

CAPITULO II: APRENDIZAJE Y MEMORIA

“Nada en la vida es para ser temido solo para ser entendido”

Marie Curie

CAPITULO II: APRENDIZAJE Y MEMORIA

2. INTRODUCCION

El aprender es el proceso por el cual adquirimos una determinada información y la almacenamos, para poder utilizarla cuando nos parece necesaria. Esta utilización puede ser mental o instrumental. En cualquier caso, el aprendizaje exige que la información nos penetre a través de nuestros sentidos, sea procesada y almacenada en nuestro cerebro, y pueda después ser evocada o recordada, para finalmente, ser utilizada si se la requiere. La memoria forma parte esencial de todo proceso de aprendizaje, existiendo formas muy diversas de memoria de acuerdo a sus distintas funciones. Estas múltiples formas de memoria demandan múltiples sistemas neuronales en el cerebro, y si bien implican un proceso focalmente localizado, dependen de la actividad de numerosas estructuras y sistemas cerebrales.

En este capítulo se presenta una recopilación bibliográfica sobre el tema, destacándose los puntos más importantes sobre los procesos de aprendizaje y memoria, desde los niveles cognitivo / funcional y neuronal, sus mecanismos y predisposición biológica.

2.1. APRENDIZAJE Y MEMORIA

De acuerdo a lo definido en el Capítulo I, procederemos a continuación a describir con más detalles lo referente al aprendizaje y memoria.

El *aprendizaje*, es un proceso por el que los organismos modifican su conducta para adaptarse a las condiciones cambiantes e imprescindibles del medio que los rodea. Junto a las fuerzas selectivas de la evolución, el aprendizaje constituye el modo principal de adaptación de los seres vivos. Cuanto más cambiante es el entorno más plástica debe ser la conducta, por lo que los organismos que viven en medios diferentes presentan diferentes grados de plasticidad conductual. Esta plasticidad es reflejo, a su vez, de la que caracteriza a las neuronas y al sistema nervioso (léase SN) de los organismos, la cual tiene más posibilidad de aprendizaje del sujeto. Por tanto, el aprendizaje puede considerarse como un cambio en el SN que resulta de la experiencia y que origina cambios duraderos en la conducta de los organismos. [5]

Pavlov I.P. (1927) [2], sostenía que el aprendizaje podía describirse como el establecimiento de una asociación entre una situación determinada, un *estímulo*, y una *respuesta*, que ejecutada en esa situación particular, daba lugar a la presentación de un reforzador. Este tipo de teoría de aprendizaje se explica en función de ciertos principios generales que prevalecen en todas las especies, y se caracteriza como una estrategia que permite a los organismos obtener información sobre el entramado causal de su entorno. Lo que aprendemos es retenido o almacenado en nuestro cerebro y constituye lo que denominamos *memoria*. Por definición, *no hay aprendizaje sin memoria y sin memoria no hay aprendizaje*.

Por otro lado, el aprendizaje esta asociado a situaciones emocionalmente significativas que parecen registrarse en los sistemas cerebrales de memoria de una manera más constante y persistente. Este estímulo puede ser utilizado para provocar cambios en la plasticidad cerebral, que se traducen en los incrementos de las posibilidades cognitivas, llevando a alcanzar un objetivo cuyos factores críticos promueven y facilitan las conductas de aprendizaje, la retención y consolidación de las tareas aprendidas.

¿Cómo un aprendizaje puede durar en la memoria? esto nos lleva a pensar que algo tiene que pasar en el cerebro para que esa memoria persista, para que esas conexiones entre las neuronas, que tienen que ver con el aprendizaje, se mantengan de alguna manera.

Durante mucho tiempo la memoria fue concebida como una propiedad de un sistema, consistente en modificar su respuesta a un estímulo en función de la experiencia. Este proceso consta de tres operaciones básicas: *la codificación, el almacenamiento y la recuperación de la información.*

PRIMER PASO: necesario para registrar una información es la *codificación* estamos obligados a seleccionar y modificar la información sensorial hasta hacerla reconocible y manipulable por nuestra memoria. Para ello solemos valernos principalmente de códigos verbales y visuales. Pero esta codificación nunca es neutra, sobre todo en lo que afecta a nuestras experiencias y a los sucesos que conllevan alguna carga emocional. De entre

todos los datos que recibimos, seleccionamos los que nos interesan y los interpretamos de acuerdo con nuestras propias ideas sobre el mundo. Por eso puede decirse que *construimos* o *personalizamos* nuestros propios recuerdos, en lugar de registrarlos de forma automática. La memoria, lejos de parecerse a un simple almacén pasivo de información, es un proceso activo mediante el cual relacionamos los recuerdos con el significado que los acontecimientos tienen para nosotros.

SEGUNDO PASO: del proceso es el *almacenamiento* o *retención* de la información que se realiza con el fin de conservarla y recuperarla cuando sea necesario. Se trata de una fase esencial, dependiendo del lugar en el que guardemos los datos y del mayor o menor interés que hayamos puesto en ellos, recordaremos la información con mayor o menor dificultad. En algunos casos, la habremos perdido para siempre; en otros, permanecerá imborrable en nuestra memoria.

TERCER PASO: es la *recuperación*, que consiste en localizar y reactualizar la información almacenada. La recuperación significa traer a la conciencia la información, hacerla consciente de nuevo. El problema suele consistir en encontrar el camino adecuado para llegar hasta ella, aunque si la información ha quedado bien organizada y guardada en el lugar correcto, nos será más fácil encontrarla.

La memoria, a estos niveles, consiste en cualquier modificación de un elemento neuronal implicado en el procesamiento como resultado de su actividad; así la memoria forma parte esencial de todo proceso de aprendizaje. Existen formas muy diversas de memoria que cumplen funciones muy distintas, ellas son:

a) Memoria Implícita (MI): son los recuerdos inconscientes en que se basan nuestros hábitos perceptivos y motores. Es la memoria relacionada con formas básicas de aprendizaje (habitación y sensibilización, aprendizaje perceptivo, condicionamiento clásico e instrumental y el aprendizaje motor).

La mayoría de estos aprendizajes son filogenéticamente antiguos y están estrechamente ligados a las condiciones particulares de adaptación y supervivencia de cada especie, es el tipo de aprendizaje y memoria sobre cómo se hacen las cosas que acostumbramos hacer.

b) Memoria Explícita (ME): son los recuerdos deliberados y conscientes que tenemos sobre nuestro conocimiento del mundo o sobre nuestras experiencias personales. Es la memoria correspondiente al llamado *aprendizaje relacional*, una forma evolucionada de aprendizaje que nos permite adquirir información sobre la gente, lugares, cosas y circunstancias complejas, utilizando más de una modalidad sensorial.

- *Memoria semántica*: se refiere a nuestro archivo general de conocimientos conceptual y fáctico, no relacionado con ninguna memoria en particular.
- *Memoria episódica*: se utiliza para recordar experiencias personales enmarcadas en nuestro propio contexto.

Este tipo de memoria puede ser también llamada *memoria declarativa* (MD) y/o *memoria relacional* (MR).

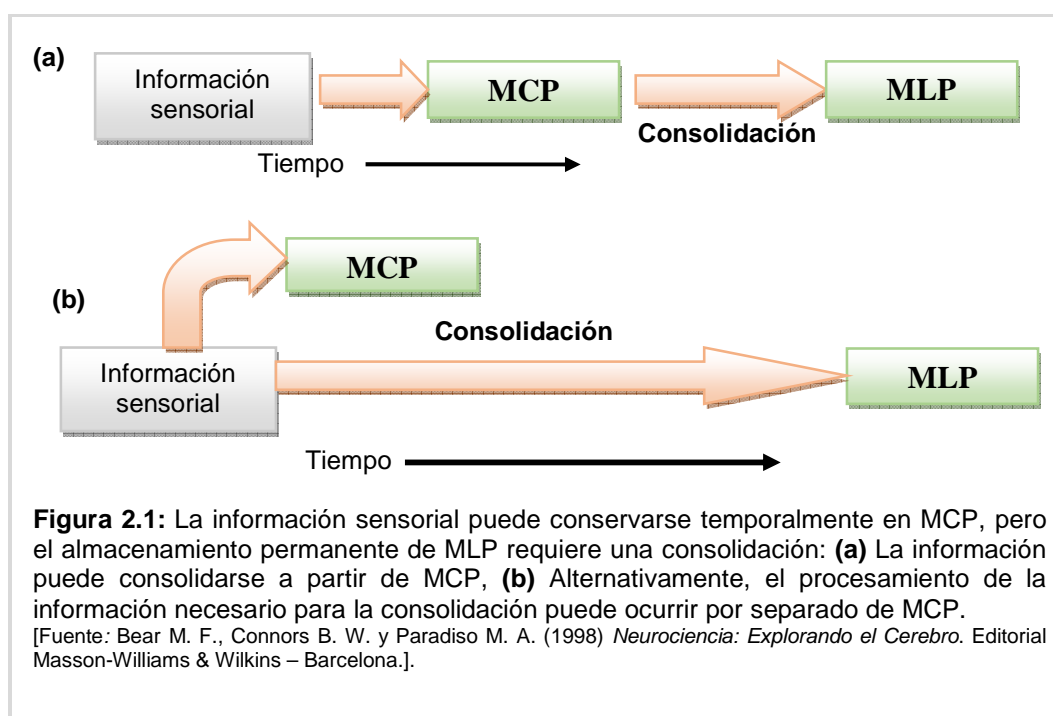
- c) *Memoria de Procedimiento* (MP): es la memoria de los hechos y los acontecimientos. Se puede acceder a las memorias declarativas mediante un recuerdo consciente, mientras que no ocurre lo mismo con la MP. Sin embargo, los procedimientos que aprendemos pueden llevarse a cabo sin un recuerdo consciente.

Estas múltiples formas de memoria demandan múltiples sistemas neuronales de memoria en el cerebro, cuyo proceso focalmente localizado implica la actividad de numerosas estructuras y sistemas cerebrales. Dentro de la categoría de la Memoria Declarativa (MD), podemos hacer una distinción adicional entre:

- d) *Memoria a corto plazo* (MCP): es una memoria frágil y transitoria que enseguida se desvanece y resulta muy vulnerable a cualquier tipo de inferencia.

- e) *Memoria a largo plazo (MLP): es una memoria estable y duradera, muy poco vulnerable a las interferencias.* Gracias a esta memoria recordamos permanentemente el lugar donde vivimos, la lengua que hablamos, los conocimientos necesarios para ejercer nuestra profesión y muchos de los acontecimientos de nuestra vida pasada.

En consecuencia, el proceso por el que las MCP se convierten en MLP ha sido denominado *Consolidación de la Memoria*. Una vez consolidadas, las memorias son relativamente estables pero el proceso mismo de consolidación parece ser gradual, y la MLP suele presentar grados crecientes de estabilidad a medida que pasa el tiempo y con la repetida evocación de la información almacenada, tal se muestra en la (Figura 2.1).



Actualmente se ha ampliado el concepto de MCP a *Memoria de Trabajo* (MT), que se la define como *un sistema de mantenimiento y manipulación temporal de información, necesario para realizar actividades cognitivas complejas como comprender, razonar o aprender.*

Desde una perspectiva neurocientífica, una característica clave de la MT que la distingue de la MCP, es que en el cerebro pueden existir múltiples lugares donde tiene lugar el almacenamiento temporal, más que un sistema individual de MCP. Esto implica que podríamos no ser conscientes de toda la información conservada en la MT al mismo tiempo, en las diferentes partes del cerebro. Generalmente consiste en retener información sobre cosas que acaban de pasar o pensamientos que acabamos de tener, para utilizarlos inmediatamente en el propio razonamiento o en la resolución de algún problema o actividad en curso. Es por tanto una información transitoria, a corto plazo, que continuamente se está borrando y sustituyendo por otra de similar naturaleza. [11]

2.2. FORMAS BÁSICAS DE APRENDIZAJE

El aprendizaje es un proceso múltiple que suele involucrar diversos mecanismos perceptivos, motores y asociativos. Las formas de aprendizaje complejo se basan en otras más simples o en combinaciones de ellas, por lo que resulta útil clasificarlas en categorías o formas básicas de aprendizaje, tal como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Formas de aprendizaje

Formas de aprendizaje	Características	
<p>Aprendizaje no asociativo</p> <p>La plasticidad conductual tiene carácter no asociativo, es decir, no requieren ningún tipo de asociación entre estímulos o entre estímulos - respuestas del entorno del organismo.</p>	<p>Habituaación</p>	<p>Es el proceso por el que una respuesta refleja, disminuye ante la presentación repetida de un estímulo que no daña la integridad física o funcional del organismo.</p>
	<p>Sensibilización</p>	<p>Consiste en una respuesta defensiva, de carácter adaptativo, es decir, en lugar de ser una respuesta para un estímulo específico, afecta al organismo globalmente, haciéndole responder de manera magnificada ante muchos estímulos diferentes.</p>
<p>Aprendizaje perceptivo</p>	<p>Nos permite reconocer inmediatamente estímulos anteriormente experimentados. Gracias a él identificamos personas, objetos y situaciones familiares. Este tipo de aprendizaje parece tener lugar en los sistemas perceptivos de nuestro cerebro, particularmente en las regiones corticales.</p>	
<p>Condicionamiento clásico (léase CC)</p>	<p>Implica una asociación entre dos estímulos; requiere de áreas cerebrales implicadas en la percepción de los estímulos, y de conexiones neuronales que radican en regiones cerebrales tan diversas como: la amígdala, el tálamo, el cerebelo o el tronco del encéfalo</p>	

Condicionamiento operante (léase CO)	Implica la asociación entre conducta y un refuerzo.
Aprendizaje motor	Implica cambios en los circuitos neurales que controlan formas particulares de la conducta.

2.3. CONDICIONAMIENTO INSTRUMENTAL U OPERANTE

El condicionamiento instrumental también llamado condicionamiento operante (CO), es el mecanismo por el cual los sujetos aprenden a modificar su conducta, en función de los premios y castigos que reciben. En consecuencia, los CC e CO no son formas de aprendizaje radicalmente diferentes, en el CC el estímulo condicionado produce una respuesta del organismo, o sea, una especie de respuesta automática, mientras que en el CO el sujeto emite una respuesta para obtener un refuerzo, lo que puede considerarse una conducta voluntaria.

El CO permite a un organismo aprender a controlar algunos aspectos de su entorno, aprovechando las contingencias que se dan entre estímulos condicionados y estímulos incondicionados, mediante la emisión de respuestas operativas o funcionales.

Thorndike E.L. (1911) expresa en la *ley del efecto* que de las muchas respuestas que se pueden dar en una situación, se tienden a repetir aquellas que se acompañan de un estado satisfactorio (un refuerzo positivo) y se

tienden a suprimir o eliminar aquellas conductas que van acompañadas por malestar (un refuerzo negativo). [8]

Skinner B.F. (1950) reformula la ley del efecto como *ley de refuerzo* poniendo énfasis en la relación entre la respuesta que la considera *operante* es decir, definida exclusivamente por sus propiedades funcionales y los eventos que la siguen de manera circunstancial. Skinner, se focalizó en el análisis de los factores externos que afectan el comportamiento. El ambiente desempeñará un importante papel, siendo determinantes las respuestas emitidas, y sus efectos, sobre el entorno o sobre el propio sujeto. De aquí que la relevancia esté en el refuerzo, que opera sobre el medio, y no en otros estímulos previos. [16]

2.4. APRENDIZAJE ASOCIATIVO Y MOTOR

Gran parte de la conducta de los organismos es conducta motora. En los animales superiores, aunque se conservan algunos patrones de conducta motora innata, este tipo de conducta es mayoritariamente aprendida. La mayor parte de nuestra actividad, como caminar, comer, conducir un vehículo, nadar, escribir e incluso hablar o gesticular, es básicamente motora. Las conductas motoras se adquieren y perfeccionan con la práctica. Inicialmente, los movimientos suelen ser voluntarios, conscientes y torpes. Con la práctica estas conductas acaban siendo automáticas, inconscientes y precisas.

El aprendizaje motor constituye una buena parte del aprendizaje asociativo entre estímulos y respuestas. Muchas conductas motoras simples, se adquieren por condicionamiento clásico o instrumental y muchos repertorios motores complejos, se establecen mediante combinaciones de ambas formas de condicionamiento y con la participación de la ME.

En general, se acepta que las acciones voluntarias complejas están representadas en la corteza cerebral y las acciones más automáticas y simples lo están en las estructuras subcorticales, el cerebelo, el tronco del encéfalo y la médula. Los cambios neurales implicados en el aprendizaje motor, se modifican a medida que la conducta deja de ser voluntaria y va adquiriendo un carácter automático e implícito. De este modo, muchas memorias motoras podrían elaborarse inicialmente en la corteza y relegarse o migrar posteriormente a estructuras subcorticales. La corteza parece albergar fundamentalmente programas y representaciones motoras novedosas, amplias y flexibles, capaces de guiar con versatilidad los movimientos necesarios para alcanzar un objetivo. Por el contrario, las estructuras subcorticales parecen albergar los programas y representaciones más ensayadas, hábitos motores bien aprendidos y mucho más rígidamente ejecutables.

Las memorias o representaciones de la conducta motora pueden entonces contener elementos de representación de diferentes niveles y estar, por tanto muy distribuidas en el sistema nervioso central (léase SNC). A pesar

de ello, el estudio de conductas motoras sencillas ha permitido una determinación precisa de posibles regiones cerebrales involucradas en este tipo de aprendizaje, donde se manifiesta el *estímulo condicionado* y la *respuesta condicionada*. [2]

Thompson R.E. (1970) y otros investigadores de diferentes laboratorios han descrito los circuitos neurales correspondientes a la trayectoria de los estímulos implicados en este aprendizaje, y demostraron que las actividades neurales subyacentes a los estímulos condicionado e incondicionado convergen en la corteza del cerebelo, en el interpósito y en uno de sus núcleos profundos. Estos y otros resultados, indican que el cerebelo podría tener una importante función en el condicionamiento de respuestas motoras clásicamente condicionadas. [4]

2.5. PREDISPOSICIONES BIOLÓGICAS DE LA MEMORIA IMPLÍCITA

En la mayoría de los organismos existen predisposiciones biológicas, de naturaleza genética y epigenética, que facilitan un determinado tipo de asociaciones haciendo otras muy difíciles o incluso imposibles. Prácticamente todas las formas de aprendizaje que forman la MI están condicionadas por grados más o menos específicos de plasticidad del SNC.

En general, el proceso evolutivo ha potenciado la plasticidad neuronal más conveniente a cada especie y entorno específico, por lo que cada

organismo está especialmente dotado para aprender aquellas conductas que, en su especie, tienen mayor valor adaptativo. En humanos, la experiencia demuestra que las predisposiciones biológicas, se manifiestan incluso como diferencias sexuales e individuales. Por lo que, un buen docente no debería menospreciar ninguna de ellas, ni las predisposiciones adquiridas ni las congénitas.

2.6. APRENDIZAJE RELACIONAL

Es una forma evolucionada de adaptación al medio que se basa en evaluaciones, comparaciones e inferencias conscientes entre informaciones diversas. Requiere de interacciones complejas entre las diferentes zonas de procesamiento cerebral de información, especialmente entre la neocorteza y el lóbulo temporal medial. Este último incluye la formación hipocampal (hipocampo propiamente dicho, circunvolución dentada, subículo y corteza entorrinal) y las cortezas parahipocampal y perirrinal adyacentes.

En humanos el aprendizaje relacional da lugar a la *memoria explícita* o *declarativa*, un tipo de memoria deliberada y consciente, cuyas características precisas han sido puestas de manifiesto a partir del análisis del déficit que presentan los pacientes que han sufrido daños cerebrales. En animales, el aprendizaje relacional origina un tipo de memoria similar que, obviamente, no puede ser declarada, y que podemos denominar *memoria relacional*. De este modo, las expresiones *memoria explícita*, *memoria declarativa* y *memoria*

relacional vienen a resultar equivalentes. Podemos también discernir una categoría especial de memoria explícita a corto plazo, llamada *memoria de trabajo*, que está implicada en el razonamiento y otras actividades cognitivas. A diferencia de la memoria implícita, que se adquiere de una forma gradual con la práctica, la memoria explícita puede establecerse en un único ensayo o experiencia, sobre todo, al igual que en ciertos aprendizajes implícitos, cuando su contenido tiene un carácter fuertemente emocional. [6], [19]

2.7. SISTEMA HIPOCAMPAL Y EL APRENDIZAJE RELACIONAL

El sistema hipocampal está estrechamente vinculado a la *memoria explícita* o *declarativa*. Además, como las funciones de memoria pueden radicar en las mismas regiones que los procesos perceptivos o motores, no resulta fácil distinguir entre funciones mnésicas y no mnésicas en base exclusivamente a lesiones cerebrales. La corteza inferotemporal, es clave para la discriminación visual y podría contener también memorias visuales. Por tanto, hay dos tipos de aprendizaje dependientes del hipocampo:

a. *Discriminación de olores*

Las ratas normales aprenden con facilidad a elegir uno de dos olores (seguido por un *refuerzo*), tanto si se presentan sucesivamente. La memoria de las ratas con lesiones del hipocampo están restringidas a los estímulos concretos previamente aprendidos, y se dificulta cuando aparecen nuevos estímulos diferentes a los de la situación original de aprendizaje es, por tanto,

una *memoria rígida, poco flexible*. En humanos, la *memoria declarativa* suele evaluarse mediante pruebas de asociación verbal. Los sujetos estudian pares de palabras arbitrariamente asociadas y después se comprueba su memoria presentado la primera palabra de cada par para comprobar que el sujeto recuerda la otra. [11]

b. *Aprendizaje espacial*

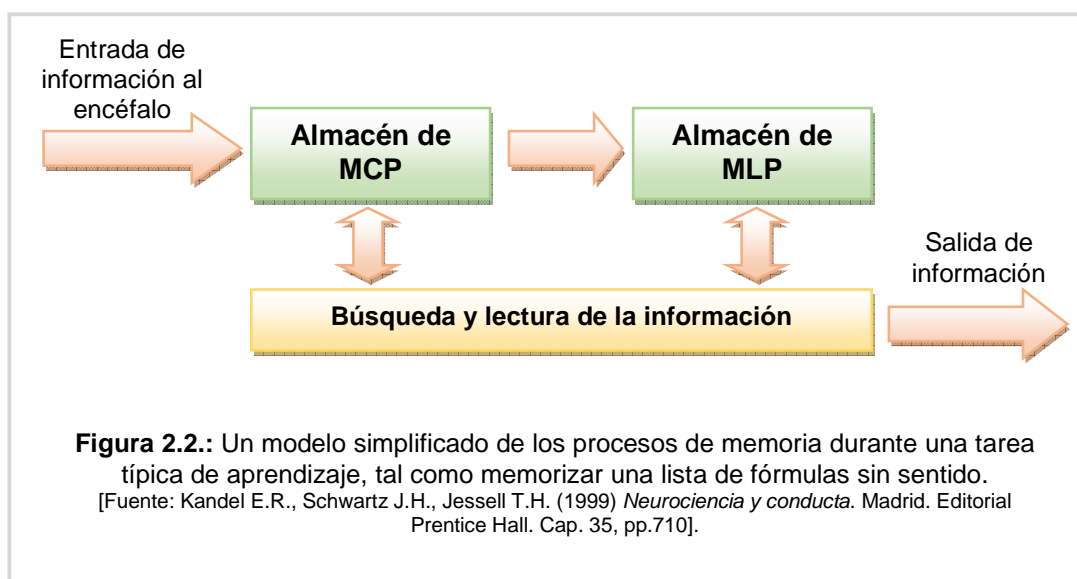
Los animales con lesiones en el hipocampo muestran un aprendizaje rígido y tienen dificultad para distinguir entre contextos diferentes de espacio y tiempo. Están, por tanto, impedidos para aprender aquellas tareas de discriminación donde los estímulos implicados pueden tener distintos valores en diferentes contextos. Cohen L.B. y col. (1988) propusieron la hipótesis de que el sistema hipocampal constituye la base neuronal de un tipo o sistema de memoria, caracterizada por su capacidad para comparar y contrastar información, y de hacer inferencias y generalizaciones, a partir de datos procedentes de fuentes múltiples de procesamiento cerebral. Es decir, un tipo de memoria flexible que abarca un ámbito multidimensional, y que permite interacciones variadas incluso con informaciones que nunca se asociaron con el contenido del aprendizaje inicial. Un sistema de esta naturaleza permite el recuerdo en contextos variados, diferentes a la situación original y por vías conductuales o de expresión también diferentes. Todas éstas son, en definitiva, las características de lo que hemos definido como ME o MD.

Esta hipótesis es apoyada por los resultados obtenidos con neuroimágenes funcionales en humanos, Squire L. (1987) ha observado un incremento específico de la actividad del hipocampo de un sujeto mientras trataba de recordar las palabras de una lista, a partir de secuencias de letras que le eran presentadas para estimular su recuerdo (ME). Sin embargo, ese incremento, no se observaba si el sujeto recibía la instrucción previa de, más que tratar de recordar, decir la primera palabra que le viniera a la mente al ver la misma secuencia de letras, es decir, una tarea de *priming* (MI).

Sin embargo, este tipo de actividad de sus células yuxtapuesto a su plasticidad fisiológica y sus abundantes conexiones recíprocas con la neocorteza, probablemente sede de numerosas memorias, hacen del hipocampo un excelente candidato para mediar el *aprendizaje relacional*. En general, el hipocampo parece más relacionado con el procesamiento de nueva información que con la que resulta más familiar. No obstante, estudios recientes de tomografía de emisión de positrones indican que la actividad del lóbulo temporal medial es más evidente durante el recuerdo explícito exitoso, que durante el mero intento de recordar. Esta reactivación retroactiva del lóbulo temporal medial durante el recuerdo exitoso, podría fortalecer las conexiones originales, reforzar la memoria correspondiente y aumentar la seguridad o confianza del individuo en su recuerdo. [9], [11]

2.8. PROCESOS DE LA MEMORIA

Los estudios de retención y alteración de la memoria han apoyado un modelo, usado frecuentemente, de almacenamiento de la memoria en fases (Figura 2.2.). La entrada de información al encéfalo se procesa en un *Almacén de Memoria a Corto Plazo*. Éste tiene una capacidad limitada (poco más de una docena de elementos) y, si no hay repetición, dura sólo un periodo de minutos. La información es transformada posteriormente, mediante algún tipo de proceso, en un *Almacén de Memoria a Largo Plazo*, más permanente.



Algunos investigadores prefieren dividir la MLP en:

- *Forma intermedia:* es relativamente susceptible de alteración.
- *Forma auténtica a largo plazo:* es relativamente resistente.

- *Sistema de búsqueda y recuperación*: busca en el almacén de memoria y permite que se pueda disponer de la información para tareas específicas.

Conforme a este modelo, la retención de la memoria puede alterarse debido a la destrucción de los contenidos de un almacén de memoria. Otra alternativa, es que las memorias se puedan alterar cuando se interrumpe el mecanismo de búsqueda y recuperación. Esta última conclusión, está apoyada por la observación de que los traumatismos, algunas veces alteran sólo temporalmente la memoria (se recupera gradualmente una considerable memoria de los acontecimientos pasados). Si la memoria almacenada se hubiera destruido completamente, obviamente no podría recuperarse.

Se utilizó una prueba de memoria en sujetos, donde se puede cuantificar con fiabilidad el grado de memoria:

- De acontecimientos relativamente recientes (sucedidos hace 1 - 2 años)
- De acontecimientos lejanos (sucedidos hace 3 - 9 años)
- De acontecimientos muy lejanos (sucedidos hace 9 - 16 años)

Se les solicito a los sujetos identificar, mediante recuerdo voluntario, los nombres de programas de televisión emitidos durante un solo año (entre 1957-1972). La evaluación fue realizada antes y después que los sujetos recibieran la terapia electroconvulsiva (TEC) para tratamiento de la depresión. Después

de ésta terapia los sujetos presentaron una pérdida significativa (pero transitoria) de memoria de los programas más recientes, pero no de los programas más antiguos.

La interpretación de estos datos, es que la recuperación de las memorias recientes se altera fácilmente, hasta que las memorias se transforman en una forma de MLP. Una vez transformadas, son relativamente estables. No obstante, con el tiempo disminuyen gradualmente tanto la información almacenada como la capacidad de recuperarla, incluso sin que haya un traumatismo externo. Así pues, según indica su susceptibilidad de ser alterado, el proceso de memoria experimenta un cambio continuo con el tiempo.

2.9. LA MEMORIA SE LOCALIZA EN DIFERENTES LUGARES DEL SISTEMA NERVIOSO

En muchos tipos diferentes de aprendizaje, la memoria no se localiza en ninguna estructura del encéfalo (por ejemplo: ninguna de las tres vías visuales puede sustentar el condicionamiento de la respuesta de la frecuencia cardiaca en palomas). Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos neuronales, mediante los cuales se almacenan estas memorias, se pueden elaborar modelos de computadora, en los que los cambios funcionales de conexiones específicas a lo largo de toda la red representan una memoria sencilla dentro del modelo. Estos modelos de aprendizaje se ejecutan de un modo que recuerda al aprendizaje en animales vivos. Dichos modelos son

capaces de *generalizar*, el modelo puede aprender incluso si se le prueba con estímulos algo diferentes del estímulo de entrenamiento original. La información almacenada en modelos de procesamiento distribuido también resiste un daño parcial del sistema, como sucede a menudo en un cerebro lesionado.

Parece ser que los *cambios sinápticos que subyacen al aprendizaje ocurren preferentemente en cierto tipo de neuronas*. El carácter complejo de muchas tareas de aprendizaje hace probable que estas neuronas estén distribuidas a lo largo de la vía refleja.

- Puede que incluso después de una lesión, permanezcan algunos elementos de la información almacenada, es decir algunos de los cambios sinápticos.
- Por otro lado, el encéfalo tiene la capacidad de recuperar incluso la limitada reserva de información que queda y reconstruir una reproducción relativamente buena del original.
- Además, no todas las regiones del encéfalo participan por igual en el proceso de almacenamiento y recuperación de las memorias.
- El hipocampo y el cerebelo desempeñan un papel esencial en las memorias implícitas y explícitas respectivamente.

2.10. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN, MEMORIA Y APRENDIZAJE

Para entender cómo funciona la memoria y su conexión con el aprendizaje analizaremos el modelo de procesamiento de la información [11]:

- La información que llega del exterior es detectada por nuestros sentidos e ingresada en el cerebro en forma de impulsos eléctricos que son analizados en función de su relevancia para la supervivencia por el tálamo y en su mayoría descartado gracias al proceso de filtrado sensorial, que nos permite eliminar toda la información irrelevante de nuestro sistema.
- La información que no ha sido eliminada pasa desde el tálamo hasta la corteza cerebral a través de la MCP que guarda la información por aproximadamente 30 segundos, después de los cuales la información es retenida o eliminada en función de la importancia que el sujeto le conceda en base a su experiencia.
- Si la información merece ser retenida pasa a la MLP para ser conscientemente procesada, aquí los datos recibidos son analizados, reorganizados o transformados para luego ser almacenados.
- Cuando la MLP está funcionando nuestro lóbulo frontal se activa y nuestra atención y concentración se enfocan en su actividad. Esta memoria tiene un límite de capacidad que aumenta con la edad.
- La MLP analiza la información en función de la experiencia del sujeto determinando si esta tiene sentido, es decir si la información se

relaciona con experiencias anteriores y con su sistema de valores, y si la información tiene significado o importancia para el sujeto en función de su utilidad. Si la información carece de significado es muy baja la probabilidad de que sea almacenada para ser utilizada en el futuro. Estos dos criterios de almacenamiento son independientes entre sí pero el significado es más relevante para generar la retención de la información.

- Las emociones que se generan en ciertos momentos, son poderosas y generan la producción de hormonas que pueden intensificar nuestros recuerdos pues actúan sobre la amígdala generando un recuerdo más intenso y emocional.
- La información que es procesada a través de las memorias temporales, codificada por el hipocampo y almacenada en diferentes lugares del cerebro es la MLP. Tendemos a recordar lo que tiene sentido y significado para nosotros y a descartar aquello que no comprendemos y a lo que no le encontramos utilidad. El sistema cognitivo de valores y el auto concepto juegan un papel importante en el momento de percibir la realidad y aprender, es decir que otorgamos sentido y significado a la información solo si ésta puede ser relacionada con nuestro mapa del mundo y si genera una sensación de bienestar en relación con nosotros mismos.

2.11. CARACTERISTICAS DE LAS TEORIAS DEL APRENDIZAJE

Dentro del proceso de aprendizaje resulta importante identificar el paralelismo entre las teorías de aprendizaje y su conexión con teorías de las ciencias exactas. Así se destacan los tópicos del conductismo, cognoscitivismo y constructivismo, que pueden ser analizados desde una perspectiva de empaquetamiento del conocimiento [16].

- ◆ **Conductismo:** se basa en los cambios observables en la conducta del sujeto. Se enfoca hacia la repetición de patrones de conducta hasta que estos se realizan de manera automática.

El conductismo puede remontarse hasta la época de Aristóteles, quien realizó ensayos de “*Memoria*” enfocada en las asociaciones que se hacían entre los eventos como los relámpagos y los truenos. Otros filósofos que siguieron las ideas de Aristóteles fueron (Brown, 1820; Ebbinghause, 1885 y Black, 1995). La teoría del conductismo se concentra en el estudio de conductas que se pueden observar y medir (Good y Brophy, 1990). Ve a la mente como una caja negra en el sentido de que las respuestas a estímulos se pueden observar cuantitativamente ignorando totalmente la posibilidad de todo proceso que pueda darse en el interior de la mente.

Algunas autores aportan ideas claves en el desarrollo de esta teoría, ellos son:

Pavlov I. P. (1849 – 1936): conocido por su trabajo en condicionamiento clásico o sustitución de estímulos.

Thorndike E.L. (1874 – 1949): estableció el uso de métodos usados en las ciencias exactas para los problemas en educación al hacer énfasis en el tratamiento cuantitativo exacto de la información. Cualquier cosa que exista, debe existir en determinada cantidad y por lo tanto puede medirse. Su teoría conexionista, establece que aprender es el establecimiento de conexiones entre estímulos y respuestas.

La “*ley de efecto*” dice que cuando una conexión entre un estímulo y respuesta es recompensado (retroalimentación positiva) la conexión se refuerza, y cuando es castigado (retroalimentación negativa) la conexión se debilita. Posteriormente Thorndike revisó esta ley cuando descubrió que la recompensa negativa (el castigo) no necesariamente debilitaba la unión y que en alguna medida parecía tener consecuencias de placer en lugar de motivar el comportamiento. Él creía que se establecía un vínculo neural entre el estímulo y la respuesta cuando la respuesta era positiva. El aprendizaje se daba cuando el vínculo se establecía dentro de un patrón observable de conducta.

Watson J.B. (1878 – 1958): fue el primer psicólogo en usar las ideas de Pavlov y Thorndike. Watson pensaba que los humanos ya traían, desde su nacimiento, algunos reflejos y reacciones emocionales de amor y furia, y que

todos los demás comportamientos se adquirirían mediante la asociación estímulo - respuesta; es decir, mediante un acondicionamiento.

Skinner B.F. (1904 – 1990): difiere de sus predecesores (condicionamiento clásico), en que él estudió la conducta operatoria (conducta voluntaria usada en operaciones dentro del entorno).

- ◆ **Cognoscitivismo:** se basa en los procesos que tienen lugar detrás de los cambios de conducta. Estos cambios son observados para usarse como indicadores para entender lo que está pasando en la mente del que aprende.

Estas teorías intentan explicar el proceso de aprendizaje. Plantean que la mente es capaz de captar los elementos de su entorno como un todo. La principal escuela que da origen a esta concepción es la psicología de la Gestalt, fundada por Von Wertheimer a fines del siglo pasado, su principal interés es la percepción humana. Su interpretación del aprendizaje se basa en los principios de la organización perceptual. El que percibe tiende a ver los objetos físicos en forma integrada, y sus cualidades parecen inseparables.

Los trabajos más significativos sobre aprendizaje, hechos en la escuela gestáltica, se llevaron a cabo por Köhler en Alemania (1913 - 1917). El punto de interés más significativo de este investigador era el fenómeno de la percepción. En tal sentido, asumían que el sujeto entraba en desequilibrio

cognoscitivo cuando se enfrentaba a un problema de percepción. El novel piensa sobre todo lo que necesita para resolver el problema en forma cognoscitiva, paso a paso, hasta lograr la respuesta, cuando llega a la solución el organismo adquiere un *insight*.

Los psicólogos de la Gestalt *consideran el aprendizaje como un proceso de desarrollo de nuevas ideas o como una modificación de las antiguas* [Bigge (1985) pp.125] en tal sentido el término clave es el fenómeno de *insight*, el cual engloba la idea de aprendizaje. Para ellos es algo intencional, explorador, imaginativo y creativo; se trata pues de un fenómeno no mecánico. En general, el cambio de conductas en el aprendizaje no es más que el reflejo de un cambio interno.

El aprendizaje, bajo esta concepción, no se limita a una conducta observable, es conocimiento significativo, sentimiento, creatividad, pensamientos. También reconocen la importancia del reforzamiento, pero resaltan su papel como elemento retroalimentador para corrección de respuestas y sobre su función como un motivador. Ve al proceso de aprendizaje como la adquisición o reorganización de las estructuras cognitivas a través de las cuales los sujetos procesan y almacenan la información [7].

Este consta de los siguientes puntos:

- ◆ *Esquema*: una estructura de conocimiento interna.

- ◆ *Modelo de procesamiento de información:*
 - a) **Entra a un registro sensorial:** la información es recibida a través de los sentidos, la cual es retenida entre 1 y 4 segundos y después tiende a desaparecer o a ser reemplazada.
 - b) **Después procesa en la MCP:** La entrada sensorial que se considera importante o interesante se transfiere del registro sensorial a la MCP. Aquí la memoria retiene la información hasta por 20 segundos, o más si se ensaya repetidamente. La MCP puede retener información de dos eventos diferentes hasta por más o menos 7 minutos. Esta capacidad de memoria se puede incrementar si la información se divide en pequeñas secciones que tengan algún significado.
 - c) **Posteriormente se transfiere a la MLP para su almacenamiento y recuperación:** La MLP tiene capacidad sin límite. Algunos conceptos son forzados en la MLP a ser aprendidos mediante memorización remota. Los niveles más profundos de procesamiento, tales como la generación de vínculos entre la información nueva con la vieja, son mucho mejor para la retención de conceptos con más éxito.
- ◆ *Efectos de amplificación:* La información amplificada es más fácil de retener y recordar. Si el sujeto relaciona información poco significativa con sus esquemas cognitivos previos, será más fácil de recordar.

- ◆ *Efectos de Posición Serial:* Es más fácil recordar objetos al principio o al final de una lista que los que están en la parte intermedia, a menos que los objetos sean claramente diferentes.
- ◆ *Efectos de Práctica:* La práctica y la repetición mejora la retención, especialmente cuando es práctica distribuida. Mediante la práctica distribuida el sujeto asocia el material con diferentes contextos, en lugar de uno solo con práctica intensa.
- ◆ *Efectos de Transferencia:* Se refiere a los efectos del aprendizaje previo en el aprendizaje de nuevas tareas o materiales.
- ◆ *Efectos de Interferencia:* Se presentan cuando los aprendizajes previos interfieren en el aprendizaje de nuevos materiales.
- ◆ *Efectos de Organización:* Cuando el sujeto organiza los elementos nuevos (entradas) de la misma forma en que se organizan los artículos en una biblioteca, lo que facilita su localización.
- ◆ *Efectos de Niveles de Procesamiento:* Las palabras se pueden procesar con análisis sensorial considerando sus características para el análisis esquemático de su significado. Mientras más profundo sea el proceso de análisis, más fácil será de recordar.
- ◆ *Efectos de Estado Dependiente:* Si el aprendizaje se realiza dentro de determinado contexto será más fácil recordarlo en ese contexto que en otro diferente.

- ◆ *Efectos Nemónicos*: Son estrategias que utilizan los sujetos para organizar significados relativos con sus imágenes significativas o sus esquemas contextuales.
- ◆ *Efectos de Esquemas*: Si la información no se ajusta a los esquemas del sujeto será más difícil para el recordar y comprender.
- ◆ *Organizador Avanzado*: preparan al sujeto para el material que van a aprender, permitiéndole al estudiante dar sentido a la lección.

- **Constructivismo**: se sustenta en la premisa de que cada persona construye su propia perspectiva del mundo que le rodea a través de sus propias experiencias y esquemas mentales desarrollados. El constructivismo se enfoca en la preparación del que aprende para resolver problemas en condiciones ambiguas

El pionero de la primera aproximación constructivista fue Bartlett F.C. (1932), el constructivismo se sustenta en que *“el que aprende construye su propia realidad, o al menos la interpreta de acuerdo a la percepción derivada de su propia experiencia, de tal manera que el conocimiento de la persona es una función de sus experiencias previas, estructuras mentales y las creencias que utiliza para interpretar objetos y eventos. Lo que alguien conoce es aterrizado sobre las experiencias físicas y sociales las cuales son comprometidas por su mente”*. [1]

2.12. CONCLUSION

Un estudio riguroso y detallado, de aprendizaje y memoria puede ser encontrado en libros especializados de Neurociencia (Delgado JM., Ferrús A., Mora F., Rubia FJ. (1998); Bear M. F., Connors B. W. y Paradiso M. A. (1998); Domjan M (1998)). En este capítulo se han explicado los dos procesos de memoria que están estrechamente ligados y originan cambios adaptativos en el comportamiento de los organismos. Cuando aprendemos, podemos utilizar al menos dos tipos de estrategias cognitivas: (a) la memoria implícita es una memoria de hábitos que radica en las mismas regiones cerebrales que procesan la información sensorial y motora. (b) la memoria explícita es una memoria de carácter relacional dependiente del sistema hipocampal y basado en información almacenada en regiones cerebrales. Así un ejemplo particular de éste tipo de memoria es la memoria de trabajo necesaria para el razonamiento y otros procesos cognitivos.

Las descripciones dadas en este capítulo, corresponden a los conocimientos indispensables que se requieren para entender la contribución del modelo matemático, que explica las estrategias cognitivas que se producen en las regiones del cerebro que almacenan la información, y en especial como la dinámica procesa los aspectos secuenciales del aprendizaje.

2.13. REFERENCIAS

- [1] Bartlett F.C. (1932) *Remembering. A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- [2] Bear M. F., Connors B. W. y Paradiso M. A. (1998) *Neurociencia: Explorando el Cerebro*. Barcelona: Editorial Masson-Williams & Wilkins
- [3] Bigge M. (1985) *Teorías de aprendizaje para maestros*. México: Trillas.
- [4] Carlson N.R. (1999) *Fisiología de la Conducta*. Barcelona: Ariel.
- [5] Delgado J.M., Ferrús A., Mora F., Rubia F.J. (1998) *Manual de Neurociencia*. España. Síntesis.
- [6] Domjan M. (1998) *Bases del aprendizaje y del condicionamiento*. Editorial Jaén Del Lunar
- [7] Good, T. L., Brophy, J. E. (1990). *Educational psychology: A realistic approach*. (4th ed.). White Plains, NY: Longman
- [8] Gruart A. (1998) *Thorndike y la ley del efecto*. *Manual de Neurociencia* (Delgado-García J. M., Ferrús A., Mora F. y Rubia F. J.) Cap. 33: 871-872. España. Editorial Síntesis.
- [9] Jernigan T.L., Gamst A.C. (2005). Changes in volume with age—consistency and interpretation of observed effects. *Neurobiology of Aging N°26: 1271–1274 Published by Elsevier Inc*
- [10] Jonassen, D. H. (1991) Objectivism versus constructivism: do we need a new philosophical paradigm? *Educational Technology Research and Development*, 39 (3): 5-14.
- [11] Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.H. (1999) *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- [12] Morgado I. (2005) Psicobiología del aprendizaje y la memoria: Fundamentos y avances recientes. *Revista Neurología 40(5): 289 - 297 289. Barcelona.*
- [13] Navarro S., Juárez G., Quevedo G. (2007) Memoria y representaciones mentales. *Revista Huayllu-bios- Vol. 1: 64-65. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UNCa. ISSN N° 1851- 2720*
- [14] Quevedo G.V. (2003) *Tesis Doctoral: Serotonina y Aprendizaje Instrumental*– Universidad Pablo de Olavide – Sevilla. España.
- [15] Salmon D.P. y Butters N. (1995) Neurobiology of skill and habit learning. *Current opinion in Neurobiology*, 5:184-190.
- [16] Skinner B.F. (1950). Are theories of learning necessary? *Psychological Review*, 57: 193-216.
- [17] Squire LR. (1987) *Memory and Brain*. New York Oxford University Press.
- [18] Squire LR. (2004) Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiol Learn Mem*, 82: 171-7
- [19] Ungerleider L.G. (1995) Functional brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science 270: 769 – 775*.