

El estudio del aprendizaje desde el modelo asociacionista y el modelo funcionalista: un recorrido histórico

Lina M. Álvarez Arboleda*
Universidad de Puerto Rico, San Juan

Resumen

El interés por comprender los mecanismos que subyacen en el aprendizaje no es reciente. Dentro de los distintos modelos explicativos que se han aproximado al estudio de este proceso cognoscitivo, dos de los más influyentes han sido el modelo asociacionista y el modelo funcionalista. Este artículo hace un recorrido histórico por el estudio del fenómeno del aprendizaje, destacando los planteamientos más significativos de estos modelos, así como sus principales exponentes.

Palabras Clave: Estímulo, Respuesta, Condicionamiento, Refuerzo, Conductismo, Memoria, Maduración, Desarrollo, Luria.

Abstract

The interest to understand the sublying mechanisms of learning process is not recent. Within the different explanatory models that have come near to study this cognitive function; both, the asociacionism and the functionalism models are two of the most influential approaches. This article presents a historical overview, emphasizing the most significant contributions of each perspective, as well as its main exponents.

Keywords: Stimulus, Response, Conditioning, Reinforcement, Behaviorism, Memory, Maturation, Development, Luria.

El hombre, a lo largo de la historia, se ha interesado por el estudio de la conciencia y por la forma como se adquiere el conocimiento. Han surgido

* Lina M. Álvarez Arboleda actualmente vinculada como Docente Titular en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Medellín. La correspondencia relacionada con este artículo debe ser enviada a Lina María Álvarez Arboleda, Programa de Psicología, Escuela de Ciencias Sociales, Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1ª No. 70-01, Bloque 7, piso 3, Medellín. Correo electrónico: lina.alvarez@upb.edu.co

corrientes filosóficas tan diferentes como el idealismo de Platón y el empirismo de Aristóteles para explicar este fenómeno. Durante muchos años la Psicología formó parte de la filosofía, pero posteriormente se independizó de ella y, buscando un método alternativo a la introspección, partió del paradigma cartesiano y se apoyó en la duda metódica para desarrollar un método que le permitiera el estudio científico de la conciencia. El estudio experimental del aprendizaje que comenzó a finales del siglo XIX y se consolidó a principios del siglo XX, constituyó la conducta observable como el objeto de estudio de la Psicología. Al interior de este paradigma se desarrollaron distintos modelos que explican el proceso del aprendizaje de forma diferente, dos de ellos son el asociacionismo y el funcionalismo.

Asociacionismo

Los trabajos de René Descartes (1596-1650) a comienzos del siglo XVII, y posteriormente, los de Charles Bell (1774-1842) y Francois Magendie (1783-1855) en el siglo XIX, sobre los impulsos nerviosos, son el fundamento del modelo asociacionista desarrollado inicialmente en Rusia. Este modelo intenta resolver cómo se combinan los elementos de la conciencia para crear el aprendizaje. A finales del siglo XIX y comienzos del XX, Iván Michailovich Sechenov (1829-1905) e Iván Petrovich Pavlov (1849-1936), desarrollaron en Rusia la reflexología, trabajo enmarcado dentro del modelo asociacionista. Para Sechenov la unidad elemental del comportamiento eran los reflejos y, sin desconocer que los reflejos son adaptativos, consideraba que el comportamiento complejo se explicaba a partir de la asociación Estímulo - Estímulo. En esta asociación, un estímulo propioceptivo producido por un reflejo inicial se asocia con el estímulo que produce una segunda respuesta:



Para este modelo, la asociación $E \rightarrow E$ puede explicarse a través de diferentes leyes basadas en la descripción de dichas asociaciones. La más importante de ellas es la *ley de la contigüidad*. Ésta plantea que si los centros de actividad en el cerebro producidos por los estímulos, son activados regularmente de forma conjunta, cuando un centro es activado, el otro también se activará (Leahey & Harris, 1998). Lo importante para que la asociación E-E se produzca es la contigüidad temporal entre ambos estímulos.

Estas asociaciones $E \rightarrow E$ fueron el punto de partida para la investigación sobre el condicionamiento clásico realizada por Pavlov. A través de los

experimentos sobre salivación que realizó con sus perros, formuló los postulados básicos de este condicionamiento. Él, al igual que Sechenov, creía que el condicionamiento clásico podía explicar hasta el más complejo comportamiento humano. Definió los conceptos de estímulo incondicionado, respuesta incondicionada, estímulo condicionado y respuesta condicionada (Kimble, 1992).

En Norteamérica, el método pavloviano no fue muy aceptado y fue más acogido el método utilizado por Vladimir M. Bekhterev (1857-1927). Para Bekhterev, el método apropiado para el estudio de la conducta, era la observación objetiva de las relaciones entre las respuestas y el estímulo que las desencadena. Esto coincide con lo planteado por John Broadus Watson (1878-1958), cuando al conocer el estudio del condicionamiento clásico de Pavlov, plantea que la Psicología debe suscribirse al método científico y debe dejar de lado todo aquello que no sea directamente observable, sujeto a experimentación, cuantificable y predecible. Limitó el objeto de estudio al comportamiento observable en términos de la relación $E \rightarrow R$, entendiendo el estímulo como rayos de luz, ondas sonoras y estímulos gaseosos con características variadas, y la respuesta como la contracción muscular y las secreciones glandulares. Como lo plantea en el *Principio de Recencia*, para él las conexiones se forman por la contigüidad temporal y no por el refuerzo. Watson planteó también que, ya que las sensaciones son subjetivas, no deben ser objeto de estudio de la Psicología (Catania, 1992; Watson, 1985).

Con sus pronunciamientos, Watson pretendió darle a la Psicología el estatus de ciencia, difuso hasta el momento, lo cual tuvo mucho eco en la comunidad académica pero creó grandes polémicas y fue criticado por definir el objeto de estudio de la Psicología en términos tan reduccionistas, pues desconoció los procesos mentales por la imposibilidad, hasta ese momento, de observarlos. No obstante, Watson se constituye como el fundador del conductismo.

El conductismo se convierte en el paradigma de la Psicología aproximadamente hasta la década de los sesenta. Durante esos años, se enriquece con las aportaciones de otros teóricos que intentan salir del conductismo molecular de Watson para entrar en un conductismo más molar, en donde se empieza a hablar de *agente estimulante* y de *acto comportamental* de una manera más amplia, como base para acceder a los procesos mentales. Aquí entra a jugar un papel importante el concepto de *operacionalización* ya que autores como Edward Chace Tolman (1886-1959) planteaban cómo los procesos mentales pueden estudiarse por medio del comportamiento, si se definen operacionalmente. Es decir, lo inobservable puede ser definido en términos de comportamiento observable para poder ser estudiado. Se introdujo entonces el término de *variables intervinientes*

para designar aquellos procesos ubicados entre el antecedente, como variable independiente y el comportamiento, como variable dependiente. De esta manera, Tolman comienza a considerar el efecto de las diferencias individuales y su interacción con las variables ambientales en la generación del comportamiento, así como la forma cómo se desarrollaban el conocimiento, las expectativas y las cogniciones del sujeto. Tolman veía el aprendizaje en términos de las asociaciones E - E y no como conexiones E - R o hábitos. En este sentido, creía que las cogniciones se podían desarrollar sin recompensas, a partir únicamente de la experiencia con estímulos sucesivos en el ambiente. Para Tolman, la recompensa puede mejorar la ejecución pero no tiene efecto en el aprendizaje, es decir, es un incentivo para que el sujeto produzca las respuestas que ha aprendido. Tolman se convierte en un vínculo importante entre el conductismo y el cognoscitivismo que se desarrollaría más adelante.

Funcionalismo

Paralelamente al estudio de la reflexología soviética, se desarrolla en Estados Unidos el funcionalismo, en contraposición al modelo estructuralista prevaleciente. Para el estructuralismo, la conciencia estaba formada por elementos como unidades de su estructura y el método que utilizaba para conocer tales elementos era la introspección. William James hizo fuertes críticas a este modelo en el sentido de que la conciencia no era algo estático y que el método para acceder a los procesos que la componen no era el método introspectivo. Ante la imposibilidad del estructuralismo de explicar distintos procesos del desarrollo y del comportamiento animal, y la idea derivada de la teoría evolucionista de Darwin, de que el comportamiento es adaptativo, surge entonces el funcionalismo norteamericano. Para esta postura, los procesos mentales deben estudiarse no sólo desde su naturaleza estructural, sino también desde lo funcional. La pregunta sobre cuál es el valor adaptativo de los procesos mentales, se convierte en uno de los pilares de este modelo. Para el funcionalismo, los hábitos y los reflejos son formas automáticas de adaptarse a las actividades de la vida diaria, de esta forma, la mente puede dedicarse a actividades cognitivas más complejas. Esta es una diferencia fundamental con el asociacionismo, pues para el funcionalismo, los procesos mentales forman parte del objeto de estudio de la Psicología.

Dentro del marco del funcionalismo, se desarrolla el condicionamiento operante o instrumental con Edward Lee Thorndike como uno de sus principales exponentes. Thorndike conceptualizaba el aprendizaje como el resultado del ensayo y error, seguido por el éxito accidental (Dewsbury, 1998) en el que no es necesaria la participación de ninguna forma abstracta

de pensamiento (Thorndike, 1998). Es decir, es una conexión Estímulo - Respuesta en lugar de una conexión Estímulo - Estímulo como lo proponía Pavlov (Kimble, 1992).

Estímulo → Respuesta



Para Thorndike, el aprendizaje se podía explicar a partir de tres leyes fundamentales: la ley del efecto, la ley del ejercicio y la ley de la pertenencia:

Ley del efecto: hoy denominada *refuerzo*, postula que el aprendizaje se da gradualmente en función del refuerzo o el castigo. Es decir, de diferentes respuestas dadas en una situación, aquellas que se acompañen o estén seguidas de una recompensa, se asociarán más firmemente con la situación, aumentando la probabilidad de que se repitan en el futuro. Por el contrario, en aquellas respuestas que se acompañen o estén seguidas de un castigo, la conexión con la situación se debilitará, disminuyendo la probabilidad de aparición de la misma en el futuro. Por definición, un refuerzo siempre aumenta la probabilidad de aparición de la respuesta y un castigo siempre disminuye la probabilidad de aparición de la respuesta. Más adelante, Thorndike enfatizaría el efecto del refuerzo en la asociación E - R y eliminaría la importancia del castigo en el aprendizaje ya que distintos experimentos demostraron que éste no debilita la asociación E - R. Esta ley es uno de los principales legados de Thorndike a la Psicología.

Ley del ejercicio: plantea que la conexión entre una respuesta y una situación será mas fuerte mientras más veces se de la asociación. Posteriormente Thorndike eliminó esta ley a partir de las observaciones que indicaban que la repetición no producía ningún aumento en el fortalecimiento de dichas asociaciones.

Ley de la pertenencia: las respuestas que el sujeto aprende, son aquellas que son más relevantes para el sujeto y más naturales para la situación.

A diferencia del condicionamiento clásico, cuyo eje es el antecedente y su asociación por contigüidad, el condicionamiento operante se enfoca en la conexión entre la conducta y sus consecuencias. Aquí el aprendizaje se conceptualiza como un cambio relativamente permanente que ocurre como resultado de la experiencia y la práctica reforzada (Ardila, 1988).

El paradigma operante se fue complejizando y comenzaron a definirse de forma más específica los conceptos de refuerzo y castigo dependiendo de

cómo se establecía la relación comportamiento - consecuencia. Se pueden distinguir principalmente:

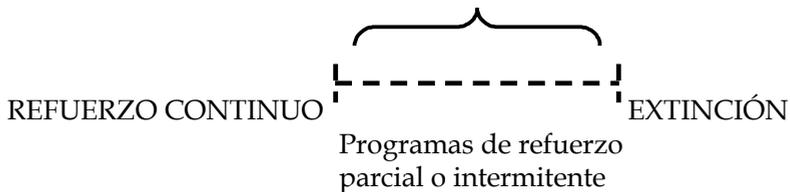
refuerzo positivo	→ la presentación de la recompensa aumenta la probabilidad de aparición de la respuesta
refuerzo negativo	→ la eliminación del castigo aumenta la probabilidad de aparición de la respuesta.
castigo positivo	→ la presentación del castigo disminuye la probabilidad de aparición de la respuesta.
castigo negativo	→ la eliminación de la recompensa disminuye la probabilidad de aparición de la respuesta.

Pueden distinguirse dos tipos principales de refuerzos: el refuerzo primario, que es aquel que satisface las necesidades básicas y el refuerzo secundario que es un refuerzo de carácter más social y que no depende de necesidades biológicas.

El objetivo de los funcionalistas era poder explicar las formas más complejas del comportamiento humano a partir de principios de condicionamiento (Kimble, 1992). Se desarrollaron entonces distintas teorías encaminadas a lograr este objetivo. Una de ellas fue la de Clark L. Hull (1884-1952) y Kenneth W. Spence (1907-1967). En ella presentaron lo que consideraban las leyes fundamentales del comportamiento, en donde uno de los conceptos fundamentales es el concepto de *hábito*. Este era definido como una *conexión estímulo-respuesta que se desarrollaba gradualmente como resultado del reforzamiento* y se generalizaba a diferentes estímulos que podían variar de un ensayo a otro.

Al igual que Tolman, Hull y Spence hacen una distinción entre *aprendizaje* y *ejecución*. El aprendizaje es el producto permanente del pareamiento reforzado estímulo-respuesta y la ejecución es la manifestación de este producto en el comportamiento. Estos conceptos eran empleados para explicar el aprendizaje por ensayo y error a partir de lo que llamaron *jerarquía del hábito familiar*. En este tipo de aprendizaje se reordenan los hábitos en una jerarquía dependiendo de su fuerza. Es decir, en una situación de aprendizaje se empleará inicialmente el hábito más fuertemente ligado al comportamiento del sujeto (el primero en la jerarquía), sin embargo, si este hábito no es apropiado, por medio de la extinción se disminuirá la fortaleza del mismo y a través del reforzamiento aumentará la fuerza de otro hábito, inferior en la jerarquía inicial, posicionándolo en un mejor lugar. (Catania, 1992).

Finalmente, el psicólogo más importante dentro de este modelo fue Burrhus Frederick Skinner (1904-1990). Su planteamiento principal era que todo nuestro comportamiento está determinado por nuestra historia de refuerzos y castigos, incluso el lenguaje o *comportamiento verbal*, como él lo llamaba (Skinner, 1987). Incluso en aquellas situaciones en las que creemos actuar a partir de un propósito personal, lo que se evidencia es el reforzamiento o el castigo recibido en el pasado. Uno de los principales aportes de Skinner fue el estudio de los programas de refuerzo. Estos se definen como el patrón de ensayos o respuestas en las cuales el sujeto recibe o no recibe reforzamiento. En los extremos de este programa de refuerzo, se encuentra el reforzamiento continuo, en el que el refuerzo se produce después de cada respuesta y la extinción, en la que el refuerzo nunca se produce. En medio de ambos existen diversos programas de refuerzo parcial o intermitente.



Cuando los programas de refuerzo se definen en términos del número de respuestas, se habla de programas de razón; cuando se definen en función del tiempo, se habla de programas de intervalo. El número de respuestas o la cantidad de tiempo involucrado en un programa puede ser variable o fijo. La combinación de estas condiciones proporciona cuatro tipos de programas de refuerzo: intervalo-variable, razón-variable, intervalo-fijo y razón-fija. En los programas variables, el reforzamiento ocurre después de un número de respuestas o de minutos, pero el número exacto varía de reforzamiento a reforzamiento. En los programas fijos, el número de respuestas o de minutos es siempre el mismo. Los programas de refuerzo continuo son muy eficaces para establecer conductas, pero no para mantenerlas, para lograr esto, los programas de razón-variable e intervalo-variable, son los más eficaces.

La teorización que sobre el aprendizaje se desarrolló durante la primera mitad del siglo XX, no fue suficiente para explicar fenómenos más complejos. Además, no todos los comportamientos son susceptibles de ser condicionados como lo planteaban estas teorías. Esto indica que, las leyes universales del aprendizaje, no son universales. Más aún, al plantear que el aprendizaje en el hombre está regido por las mismas leyes que rigen el aprendizaje animal, se está desconociendo la complejidad del cerebro humano y los años de evolución que lo han preparado para aprendizajes totalmente diferentes y mucho más complejos. Investigaciones posteriores demostraron que, si bien el condicionamiento clásico no podía explicar

completamente el comportamiento humano, este fenómeno estaba presente en otras formas de aprendizaje (Kimble, 1992). Esto es de gran importancia pues evidencia que el condicionamiento clásico y el condicionamiento operante son formas de aprendizaje que no se excluyen mutuamente, por el contrario, trabajan de forma mancomunada para lograr que el sujeto se desempeñe eficazmente en distintas tareas.

Cada uno de estos tipos de aprendizaje se apoya en diferentes mecanismos y estructuras cerebrales y la disciplina que se ha encargado de estudiar esta área es la neuropsicología. Esta disciplina establece un vínculo entre el conocimiento adquirido por medio de modelos asociacionistas con el conocimiento adquirido mediante modelos funcionalistas, lo que evidencia claramente el cambio en la conceptualización y explicación del fenómeno del aprendizaje.

Diferentes autores han postulado la semejanza entre memoria y aprendizaje. Aunque ambos términos no hacen referencia a un mismo concepto, están relacionados entre sí. Algunos autores han definido el aprendizaje como un *cambio en el comportamiento relativamente permanente*, mediatizado por la memoria, *que se adquiere como resultado de la práctica* (Ardila, 1988). En general, puede decirse que mientras el aprendizaje es el proceso a través del cual se adquiere nueva información, la memoria es la consecuencia y la exigencia del aprendizaje, es decir, la memoria consolida el proceso de aprendizaje. (León-Carrión, 1995).

Diferente a como era entendido el aprendizaje en la Psicología conductista, la neuropsicología considera que todo aprendizaje involucra la participación de distintos procesos cognoscitivos que se dan de manera simultánea e integrada, lo que involucra la participación de distintas regiones tanto corticales como subcorticales: atención a la información o al estímulo, almacenamiento de nuevas memorias, reconocimiento de objetos o situaciones ya conocidas, ejecución organizada de planes motores simples y complejos, comprensión de la tarea, planeación e implantación de estrategias para lograr un mejor aprendizaje, monitorización y retroalimentación constante de la actividad que se está llevando a cabo y un estado anímico apropiado. Existen diferentes procesos paralelos, que pueden iniciarse simultáneamente, con duraciones y características variadas, cuyo sustrato anatómico se localiza en diferentes regiones cerebrales y que se encuentran mediatizados por diferentes mecanismos. Los aprendizajes sobre personas, lugares o acontecimientos que pueden recordarse por un acto deliberado de evocación, están mediatizados por la memoria explícita; los aprendizajes de habilidades motoras o perceptivas no disponibles a la conciencia, lo están por la memoria implícita (Kandel, 1997). Muchos aprendizajes del niño son procedimentales (cómo utilizar un lápiz, cómo montar en triciclo) y

son de gran valor adaptativo. Este aprendizaje implícito es el aprendizaje de *saber cómo*.

Algunas estructuras del sistema límbico como el hipocampo, la corteza entorrinal y sus conexiones con el núcleo medial del tálamo, la corteza de la región parahipocampal y la corteza orbitofrontal son indispensables para el aprendizaje explícito (Pietri & Mishkin, 1994). El aprendizaje implícito se relaciona con la actividad de diferentes sistemas sensoriales y motores implicados en la tarea, además con la amígdala, el cerebelo (Kandel, 1997), y el sistema extrapiramidal, involucrado en funciones motoras a través de conexiones con la corteza premotora de los lóbulos frontales. En este tipo de aprendizaje también están implicados los ganglios basales (núcleo caudado, putamen y globus pallidus) y circuito córtico-estriatal (Pietri & Mishkin, 1994). En sujetos con lesiones en las áreas mediales del lóbulo temporal, el aprendizaje implícito se conserva mientras que los aprendizajes *explícitos* se alteran.

Para entender cómo el sujeto puede acceder al aprendizaje, es necesario conocer cómo se da el proceso de maduración cerebral y el desarrollo cognoscitivo. Para ello, se han propuesto diversos modelos, uno de los más reconocidos se basa en la teoría de Luria de los sistemas funcionales complejos. Él propone que el desarrollo cerebral va de las estructuras simples a las complejas, siguiendo un patrón: del tallo cerebral hacia la corteza y de las estructuras corticales posteriores a las anteriores.

Podría decirse entonces, que el SNC se desarrolla secuencial y jerárquicamente, desde las estructuras filogenéticamente más antiguas hasta las más recientes (Rosselli, Ardila, Pineda & Lopera, 1997). Este desarrollo se realiza de la siguiente forma:

Desarrollo del tallo cerebral (SRAA) y de la unidad de activación difusa

1ª unidad funcional de Luria. Comienza a desarrollarse durante el embarazo y continúa hasta el primer año de vida. La maduración del SRA ubicado en el tallo cerebral es fundamental para el ritmo sueño-vigilia. En el tallo cerebral se encuentran también los centros que controlan los movimientos respiratorios, los reflejos de tos, succión y deglución, la presión arterial, los movimientos cardíacos y las funciones autónomas primarias de la vida, por lo tanto su maduración al momento del nacimiento le permite al bebé respirar de forma autónoma, succionar y deglutir el alimento sin aspirarlo por las vías respiratorias.

Desarrollo de las áreas primarias motoras y sensitivas

Primero maduran las áreas motoras y después las sensitivas. Su maduración inicial al momento del nacimiento permite al bebé la realización de movimientos reflejos y espontáneos de las extremidades, sin embargo, aún no es capaz de realizar movimientos coordinados que le permitan cambios de posición o tomar objetos con las manos. Su máximo desarrollo se alcanza a los doce meses de vida.

Desarrollo de las áreas secundarias motoras y sensoriales

La maduración de estas áreas comienza simultáneamente con las áreas primarias, sin embargo, como se hace de forma más lenta, no termina sino hacia los cinco años de vida. El desarrollo de estas áreas posibilita el paso de procesos sensoriomotores simples a modelos más maduros de actividad perceptivo-motora y marca el inicio de la *lateralización progresiva de funciones*, es decir se comienza a establecer la especialización hemisférica. Las áreas secundarias motoras y sensoriales son las principales estructuras encargadas del aprendizaje en este período.

Desarrollo de las áreas terciarias de la segunda unidad funcional de Luria

Áreas posteriores de la corteza cerebral. Zonas de integración intermodal y de producción de esquemas funcionales simbólicos. La maduración de estas estructuras es clave para los aprendizajes escolares. La zona más representativa es la circunvolución angular de los lóbulos parietales, cuya maduración en el hemisferio izquierdo es indispensable para el aprendizaje de la lecto-escritura. Su desarrollo se completa entre los siete y los doce años.

Desarrollo de las áreas terciarias de la 3ª unidad funcional de Luria

Corteza prefrontal. Es la última en desarrollarse filogenética y ontogenéticamente. Aunque algunos autores pensaban que la región prefrontal no era funcional hasta la adolescencia, ahora se sabe que es funcional a partir de los cuatro a siete años de edad y continúa desarrollándose hasta la adultez temprana. Esta es una región rica en conexiones con casi todas las demás zonas corticales. Realiza una función integradora y reguladora aún mayor que la de los lóbulos parietales. Esta región ha sido llamada *el cerebro del cerebro* (Rosselli, Ardila, Pineda & Lopera, 1997).

Con el desarrollo de las áreas corticales terciarias se produce la internalización del lenguaje que es el que va a modular y a regular la conducta madura y supuestamente no impulsiva del adulto normal.

Conocer el curso del desarrollo de las estructuras cerebrales permite comprender la forma como el niño es capaz de ir accediendo a los distintos aprendizajes y explica por qué un niño que no ha tenido dificultades en el aprendizaje de distintas habilidades durante sus primeros años de vida, puede comenzar a presentar a los siete años, dificultades en el aprendizaje escolar debido a una alteración en las regiones parietales posteriores.

Para comprender el fenómeno del aprendizaje es importante no sólo conocer las estructuras cerebrales y su desarrollo, sino también comprender las bases neurofisiológicas y moleculares del aprendizaje. La persistencia del aprendizaje es uno de los principales elementos de este proceso, y es posible gracias a la plasticidad neuronal, pues por medio de modificaciones estructurales o bioquímicas dentro de las neuronas es como se lleva a cabo el intercambio de información entre las neuronas de una misma zona o de zonas corticales y subcorticales distantes entre sí. Estos cambios son los que propician el aprendizaje

Como dicen Rosenzweig y Leiman (1981), la experiencia puede jugar distintos papeles en el desarrollo por medio de la inducción, la modulación y el mantenimiento de los logros adquiridos. La adquisición de estos logros, a su vez, tiene efecto a corto y a largo plazo sobre el sistema nervioso. En distintas investigaciones se ha evidenciado que el aprendizaje produce no sólo cambios bioquímicos en el cerebro, sino también cambios funcionales y estructurales en las neuronas del sistema límbico, especialmente en el hipocampo. Dentro de los principales sistemas de neurotransmisión que se ven involucrados en el aprendizaje se encuentran el *sistema catecolaminérgico* y el *sistema colinérgico*

El sistema catecolaminérgico está asociado con el consumo de energía. Este sistema comprende la epinefrina, la norepinefrina y la dopamina, --esta está implicada en las respuestas emocionales--. La inervación dopaminérgica de la corteza es mayor en los lóbulos frontales por lo que la dopamina está implicada en la preparación e iniciación de las respuestas y en las funciones integrativas. Cuando hay déficit dopaminérgicos se produce un deterioro de la motivación con empobrecimiento conductual y dificultades para la iniciación de acciones y para la adaptación, lo que evidentemente afecta el proceso de aprendizaje (León Carrión,1995). La dopamina también es importante en el circuito estriatal (Pietri & Mishkin, 1994).

El sistema colinérgico parece estar implicado en el control del sistema arterial cerebral así como en la microvasculatura cerebral principalmente en la formación del hipocampo. El sistema colinérgico está implicado en la eficacia del procesamiento de la información, la atención generalizada y la memoria. Los medicamentos anticolinérgicos deterioran la adquisición de memoria y por lo tanto se afecta la recuperación y la libre evocación. Los antagonistas de la colinesterasa pueden mejorar los procesos de memoria.

Finalmente, un aspecto que no puede dejar de considerarse en el proceso de aprendizaje es el de la especialización hemisférica. Normalmente, los dos hemisferios cerebrales intervienen en todas las tareas cognoscitivas, sin embargo, es bien conocido que procesan la información de manera diferente. El niño que a los dos años presentaba movimientos cualitativamente semejantes con las dos manos, comienza, entre los cuatro y los seis años, a presentar una destreza motora diferencial. Se sabe que desde el nacimiento existe ya un grado de especialización hemisférica (Rosselli, Ardila, Pineda & Lopera, 1997), sin embargo, existen grandes diferencias individuales en la dominancia hemisférica para diversas funciones cognoscitivas.

Se dice que el hemisferio derecho es holístico y sintético y que el procesamiento de la información es más intuitivo que racional. Esto quiere decir que maneja el conocimiento de manera más integral, de forma paralela más que secuencial. De igual forma se asocian al hemisferio derecho características más visuales y sensoriales que verbales, es decir, que trabaja mejor con imágenes y con información espacial, así como que posee habilidades constructivas, emocionales y atencionales. Por otro lado, se dice que el hemisferio izquierdo es fundamentalmente analítico y que procesa la información de forma más serial, que en paralelo. A diferencia del hemisferio derecho, que es más intuitivo y de procesamiento espacial, el izquierdo es más lineal y lógico.

Quizá la función más ampliamente estudiada en lo que a especialización o dominancia hemisférica se refiere es el lenguaje. Es bien sabido que el hemisferio izquierdo, se especializa más en actividades verbales o lingüísticas que viso-espaciales. No obstante, la dominancia de este hemisferio con respecto a las funciones del lenguaje no es tan clara y el grado de dominancia varía considerablemente de un sujeto a otro. Es decir, no siempre el hemisferio izquierdo es dominante para el lenguaje y no necesariamente la dominancia manual y el lenguaje tienen la misma representación lateral en el cerebro. Se han dado casos de afasias en individuos diestros con lesiones en el hemisferio derecho, lo que se ha denominado afasias cruzadas.

En el lenguaje, ambos hemisferios participan de forma diferente. Esto se puede apreciar mejor en sujetos lesionados. Cuando las lesiones se producen en el hemisferio izquierdo, el lenguaje se ve claramente afectado:

se altera el reconocimiento fonológico, la memoria verbal y la organización secuencial de los movimientos del habla. Cuando la lesión se produce en el hemisferio derecho, hay dificultad para reconocer patrones auditivos no verbales como la entonación, tanto a nivel receptivo como expresivo. Por consiguiente estos sujetos tienen dificultad para dar un determinado tono emocional al lenguaje y para reconocer la información en función de su entonación. Los hemisferios cerebrales se integran y colaboran mutuamente en todas las funciones cognitivas, por eso, la dominancia de un hemisferio sobre otro es relativa.

Es claro entonces el desarrollo que la neuropsicología ha aportado a la comprensión del proceso de aprendizaje, y que más que procesos excluyentes, los distintos procesos que intervienen no sólo en el aprendizaje, sino en el funcionamiento cognoscitivo general, son integrados por distintas estructuras cerebrales para lograr la interacción del ser humano con su medio ambiente y su cultura. Los planteamientos elaborados, además, marcan la intrincada relación entre aprendizaje y desarrollo, obligando a estudiarlos de forma integrada.

Referencias

- Ardila, A. (1988). *La Memoria*. Medellín, Prensa Creativa.
- Catania, C. (1992). The Two Psychologies of Learning: Blind Alleys and nonsense syllables. In S. Koch & D. E. Leary (Eds.), *A Century of Psychology as a Science* (pp.321-337). Washington, D. C.: American Psychological Association.
- Dewsbury, D. A. (1998). Celebrating E. L. Thorndike a Century After Animal Intelligence. *American Psychologist*, 53 (10):1121-1124
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (1997). Aprendizaje y memoria. En *Neurociencia y conducta* (pp. 695-713). Madrid: Prentice Hall.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H. & Jessell, T. M. (1997). Mecanismos celulares del aprendizaje y de la memoria. En *Neurociencia y conducta* (pp.715-745). Madrid: Prentice Hall.
- Kimble, G. A. (1992). Conditioning and Learning. En S. Koch & D. E. Leary (Eds.), *A Century of Psychology as a Science* (pp.284-321). Washington, D. C.: American Psychological Association.
- Leahey, T. H. & Harris, R. J. (1998). Fundamentos del condicionamiento. En Leahey, T. H. & Harris, R. J., *Aprendizaje y cognición* (4ª ed.) (pp.17-48). Madrid: Prentice Hall.
- León-Carrión, J. (1995). *Manual de neuropsicología humana*. México, Siglo XXI.
- Pietri, H.L. & Mishkin, M. (1994). *Behaviorism, Cognitivism and the Neuropsychology of Memory*. *American Scientist*, 82:30-37
- Rosselli, M.; Ardila, A., Pineda, D. & Lopera, F. (1997). *Neuropsicología infantil. Avances en investigación, teoría y práctica*. Medellín, Prensa Creativa.
- Skinner, B. F. (1987) Whatever Happened to Psychology as the Science of Behavior? *American Psychologist*. 42 (8):780-786
- Thorndike, E. L. (1998). Animal Intelligence. An Experimental Study of the Associate Processes in Animals. *American Psychologist*, 53 (10):1125-1127
- Watson, J. B. (1985). Psychology as the Behaviorist Views it. *Psychological Review*, 20: 158-177

Recibido, 13 febrero/2006

Revisión recibida, 20 octubre/2006

Aceptado, 15 febrero/2007