente cuantitativo, lo que relacionamos de manera directa con la condición física.

² Algunos párrafos están tomados literalmente de Díaz Lucea (1999): “La enseñanza y aprendizaje de la habilidades y destrezas motrices básicas”. Inde. Zaragoza.

Otro autor Welford³ (1976) propone otro modelo que recopilaba muchas investigaciones en el ámbito de la ejecución motriz. Considera el fenómeno de la ejecución y el aprendizaje de habilidades en sus aspectos funcionales como un sistema de procesamiento de información. Su principal aportación son los cuatro circuitos principales de feed-back definidos en su modelo. Gracias a estos circuitos el individuo tiene conocimiento y conciencia tanto del movimiento en sí que esta efectuando como del resultado del mismo. Estos circuitos son:



- Decisión y memoria. El individuo recurre, antes de la selección final de la respuesta motriz a ejecutar, a sus experiencias pasadas relacionadas, o incluso practica mentalmente antes de lanzarse a la acción.
- Control neuromuscular: Control automático de las partes o componentes del movimiento a realizar.
- Conocimiento de la ejecución: El movimiento hace que se originen impulsos en los órganos sensoriales de carácter kinestésico⁴ que son percibidos por el individuo y le proporcionan una representación propia del mismo. Esto ayuda a valorar la corrección del movimiento.
- Conocimiento de los resultados: El movimiento tiene un resultado externo que el individuo percibe a través de los sentidos periféricos (vista, oído, etc). Esta información ayuda al individuo a comprobar si el propósito del movimiento y el resultado real del mismo coinciden.

5. CONCLUSIONES

Existe una clara interrelación entre los mecanismos que posibilitan y explican el control motor y el establecimiento de las condiciones óptimas de aprendizaje de las habilidades. Es por ello que un buen conocimiento de los procesos implicados en el control de las diferentes habilidades motrices es una base irrenunciable de cara a una correcta actuación educativa.

³ Extraído de Sánchez Bañuelos (1992): "Didáctica de la E.F. y el deporte". Gymnos. Madrid.

⁴ Los receptores kinestésicos son los que le informan de la posición y localización de todos los segmentos corporales.

Como aplicación didáctica general debemos destacar el relevante papel que ocupa en todos los modelos el conocimiento de los resultados de cara al establecimiento y mejora de los diferentes mecanismos implicados en el control del movimiento. Ello nos debe llevar a darle la importancia a este elemento que tiene en nuestra práctica diaria.

En cuanto al modelo de Adams creemos que la noción de huella perceptiva es de vital importancia a la hora de planear actividades de aprendizaje que potencien una participación consciente y activa del alumnado, de forma que la práctica no se limite a la mera repetición mecánica del gesto.

Respecto a las aportaciones de Schmidt destacamos la necesidad por lo que se deduce de sus trabajos de proponer una práctica variada con la finalidad de enriquecer los esquemas motrices del alumnado.

Por otro lado, como hemos dicho que los programas motores generalizados almacenan aspectos comunes en la ejecución de una familia de movimientos, se deberán proponer situaciones de práctica donde estos aspectos clave se repitan y se automaticen. Es decir, que la práctica debe compaginar la repetición de los aspectos fundamentales en la ejecución de la habilidad con la variación de los contextos de aplicación de la misma. No estamos pues frente a la variedad por la variedad, sino frente a la repetición de la variedad o, dicho de otra manera, frente a la variedad de la repetición.

6. BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

- Oña, A. y otros (1999) Aprendizaje y Control Motor. Ed. Síntesis. Madrid. (pp 17-29 y 35-36)
- Ruiz, L.M. (1994). Deporte y Aprendizaje. Visor. Madrid. pp.105-121
- Moreno, Francisco (1998). Apuntes de la asignatura: Control, y aprendizaje motor. Facultad de CC. Del Deporte. No publicados. Cáceres
- Albert BATALLA FLORES, "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". Barcelona, 2005. Tesis doctoral para obtención título Doctor.
- Sánchez Bañuelos (1992): "Didáctica de la E.F. y el deporte". Gymnos. Madrid.