

---

## ¿Qué sucede cuando aprendemos?

Un estudio del enfoque psicofisiológico del aprendizaje

**Aura Luz Castro de Pico**

Profesora Titular  
Departamento de Educación  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Colombia

Uno de los grandes retos que ha tenido que afrontar la ciencia de la Psicología para constituirse en fuente de la disciplina educativa, ha sido la de investigar y profundizar de manera objetiva acerca del proceso de aprendizaje, para hacer predicciones y dar explicaciones lo suficientemente válidas y confiables acerca de qué es lo que ocurre cuando el organismo aprende y la forma de manipular el ambiente y las condiciones para que dicho proceso se produzca de manera efectiva.

Es así, como una de las principales inquietudes tanto de profesores como de estudiantes se centra en averiguar lo que sucede cuando aprendemos y las formas o estrategias de mejorar el aprendizaje.

El presente artículo trata de dar respuesta al primer interrogante y presenta algunas teorías que explican el proceso de aprendizaje desde el punto de vista psicofisiológico, anatómico y bioquímico, que sirvan como explicación y fundamento para la determinación de estrategias que faciliten el aprendizaje.

En forma general se concibe el aprendizaje como un cambio conductual relativamente permanente que resulta de la experiencia; dicho cambio es uno de los criterios para determinar si hubo o no aprendizaje, y es medible por las modificaciones que se producen en la conducta del organismo. Tales modificaciones que son observables a simple vista, son el resultado de cambios orgánicos in-

ternos más profundos que se dan a nivel del sistema nervioso y de otros sistemas; al respecto, diversas teorías coinciden en afirmar que "existen alteraciones bioquímicas, fisiológicas o inclusive anatómicas, que son consecuencia de tal proceso"<sup>1</sup>.

Las dos estrategias de investigación empleadas actualmente para estudiar la neurología del aprendizaje son, el uso de sistemas biológicos o modelos, y la experimentación con animales, estudios que tienen como objetivo describir y explicar los procesos fisicoquímicos del Sistema Nervioso que son la base del aprendizaje.

Estos estudios han enfatizado además, en los procesos de memoria, ya que ésta puede considerarse como el producto final del proceso de aprendizaje; es posible afirmar que éste "inicia el proceso facilitatorio a nivel fisiológico y la memoria es el nombre que se le da al proceso de consolidación de esos aprendizajes"<sup>2</sup>.

Cualquier medida del aprendizaje depende de los procesos de almacenamiento (memoria), que es intermediaria entre un cambio que se produce en el S.N.<sup>\*</sup>, o en el organismo, y la conducta. Es necesario entender el mecanismo por el cual ocurre dicha facilitación y el mecanismo por el cual se consolida en forma breve o permanente el recuerdo. Se ha definido el proceso de memoria en términos de tres cursos temporales diferentes:

1. Memoria Icónica: Es una memoria temporal; las cosas se experimentan e inmediatamente se olvidan; su duración es de unos cuantos milisegundos; parece existir sólo en la modalidad sensorial estimulada y decaer pasivamente con el tiempo; la facultad de efectuar representaciones sensoriales del mundo tiene su origen en la naturaleza del Sistema Perceptivo. George Sperling en Harvard (1961), comprobó la existencia de este tipo de memoria.

2. Memoria Primaria o Sistema a Corto Plazo:

Dura ciertos segundos y se presenta cruzando las modalidades sensoriales (por que los recuerdos de este sistema no son representaciones sensoriales); no se retienen solamente imágenes visuales sino la interpretación de los datos sensoriales como números o palabras importantes; por ejemplo, el número de teléfono que se busca, se marca y se olvida; es capaz de retener a la vez aproximadamente siete datos de información<sup>3</sup>. William James, denominó este sistema con el nombre de Primaria, y lo definió como "recuerdos pasajeros de eventos que se suceden en nuestro ambiente y parecen originar un flujo continuo de experiencia". Paterson (1966), caracterizó este recuerdo como primario, que a diferencia de la Icónica, cruza las modalidades sensoriales; puede haber recuerdo auditivo de estímulos visuales como también recuerdo visual.

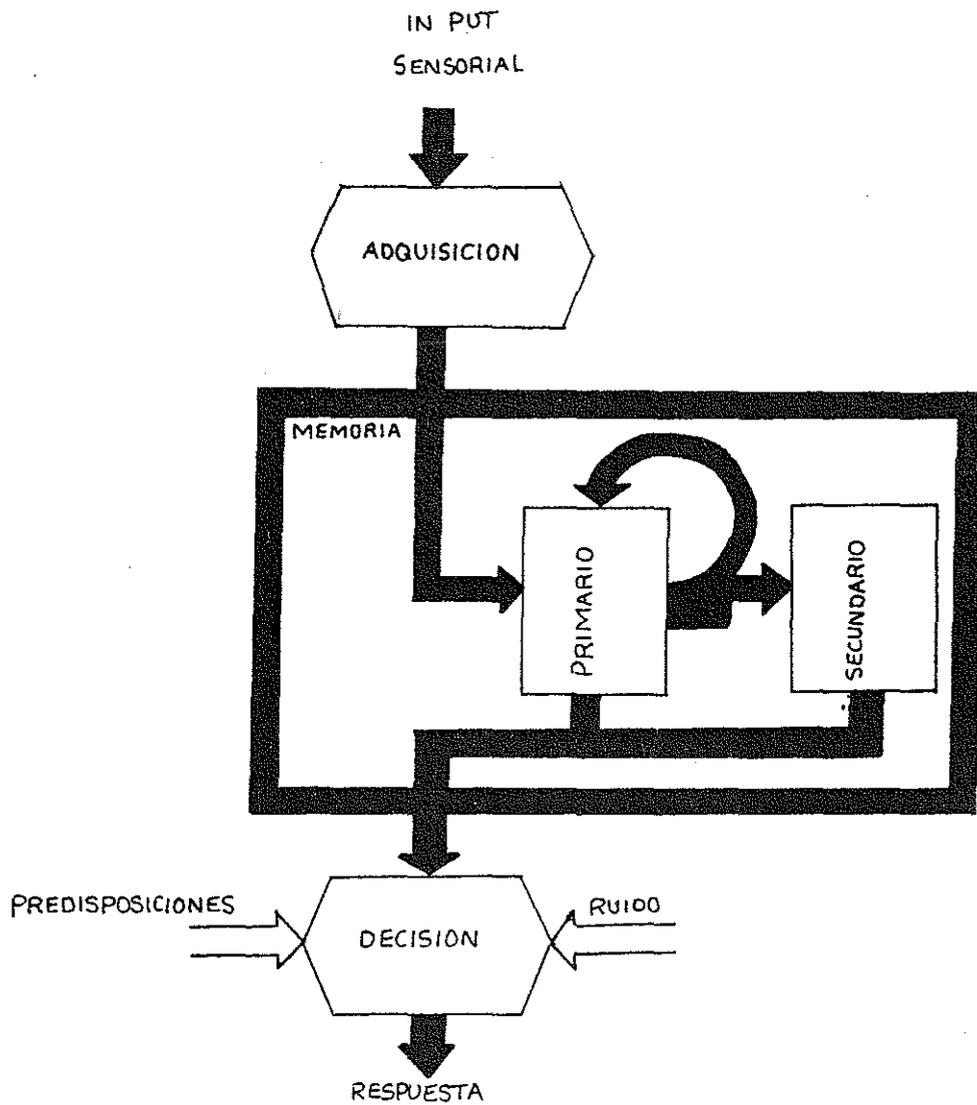
3. Memoria Secundaria o Sistema a Largo Plazo.

Es de permanencia relativa y algunos recuerdos parecen virtualmente permanentes; ciertos recuerdos a corto plazo son archivados y se convierten en recuerdos a largo plazo; al mismo tiempo nuevo material ingresa al almacén de la memoria a largo plazo sin esfuerzo deliberado, así como también lo hacen, sucesos dramáticos o muy vivos que dejan impresiones que perduran. William James lo caracterizó como memoria Secundaria.

Actualmente no es posible todavía determinar si los aspectos primario y secundario de la memoria constituyen dos procesos diferentes, o uno sólo que se presenta a través de diferentes espacios de tiempo, lo cual indica la complejidad del proceso de aprendizaje y de memoria.

La figura 1 representa algunas correlaciones posibles entre las tres formas hipotéticas de memoria: En la adquisición, la entrada sensorial se almacena muy brevemente en el sistema sensorial para enviarlo codificado al depósito de la memoria Primaria a Corto Plazo. Algunos recuerdos se almacenan así mismo, en la memoria secundaria permanente. En el proceso de la Decisión, la salida de la memoria se combina con

\* S.N. Sistema Nervioso



**FIGURA 1.- Representación del proceso de la Memoria\***

\* Tomado de THOMPSON, Richard. Introducción a la Psicología Fisiológica. Harla, México, 1981. p. 480.

las tendencias y ruidos del sujeto para determinar la respuesta.

## TEORIAS PSICOFISIOLOGICAS DEL APRENDIZAJE

Desde los griegos se trató de explicar la memoria con base en los cambios ocurridos en el organismo; entre los filósofos que propusieron este enfoque se cuentan Platón, Parménides, Zenón y otros. Platón consideraba la mente humana como un gran bloque de cera en la cual se imprimían los recuerdos; la diferencia en la capacidad de recordar se basaba en diferencias de pureza, tamaño y dureza de ese bloque<sup>4</sup>. El primero en hablar de una base neuronal en el aprendizaje fue David Hatley hace casi doscientos (200) años. Weldeyer formuló la Teoría Neuronal que sostenía que las células nerviosas se unían a manera de eslabón en un punto que denominó Sinápsis (región de comunicación y transmisión de impulsos entre el axón de una neurona y las dendritas o cuerpos celulares de otras).

Como las explicaciones dadas a los cambios fisiológicos durante el aprendizaje y la memoria han sido múltiples, es posible agrupar las diferentes explicaciones en tres grandes enfoques a saber:

a. Enfoque Fisiológico: Afirma que se presenta una facilitación en la transmisión sináptica debido a la ocurrencia de eventos electrofisiológicos. William James, representante de esta corriente, consideró que "la actividad recurrente puede hacer que se forme una vía entre ellos; al formarse ésta, la excitación de un centro produce automáticamente la excitación del otro; de esta misma forma explica Pavlov el condicionamiento clásico"<sup>5</sup>.

Más adelante se explicarán otras teorías modernas que tienen este mismo enfoque fisiológico.

b. Enfoque Anatómico: Considera que la resistencia sináptica disminuye debido a los cambios anatómicos de carácter permanente. ALEXANDER BAIN (1855) propuso "Que, en cada acto de la memoria se coordinan las sensaciones en una forma específica por ac-

ción de crecimientos específicos en las uniones celulares. Según su teoría, no existe un centro de memoria en el S.N., sino que se trata de actividad persistente en las vías sensoriomotoras. Esta teoría aún es considerada verdaderamente moderna"<sup>6</sup>.

En 1893, el fisiólogo italiano TANZI, propuso una teoría anatómica según la cual "en el interior de las neuronas ocurren cambios análogos a los que se observan en la amiba, específicamente la formación de pseudópodos; el paso de impulsos nerviosos por la neurona, produce cambios metabólicos que aumentan su volumen y hacen que se presenten prolongaciones protoplasmáticas. La actividad de las células hace que los procesos axonales y dentrífticos se acerquen más a las neuronas disminuyendo la resistencia y facilitando la conducción de impulsos; de esta forma se establecen conexiones asociativas muy firmes dando paso a la memoria a largo plazo"<sup>7</sup>.

c. Enfoque Bioquímico: Según éste, se presentan cambios bioquímicos en el interior de la célula, que son responsables por la transmisión sináptica preferencial de ciertos patrones de estímulos. T.A. RIBOT, psicólogo francés, considerado como uno de los pioneros de este enfoque, consideró que "el paso de corrientes nerviosas reorganizaba la estructura molecular de la célula, y que la repetición de la misma corriente neural impedía que la molécula volviera a su estado original, lo cual explicaba el trazo permanente de la memoria"<sup>8</sup>.

A continuación se explicarán algunas de las teorías más conocidas enmarcadas en cada uno de los enfoques presentados anteriormente.

## 1. TEORIA DE LA NEUROBIOTAXIS

Fue propuesta por KAPPERS en 1917 y ampliada por CHILD en 1921 - 1924. Afirma que la relación anatómica entre las neuronas se halla determinada por las corrientes eléctricas que emanan de los elementos neurales activos. Según KAPPERS, las neuronas están eléctricamente polarizadas y generan cambios magnéticos que influyen en la dirección del crecimiento de los axones y procesos dentrífticos e inducen a la mi-

gración de las neuronas en la dirección de la fuerza eléctrica; se basó en experimentos que indicaban que el movimiento y crecimiento de los tejidos podían afectarse por fuertes corrientes externas; estas corrientes podían hacer que se alargaran las dendritas hacia el centro de la estimulación. CHILD, propuso que existían gradientes de atracción como resultado de la atracción metabólica que se realizaba durante el período inicial de desarrollo de la neurona durante la excitación.

En 1931, el psicólogo Norteamericano E.B. HOLT, propuso una teoría basada en la Neurobiotaxis, pero se aparta de ella al afirmar que el aprendizaje no es meramente la extensión del proceso que estaba activado durante el período de desarrollo embriológico, sino que el desarrollo inicial del S.N. está compuesto inicialmente de una serie de neuronas individuales que unidas al azar forman redes nerviosas y gracias al aprendizaje forman conexiones específicas: Por tanto el S.N. tendrá tendencias innatas. Las conexiones reflejas son una serie de asociaciones que se forman con base en la teoría de la Neurobiotaxis; éstas pueden ser innatas en unos pocos casos, y aprendidas en la mayoría. Esta hipótesis ha tenido gran influencia en la psicología del siglo XX y en investigadores como Donal O. Hebb.

## 2. TEORIA DE KARL S. LASLHEY

Uno de los problemas clásicos de la Psicología fisiológica es el estudio de la naturaleza y localización del ENGRAMA, aspecto estudiado ampliamente por Laslhey, quien terminó las brillantes pesquisas de toda su vida con la sugerencia algo irónica de que el aprendizaje es imposible. Al analizar la evidencia relacionada con la localización del trazo de la memoria, consideró a veces necesaria la conclusión de que "el aprendizaje es apenas imposible" (Karl S. Laslhey, 1950. p. 477 - 478) <sup>9</sup>.

Karl Laslhey (1890 - 1958) al principio fue un entusiasta conductista, discípulo de Watson. Se doctoró en Filosofía y Psicología en la Universidad de Hopkins; sin embargo, al desarrollar su carrera se trasladó a la teoría de la Gestalt o del Campo. En 1942 fue director del Laboratorio Yerkes

de biología de los primates y sus primeras investigaciones las realizó con H.S. Jennings y Watson.

Su principal interés fue el problema de la función cerebral en relación con la conducta; se le conoce por su trabajo sobre la extirpación cerebral en ratas, que demostró los límites de localización de funciones. Fue así como se preocupó por el estudio y localización del ENGRAMA, considerado como el estudio de procesos y cambios físicos que se operan en el cerebro y forman la base del aprendizaje. Propuso que el aprendizaje consistía en el establecimiento de una serie de nuevas vías de reflejos específicos desde el estímulo hasta la respuesta las cuales constituyen los ENGRAMAS <sup>10</sup>.

Utilizó ratas blancas como sujetos experimentales; primero les enseñó a encontrar un camino a través de laberintos complejos y de diferente nivel de dificultad y luego les extirpó quirúrgicamente partes de la corteza cerebral; las lesiones variaban en cuanto a localización y tamaño. Luego las volvió a entrenar en el laberinto y descubrió: -Los animales con lesiones grandes podían desempeñarse relativamente bien en laberintos más fáciles, pero eran virtualmente incapaces de aprender el más difícil.- La localización de la lesión en la corteza cerebral no causaba diferencia alguna. Estos resultados lo llevaron a formular sus dos principios: <sup>11</sup>

- a. Acción de Masa: Para ciertas funciones intelectuales generales como por ejemplo, el aprendizaje de laberintos, el determinante principal de la eficiencia es la totalidad de la corteza cerebral intacta (Es decisiva la cantidad de corteza que se elimine).
- b. Principio de la Equipotencialidad: Enuncia que dentro de ciertos límites un área de la corteza cerebral es tan importante como cualquier otra en la determinación de la eficiencia intelectual general (Todas las áreas de la corteza son igualmente importantes).

Ha habido gran cantidad de estudios en los cuales se ha lesionado parte del cerebro en un intento por localizar las estructuras cerebrales críticas, para determinar las tareas aprendidas, pero aunque

dan información de las funciones posibles de las áreas lesionadas, no han localizado físicamente el lugar del engrama. Un trabajo desarrollado por Robert Thompson (1973), acerca de los efectos que causan las lesiones cerebrales en la discriminación de patrones visuales de la rata, concluyó que la destrucción de la corteza visual impedía el aprendizaje relacionado, pero además de esto y más importante todavía, había otra área que parecía más crítica: la lesión a una región del cerebro que se encuentra en la región del mesencéfalo y el tálamo, en un área denominada NUCLEO POSTERIOR DEL TALAMO, pareció causar desajustes en las ratas; aunque el área no es visual, puede tener alguna incidencia en el aprendizaje visual.

IVAN P. PAVLOV consideró que la corteza cerebral era decisiva para la formación de reflejos condicionados por lo menos en los vertebrados superiores, pero otros investigadores han logrado condicionar gatos y perros decorticados a sonidos y luces (Bromly, 1948); aunque los aprendizajes que requieren la utilización de indicios sensoriales más complejos no se dá en ausencia de la corteza cerebral, se ha concluido entonces, que es un error considerar que la corteza no sea necesaria para el aprendizaje. Un humano decorticado es poco más que una máquina de reflejos, sin lenguaje, comprensión ni adaptación.

Queda sin embargo, la posibilidad de que los mecanismos fisicoquímicos básicos de la formación del ENGRAMA ocurran debajo del nivel de la corteza cerebral, aunque no se ha comprobado <sup>12</sup>.

### 3. TEORIA DE DONALD HEBB

Una de las figuras más importantes de la Neuropsicología contemporánea ha sido DONALD O. HEBB, y su teoría a sido considerada como la más completa de toda la Psicología en relación con aquello que ocurre en el organismo cuando se aprende.

Nació en 1904, obtuvo su doctorado en Psicología bajo la dirección de Laslhey; en su libro ORGANIZATION OF BEHAVIOR, presenta su teoría en la cual explica no solamente la

obtención de una respuesta ante un estímulo como lo hizo Watson, sino lo que sucede entre el estímulo y la respuesta; su teoría es mecanicista, conexionista, determinista y asociacionista.

HEBB postula los siguientes conceptos:

a. Conjunto o montaje celular: es una asociación de células que resulta de una estimulación particular frecuentemente repetida y que abarca células corticales y subcorticales; la estimulación repetida forma protuberancias sinápticas que actúan a manera de circuito cerrado y que serían la base neurológica del aprendizaje, concepto equivalente al engrama en la terminología de Laslhey.

b. Secuencia de Fase: Es una serie de conjuntos celulares que se activan en cierto orden secuencial y constituyen el proceso de pensamiento. Para explicarla, el autor da ejemplos tomados especialmente de la percepción: al mirar el ángulo de un triángulo se activan varios conjuntos celulares que forman una secuencia de fase y, en esta forma, se percibe el triángulo completo <sup>13</sup>. En lo relacionado con aprendizaje, la teoría de Hebb no utiliza el concepto de Neurobiotaxis de Kappers, pero si la idea de conexiones al azar entre células corticales las cuales serían la base de los CIRCUITOS REVERBERANTES. Los circuitos reverberantes según esta Teoría, actúan de la siguiente forma: Como las neuronas cerebrales están dispuestas en circuitos (conjuntos o montajes celulares), ciertos circuitos de neuronas responden sólo a estímulos específicos. La estimulación de una célula en la corteza sensorial pone en actividad un patrón de excitación; cuando se activa el circuito las neuronas se descargan en serie cerrando el círculo completo una y otra vez, durante un breve período cuando termina el estímulo; se explica así la memoria a corto plazo. El olvido ocurre cuando la reverberación decae después de un número variable de ciclos. Es importante tener en cuenta que el azar juega un papel en la determinación de la reverberación. El uso de una vía neural, según Hebb, resulta en facilitación sináptica temporal en forma tal, que el impulso cuando regresa a la neurona original encuentra menos resistencia o sea, un umbral más bajo. La facili-

tación se acumula y es así, como se establece un circuito reverberante o un conjunto celular <sup>14</sup>.

Por qué dejan de reverberar las células?. Para dar una explicación probable de este proceso de decadencia considérese la situación de una neurona del circuito (La Neurona A) cuando responde al número 20. Si se descarga o no la Neurona A., es algo que no depende solamente de la actividad de la neurona que le precede en el circuito, sino también de la actividad eléctrica de todas las otras neuronas con las que está interconectada. Si existen semejantes dispositivos de circuitos reverberantes en el cerebro, cada neurona probablemente, pertenece a miles de circuitos diferentes; cada circuito contiene quizá, grandes cantidades de neuronas, y las neuronas de cada circuito probablemente están conectadas en forma compleja. Por tanto, la actividad eléctrica de estas neuronas, podría ocasionar que la neurona A se descargue fuera de su serie y no se descargue en absoluto cuando es su turno, con lo cual termina la actividad electroquímica reverberante <sup>15</sup>.

Esta teoría ha inspirado otra serie de teorías como la de de ECCLES J. (1953, 1957, 1964), FESSARD (1954, 1961) y KONORSKY (1948, 1950, 1961, 1967). Este último concluye que los trazos de la memoria se almacenan en las áreas de asociación de la corteza o más específicamente, en las áreas de asociación que están más cerca del área de proyección primaria del estímulo condicionado en la situación de condicionamiento clásico. La memoria a corto plazo se basa en la actividad reverberante de las áreas de asociación; esta actividad estimula cambios anatómicos en las funciones sinápticas y constituyen la base del proceso de consolidación. Tanto para Hebb como para Konorsky, la memoria está centrada en las áreas corticales de asociación.

#### 4. HIPOTESIS DE LA CONSOLIDACION

A principios del siglo, MULLER y PILZECKER (1900), sugirieron la hipótesis de la consolidación que consideraba que "existe un trazo de la memoria de corto plazo que llega a consolidarse en la memoria permanente."<sup>16</sup>

Hebb y Gerard (1949) en forma independiente conceptuaron que "la memoria a corto plazo era un proceso activo, frágil y de corta duración que servía como evento inicial en el desarrollo de la memoria permanente, es decir, el aprendizaje muy reciente es extremadamente susceptible a la interferencia y pérdida, pero los hábitos viejos y bien aprendidos son casi invulnerables a la pérdida"<sup>17</sup>. En síntesis, la Hipótesis de Consolidación afirma que el aprendizaje ocurre en dos o más fases: La inicial, de memoria a corto plazo que se puede alterar fácilmente por un shock electroconvulsivo u otro trauma cerebral; sin embargo, si no es alterada se consolida como memoria a largo plazo que es relativamente inmune a la alteración.

Con base en estudios realizados, se ha considerado que "la actividad eléctrica a plazo relativamente corto, representa el almacenamiento inicial del trazo de la memoria. Según Hebb, el circuito reverberante sigue siendo activo hasta que ocurren los cambios anatómicos que son el fundamento de la memoria permanente"<sup>18</sup>.

Las pruebas clínicas han demostrado que si una persona recibe un golpe en la cabeza, olvida los acontecimientos que precedieron al choque en minutos, horas e incluso días; más adelante recupera la memoria primero de acontecimientos más lejanos, luego de los menos lejanos, pero lo sucedido exactamente antes del choque es posible que no lo recuerde nunca más. La Hipótesis de la Consolidación explica este hecho diciendo que los trazos de la memoria más antiguos están mejor consolidados; el golpe evitaría la consolidación del material reciente y elevaría el umbral de los recuerdos anteriores <sup>19</sup>.

#### 5. HIPOTESIS QUIMICA

A partir del momento en que se admite la existencia del engrama, el aprendizaje sea cual fuere el mecanismo estructural, físico o funcional, debe implicar cambios químicos en el cerebro. El problema consiste en identificar la naturaleza de los cambios químicos que son propios del aprendizaje ya que de hecho, la actividad neuronal implica cambios químicos.

Existen dos categorías generales de teorías químicas acerca del aprendizaje:

### 5.1 TEORIA DE LOS TRANSMISORES

Se basa en la existencia de la transmisión sináptica química en el cerebro de los mamíferos. Teniendo en cuenta que el aprendizaje debe involucrar cambios en las interacciones nerviosas, y puesto que éstos ocurren en la sinápsis, entonces el aprendizaje debe implicar cambios en la Transmisión Sináptica Química.

Las moléculas transmisoras están típicamente compuestas de dos a más moléculas inferiores: siendo inactivas tales moléculas no pueden hacer el papel de transmisores; el transmisor se forma en el cuerpo celular de una neurona generalmente de estas moléculas inferiores. A las enzimas que descomponen las moléculas se les da el nombre de la molécula, más un término que lleva el sufijo ASA. Como ejemplo específico, el transmisor denominado ACETILCOLINA (ACh) está compuesto de acetil y de colina. La enzima que los desdobla se llama acetilcolinesterasa (AChE). Cuando la AChE hace contacto con ACh se descompone inmediatamente en acetil y colina perdiendo su actividad como transmisor. La ACh es una sustancia transmisora sináptica excitatoria que se ha logrado caracterizar gracias a que es el transmisor en la unión neuro-muscular (sinápsis hechas por los nervios motores en las fibras musculares del esqueleto y en ciertas sinápsis autónomas periféricas) y de esta forma ha sido fácil sustraer una unión neuro muscular (junto con una parte del nervio y del músculo) y estudiar sus funciones *IN VITRO*. Se cree que es transmisor en ciertas regiones cerebrales como el hipotálamo y la corteza cerebral. La ACh se forma en los cuerpos celulares de las neuronas y es transportado por los axones hasta los terminales sinápticos (uniones neuromusculares). Cuando un potencial de acción llega a la unión, se libera la ACh, cruza la sinápsis y activa la fibra muscular. La enzima AChE que es la encargada de descomponer la ACh, la desintegra en acetil y colina los cuales entran de nuevo a la célula nerviosa para recomponer nuevamente la ACh.

Según estudios realizados por Rosenzweig y

asociados de la Universidad de Berkeley (1960) acerca de los efectos de la crianza de las ratas en ambientes ricos o pobres, parece que la crianza en un ambiente rico (mayor posibilidad de aprender) da como resultado un incremento en el nivel de ACh y del AChE en el cerebro. Los efectos del ambiente en el cerebro de las ratas constituyó una sorpresa total. Primero, las ratas ricas tenían cerebros de más tamaño y de mayor peso. Se observó así mismo, mayor espesor en su corteza cerebral; había igualmente diferencias químicas más sutiles. La AChE, abundaba más en el cerebro de las ratas ricas lo cual implica que había también mayor cantidad de transmisor ACh; además, los cerebros de las ratas ricas tenían mucho mayor cantidad de células gliales. Finalmente, según un estudio reciente de Globus y Rosenzweig, las células nerviosas de la corteza cerebral tenían más espinas dendríticas en las ratas ricas que en las pobres. Es de presumirse que tenían mayor cantidad de sinápsis. Estos estudios acerca de los efectos del ambiente en el desarrollo cerebral son importantes ya que nos puedan indicar que el crecimiento y complejidad del desarrollo del cerebro se impulsa en ambientes ricos y se retarda en ambientes pobres. Los resultados de tales experimentos han llevado a concluir que es probable que el incremento de AChE signifique aumento de ACh en las neuronas corticales. La ACh se halla presente tanto en las células nerviosas como en la sinápsis, pero se puede suponer que el aumento ocurre en la sinápsis donde la ACh es la sustancia transmisora es decir, "Existe una proporción óptima entre la ACh y la AChE que facilita el aprendizaje; entre más eficiente es la transmisión sináptica determinada por el nivel absoluto de ACh y por la relación entre ACh - AChE, mejor es la capacidad de aprender"<sup>20</sup>.

Estos hallazgos fueron confirmados por J. ANTHONY DEUTSCH de la Universidad de California (1973), quien entrenó ratas para lograr que corrieran de una rejilla de choque situada en un laberinto en forma de Y, a la iluminada para evitar el castigo. Luego se les inyectó dosis de D.F.P. (Diisopropil Fluorofato), droga que destruye la colinesterasa, a los 14 días del entrenamiento y 28 después de éste e inmediatamente se les volvió a entrenar. (Los animales del grupo control fueron inyectados con aceite de maní).

Los resultados fueron los siguientes: Los animales de control, inyectados a los 14 días presentaron buena retención, pero los inyectados a los 28 días presentaron retención pobre; los animales inyectados con la droga a los 14 días presentaron una retención escasa, pero los inyectados con droga a los 28 días presentaron buena retención. DEUTSCH concluyó que los recuerdos antiguos pueden facilitarse mediante la inyección de drogas que interfieren con la transmisión sináptica de la acetilcolina (ACh) a través de la inactivación parcial de la enzima desdobladora: la colinesterasa (AChE).

Los estudios de Acetilcolina (ACh) como posible transmisor sináptico en el aprendizaje y la memoria, son por lo general consistentes en cuanto a que la ACh, es sin lugar a dudas el transmisor sináptico del cerebro, específicamente el de la corteza cerebral; sin embargo, existen aún dudas acerca de qué sinápsis del cerebro utilizan la ACh como transmisor y por ende, qué cambios podrían ocurrir en el aprendizaje.

Otra sustancia conocida como transmisor sináptico es la NORADRENALINA o NOREPINEFRINA; es el transmisor de ciertas sinápsis autónomas periféricas y es así mismo liberada por las glándulas adrenales. Químicamente es un tipo de compuesto llamado amina. Otra de las aminas, la DOPAMINA y la SEROTOMINA son también transmisores sinápticos, aunque aún no se ha demostrado su relación con el aprendizaje, sino con los aspectos motivacionales y emocionales de la conducta.

## 5.2 TEORIA DE LA PROTEINAS Y DEL RNA.

La teoría de las proteínas parece razonable por basarse en el hecho de que ellas constituyen los bloques químicos básicos de la construcción de las neuronas. Sin embargo, existen problemas respecto de tales hipótesis, problemas que se plantearán después de que éstas se describan y expliquen.

Una hipótesis ampliamente aceptada dice que el Acido Ribonucleico (RNA), es la molécula que hace posible retener los recuerdos a largo plazo.

La información genética sobre cada organismo individual se almacena en moléculas de Acido Desoxirribonucleico (DNA); otra molécula de RNA transfiere la información del DNA a la células del cuerpo. Muchos científicos han razonado que si el RNA puede transferir información del DNA, probablemente sea capaz de almacenar recuerdos a largo plazo debido a que interviene en la Síntesis de Proteínas, que son las sustancias que regulan la actividad de la Neuron, controlan sus regímenes de reacción y sintetizan y separan sus transmisores; además, la estructura del RNA varía y al suceder esto produce diferentes proteínas; por consiguiente, el aprendizaje puede alterar la estructura de las moléculas del RNA, produciendo cambios en las proteínas de las neuronas, que originan modificaciones de las pautas de comunicación de las neuronas<sup>21</sup>. Entonces, el análisis de los posibles cambios en las proteínas, el RNA y otras sustancias químicas del Sistema Nervioso después del aprendizaje, puede constituir la base de éste.

La hipótesis del aprendizaje por medio del RNA, se ha apoyado en los trabajos del Biólogo Sueco HOLGUER HYDEN y EGYZI E. (1962), quienes utilizaron ratas en sus investigaciones. Se adiestraron ratas para que con la pata no preferida (normalmente la izquierda), tomaran alimento de un tubo angosto; cada rata se sometió a sesiones diarias de 25 minutos cada una, hasta que aprendió bien la tarea; al analizar sus cerebros se observó que el contenido del RNA de las células nerviosas del lado derecho, fue el 22% mayor que el del lado opuesto; es decir, el RNA de cada célula era mayor en peso y diferente en estructura en el lado del aprendizaje del cerebro, en comparación con el lado no adiestrado del mismo cerebro, o con el de las ratas sin adiestrar, o con el de la que sólo tenía dos días de adiestramiento.

En otro experimento Hyden adiestró ratas para caminar sobre una cuerda estirada con inclinación de 45 grados; al analizar los cerebros observó que se había presentado un cambio en la cantidad y composición del RNA en las células cerebrales y núcleos vestibulares, dedicados a la percepción de la gravedad y a la conservación del equilibrio.

Ambos estudios indican que el RNA parece intervenir en la clasificación y almacenaje de la experiencia. CAMERON (1958), fue el primero en advertir que el RNA parecía restaurar la memoria de pacientes ancianos.

Los estudios realizados por GLASSMAN y asociados, en la Universidad de California del Norte (1967), indicaron que al entrenar ratones se incrementó la producción ribonucleica de proteína en sus cerebros.

VICTOR SHASHOUA en Harvard (1970), entrenó peces dorados, colocándoles en la superficie ventral un flotador pequeño de espuma; el animal flotaba entonces de espaldas; pasado un tiempo el pez aprendía a nadar con el dorso para arriba a pesar de no portar el flotador. Las comparaciones del RNA y proteínas cerebrales entre peces entrenados y otros ajenos a todo entrenamiento revelan cambios operados en el RNA y la formación de ciertas proteínas nuevas como resultados de aprender a flotar.

DIGMAN y SPORN (1961), inyectaron a ratas un inhibidor del RNA (Azaguanina) y observaron menor aprendizaje en éstas que en las que no habían sido inyectadas; sin embargo, al repetir el experimento (DIGMAN y SPORN, 1963) no encontraron diferencia significativa entre los dos grupos.

BERNARD AGRANOFF (1965), con base en experimentos realizados con puromicina (inhibidor sintético de proteínas) observó que la inyección aplicada dentro de los 30 minutos siguientes al aprendizaje inicial causaba destrucción notable en la retención; la inyección aplicada antes del aprendizaje inicial no destruía el aprendizaje pero bloqueaba la retención<sup>22</sup>; con estos resultados concluyó que el aprendizaje a corto plazo no resultaba afectado por el bloqueo de la síntesis proteínica; sin embargo, la conversión del aprendizaje a corto plazo en retención a largo plazo resulta impedida al interferirse, la síntesis proteínica. Se ha considerado que estas conclusiones pueden ser dudosas, debido a que la Puromicina induce a una actividad paroxística prolongada; según esto, la interferencia podría deberse

a esta actividad cerebral anormal, más que a las acciones de la droga en la síntesis proteínica.

BARONDES y Asociados (1966, 1968, 1974) utilizaron el inhibidor Cicloheximida, sustancia que ejerce sobre la formación de proteínas una inhibición más poderosa que la Puromicina pero no induce a la actividad paroxística; los animales inyectados aprendían normalmente y recordaban hasta tres horas, pero presentaban deficiencias notables en una retención de tiempo mayor.

Un grupo de científicos trabajó con Ribonucleasa, enzima que destruye el RNA. La idea original partió de los hallazgos de FLEXNER (Pensilvania, 1968), quien también trabajó con Puromicina; (en este sentido, su efecto es opuesto al del RNA, cuya función es sintetizar proteínas). Al inyectar Puromicina en el cerebro de las ratas que habían aprendido un laberinto en Y, FLEXNER logró pérdida de memoria, directamente proporcional a la dosis de la droga. Al estudiar en detalle sus hallazgos observó que la Puromicina bloquea la síntesis de proteínas en el HIPOCAMPO y en los LOBULOS TEMPORALES del cerebro. Si se les inyecta una solución salina en la misma área cerebral (hipocampo) hasta 60 días después del bloqueo de la puromicina, reaparece la conducta supuestamente olvidada. Es como si con la solución salina se "curara" un estado cerebral anormal.

BERNARD AGRANOFF y asociados, encontraron a partir de sus experimentos, que el aprendizaje a corto plazo no resulta afectado por el bloqueo de la síntesis de proteínas. Sin embargo, la conversión de este aprendizaje en retención a largo plazo, resulta impedida al interferirse la Síntesis Proteínica.

Existen por otra parte, estudios que afirman que el RNA facilita más el aprendizaje de respuestas motoras simples que de discriminaciones complejas (Beaulieu, 1967).

Otro aspecto de las teorías químicas de memoria hace referencia a "La Transferencia de la Memoria" (posibilidad de que a un cerebro donador se le pueda extraer la memoria en forma de moléculas proteínicas e inyectárselas a otro para trasfe-

rirle cualquier cosa que él haya aprendido)<sup>23</sup>. Durante más de 10 años JAMES Mc.CONNELL y sus colegas (1962) de la Universidad de Michigan estudiaron el tema de la transferencia de RNA de un animal a otro. En sus estudios utilizaron Planarias, gusanos de agua dulce que tienen varias características:

- Si se cortan en varios pedazos, cada uno se desarrollará y transformará en animal completo (gemelo idéntico) en dos semanas.
- Ordinariamente no se estiran cuando son expuestos a la luz, pero sí, cuando se les somete a un choque eléctrico.

Por medio de condicionamiento respondiente, Mc.Connell enseñó a las planarias a estirarse ante la luz; se presentaba luz y poco después un leve choque eléctrico, hasta que quedaron condicionadas. Cortaron entonces las planarias condicionadas en dos pedazos, y después que cada mitad había regenerado una nueva cabeza o una nueva cola, la probaron para ver si recordaba la respuesta... ambas respondieron positivamente y necesitaron menos estímulo para responder. Aparentemente ocurrieron cambios químicos en todo el organismo como efecto del aprendizaje y en estos cambios se cree, intervino el RNA. Más adelante descubrieron que al suministrar planarias entrenadas pulverizadas a otros ejemplares no entrenados, estas últimas habían presentado la respuesta entrenada.

ZELMAN y sus colaboradores (1963), en lugar de hacer el mismo proceso, transfirieron simplemente RNA de las primeras a las segundas, y obtuvieron iguales resultados.

ALLEN JACOBSON, BABICH y otros (1965), encontraron resultados similares con ratas, pero al repetir el experimento los resultados no fueron significativos... COOK y otros (1963), encontraron que el aprendizaje en animales e inclusive en el hombre puede mejorarse administrando ácidos nucleicos, pero este efecto puede ser inespecífico.

Todos estos estudios y muchos otros, han dado como resultado cambios que se presentan en la cantidad de RNA, cantidad y clase de proteínas

y las respectivas alteraciones químicas en los tejidos nerviosos y cerebrales de los animales sujetos a procedimientos de aprendizaje, lo cual lleva a suponer la validez y la confiabilidad de tales hipótesis; sin embargo vale la pena aclarar que existen factores que plantean algunas dudas al respecto:

- Existe un número muy grande de proteínas que podrían estar implicadas en el aprendizaje y que aún son desconocidas.

- No es posible a veces, distinguir los cambios que se relacionan con el aprendizaje y los que se relacionan con la ejecución, la tensión y otras variables; de esta forma los cambios ocurridos por una u otra causa pueden confundirse.

- Las drogas que interfieren en la síntesis de RNA y las proteínas, hacen mucho más que interferir con el aprendizaje.

- Al repetirse algunos de los experimentos, los resultados han sido diferentes en algunos casos; es decir, una de las limitaciones es la dificultad para establecer las mismas condiciones a la vez que la confiabilidad de los resultados.

- Otro problema se relaciona con la renovación de proteínas en el cerebro; el promedio de vida aproximado de la mayoría de las proteínas del cerebro es de dos semanas; cualquier molécula proteínica dada no existe mucho más de un mes, lo que significa que en cada persona crece un cerebro nuevo cada mes en lo que a proteínas se refiere; si el aprendizaje implicara la formación de determinadas moléculas proteínicas únicas, los recuerdos persistirían tan sólo por un mes. Quiénes defienden esta teoría argumentan que las proteínas forman estructuras y procesos nuevos y que éstos no desaparecen; son las moléculas proteínicas individuales las que desaparecen.

- En cuanto a la transferencia de memoria, Rene Angelergues<sup>24</sup> hace el siguiente comentario: "¡Que perspectiva abierta a la inyección de memoria! y a las píldoras de memoria!. ¡Que ahorro de tiempo y de experiencia para el hombre!. ¡Que maravilloso ensueño para los

colegiales perezosos! El comercio de los cerebros bien instruidos, la venta en la farmacia del RNA extraído, el mercado negro, el homicidio, el robo de cerebros, los simios convertidos al fin en seres humanos!”.

## 6. ENFOQUE CLINICO-PSICOLOGICO

Parte este enfoque de la observación de las funciones mnésicas en pacientes con este tipo de trastornos.

Los estudios realizados en esta área tratan de buscar cuáles son los órganos funcionales de la memoria y cómo se modifica la estructura de los procesos mnésicos cuando queda excluido uno u otro eslabón funcional en caso de lesiones orgánicas del cerebro. Este tipo de estudio de perturbaciones de la memoria y su vinculación con la localización de un proceso patológico se viene realizando durante los últimos años en forma intensiva especialmente con investigadores como LURIA, KIASCHENCO, KLIMKOVSKI, POPOVA y otros.

Este enfoque permite observar con claridad y en toda su complejidad la estructura interna de la función mnésica y sus nexos interfuncionales; así mismo, aislar los factores en los que se basan las alteraciones de la memoria que surgen para determinada localización de una lesión cerebral. “La memoria del hombre constituye, por una parte, una actividad compleja cuyo resultado está determinado por factores tales como la motivación, la formación y retención de un propósito, la elección de un plan adecuado y del conjunto de las operaciones necesarias para realizarlo. Por otra parte, estos factores de orden superior o secundario exigen como premisa necesaria que se conserve la función de formación de huellas en calidad de capacidad biológica primaria del cerebro para recibir y fijar las impresiones corrientes. Los defectos de la memoria pueden estar ligados a modificaciones en la estructura de factores tanto de primer orden como de segundo orden”<sup>25</sup>.

El estudio de alteraciones de la memoria con base en lesiones locales del cerebro, (a partir de los cuales se ha tratado de inferir ciertas locali-

zaciones cerebrales del aprendizaje), permite juzgar cuál es el aporte de una estructura morfológica dada en el curso de los procesos mnésicos; pero es necesario distinguir dos tipos de modalidades:

- a. Alteraciones de las modalidades específicas, que están vinculadas con la memorización de un material dirigido a un determinado analizador y se producen cuando hay lesiones focales de las zonas corticales del hemisferio izquierdo.

Se ha encontrado que la característica de este tipo de alteraciones es que están limitadas a una sola modalidad sensorial; Ejemplo, a la modalidad visual, auditiva, espacial. Según KIASCHENKO, 1974, “la lesión de la región occipital del cerebro está ligada con la percepción de estímulos visuales y los defectos de la memoria se manifiestan solamente en la esfera visual”. Según GORSKAIA, 1970 y FAM MIN JAK, 1971, en lesiones de la región parieto-occipital izquierda pueden darse defectos vinculados estrechamente con un déficit del análisis y la síntesis espaciales”. KLIMKOVSKI 1966, POPOVA 1972, MILNER 1968, han descrito las perturbaciones de memoria audioverbal cuando la localización del foco está en la Región Temporal Izquierda.<sup>26</sup>

Estudios realizados sobre la exploración de las modalidades específicas (sensorial, espacial, auditiva, visual), permitió a varios autores plantear la siguiente Hipótesis: “Cuando hay alteración de la labor normal de las zonas corticales de los analizadores, se produce debilidad del eslabón gnóstico en el complejo proceso de reelaboración y conservación de la información”. (Norman 1971)<sup>27</sup>. Así mismo, se ha comprobado la disminución de la memoria visual cuando hay lesión de los sistemas temporales del hemisferio izquierdo (Kiaschenco, 1974).

Con base en el papel de los sistemas temporales de los hemisferios izquierdo y derecho en los procesos de memoria, se estableció la hipótesis que supone que la lesión del lóbulo temporal del hemisferio izquierdo afecta la memorización de estímulos ligados de uno u otro modo con el lenguaje (memoria verbal) en tanto que, cuando se produce una lesión de la región temporal

derecha, desaparece la memoria no verbal (Milner, 1968).

Investigaciones posteriores<sup>28</sup> mostraron que el hemisferio izquierdo asegura la organización voluntaria no sólo de las funciones del lenguaje, sino también de las motrices y de las mnésicas; las lesiones del hemisferio derecho alteran las formas no verbales, inmediatas e involuntarias de la percepción y de la conciencia. Esta idea sobre el trabajo en pareja de los hemisferios, como un sistema único, jerárquicamente organizado, hace que sea factible la suposición de que el hemisferio derecho, lo mismo que el izquierdo, participa en todas las formas de actividad psíquica. Partiendo de estas nociones es natural esperar que, cuando existe una lesión del hemisferio derecho, se vean afectadas tanto las funciones mnésico-verbales como los procesos de memorización inmediata e involuntaria, a la vez que las formas más complejas de memorización voluntaria.

b. Alteraciones de las Modalidades Inespecíficas o Generales. Se caracterizan por perturbaciones de la conciencia y se han vinculado con lesiones inespecíficas de las estructuras del cerebro incluidas en el Sistema Límbico.

Con base en la observación de enfermos que presentan perturbaciones de la memoria, se detectó que "los principales órganos de la memoria ocupan la parte media e inferior del cerebro: Diencefalo y Mesencefalo. A partir de estudios se ha reconstruido el Camino Real de la memoria el cual parece estar constituido por haces de fibras nerviosas que van desde la parte interna de los lóbulos temporales al cerebro medio, alcanzando allí dos pequeñas protuberancias situadas en la cara inferior del cerebro, en el lugar donde se encuentra el Bulbo Cefalorraquídeo, a las que se da el nombre de Tubérculos Mamilares (parte posterior del Hipotálamo), desde allí se llega por medio de un haz llamado fascículo de Vicq d' Azyr, a la parte anterior de un voluminoso núcleo del Diencefalo (el Tálamo o Capa Optica) terminando probablemente en la cara interna del hemisferio<sup>29</sup>. Parece que en particular los tubérculos mamilares, que son formaciones retransmisoras de la circunvolución del hipocampo, tiene gran importancia, pues una lesión de los mismos

puede desorganizar profundamente la memoria; la lesión (tumor) de la región hipotalámica - diencefálica, altera en una u otra medida las diversas funciones reguladoras complejas del cerebro.

Es necesario tener en cuenta que los resultados de este tipo de investigaciones pueden verse afectados por la variable Lenguaje, ya que al explorar en los pacientes los trastornos, se hace casi necesaria su utilización; las perturbaciones de las modalidades específicas de la memoria, primero, suelen no manifestarse, ocultándose tras la conservación de sistemas verbales, y segundo, las perturbaciones verbales pueden influir negativamente en las otras formas específicas de memorización.

## 7. HIPOTESIS DE LA ESTABILIZACION SELECTIVA

JEAN-PIERRE CHANGEUX, junto con DANCHIN, A. (1974), en su obra "Apprendre par Stabilisation Sélective de Synapses en cours de développement", exponen su teoría en los siguientes términos:<sup>30</sup>

1. "Los organismos cuya programación de contactos nerviosos es estricta y rígida son incapaces de aprender. La posibilidad de aprender va asociada a la introducción de una variabilidad limitada en la organización Sináptica.
2. Esta propiedad está en especial bien desarrollada durante el crecimiento, pero persiste parcialmente en el adulto.. los contactos múltiples que se establecen son lábiles\* si no se estabilizan por efecto de una actividad eléctrica ulterior.
3. Las nuevas propiedades asociativas generadas por la adquisición de informaciones se producen por la elección de determinados trayectos nerviosos específicos de entre un gran número de combinaciones lábiles de sinápsis. El funcionamiento, es decir, la transmisión y la propagación de los influjos, estabiliza las

\* Lábiles: Que están en proceso de formación.

combinaciones de las conexiones nerviosas de entre las que circula el flujo apropiado...

4. Un aumento considerable del número de combinaciones viables para una estabilización selectiva se deriva de la proliferación de las terminaciones nerviosas durante el período de aprendizaje y de los efectos secuenciales observados en el desarrollo de dichas terminaciones.

El mismo Changeux<sup>31</sup>, plantea "que la estructuración cerebral prosigue después del nacimiento: ese período de maduración pos-natal es, en realidad, una regla de los vertebrados más evolucionados, en los mamíferos y en el hombre. El cerebro en el hombre aumenta 2.9 veces después del nacimiento y se prolonga hasta fases muy tardías. Durante este período de maduración se producen importantes cambios estructurales.

Así mismo, en relación con el aprendizaje plantean los mismos investigadores: "Aprendizaje... se trata, por definición, de la adquisición de una propiedad asociativa que no parece innata y presenta todas las apariencias de un efecto instructivo del entorno... Uno de los elementos más sorprendentes del proceso de adquisición y de la acumulación de información que lleva a cabo el Sistema Nervioso Central es la existencia de límites: límites en los que puede aprenderse, en la rapidez de la adquisición y en la duración del almacenaje que son productos de la organización y de las propiedades funcionales características de las diversas especies; está claro que se hallan sujetas a un determinismo genético.. pero también es algo particularmente notable que la adquisición de conocimientos vaya asociada al crecimiento o, mejor dicho, a un período crítico del crecimiento... cuanto más prolongada es la maduración pos-natal, más complejo y evolucionado es el comportamiento adulto. La maduración post-natal en el hombre ocupa un quinto o un cuarto de su vida; durante ese período es enorme el desarrollo de las arborizaciones dendríticas de las neuronas corticales, se adquieren las funciones fundamentales: Comportamiento motriz coordinado, estrategias cognoscitivas, lenguaje etc. El aumento de peso del cerebro humano es superior a 200 grs. durante el período crítico de la adquisición lingüística. Esta prolon-

gada maduración post-natal posibilita el desarrollo de las estructuras cerebrales modulado por la interacción del mundo exterior. En los adultos, la capacidad de aprender es algo más reducida, pero es evidente que persiste... en el cerebro adulto se observa todavía un movimiento limitado, pero característico, en la organización sináptica y naturalmente es tentadora la idea de relacionar dicho movimiento con la posibilidad de aprendizaje.

El acto de aprender, según Changeux, no requiere necesariamente la adquisición de nuevas especificidades moleculares; por el contrario, la aptitud de las terminaciones nerviosas de futuro desarrollo, identificable por una mayor o menor precisión en su punto de llegada, es un proceso de desarrollo embrionario de programación genética. El acto de aprender sería, en cierta medida, como una "restricción" de las potencialidades que ofrece el programa genético.

Con base en los estudios de Rosenzweig, sobre la crianza de las ratas en un ambiente enriquecido, y de Shapiro y Vukovitch, estudios concluyentes en relación con un incremento del número de ramificaciones dendríticas en ciertas neuronas en ambientes "enriquecidos", Changeux considera que aún no se sabe si los adultos resultantes de este tratamiento presenten mayor número de conexiones que los animales del grupo testigo; sin embargo, está claro, que durante el período de maduración post-natal, la diferenciación de las estructuras corticales está sujeta a un control efectivo por parte del entorno físico de la cría, y es muy posible que la capacidad de ciertas neuronas para establecer conexiones con otras, para mantenerlas, e incluso para incrementarlas, esté directamente vinculada a su actividad eléctrica y a las señales que reciben y emiten. Una de las principales características de la fase de maduración post-natal, es la extrema sensibilidad de la organización de la corteza cerebral a las condiciones del medio ambiente, físico, social e incluso cultural, en que se cría el organismo. Desde luego lo que parece perfectamente característico de los vertebrados superiores es la propiedad de eludir el determinismo genético absoluto que lleva a los comportamientos estereotipados descritos por Konrad Lorenz; la propiedad de poseer al nacer ciertas estructuras cerebrales no

determinadas, que, ulteriormente, adquieren especificidad mediante un contacto, la mayoría de las veces impuesto y a veces fortuito con el entorno físico, social y cultural.

Con base en estas ideas fundamentales, la hipótesis de la Estabilización Selectiva es interpretada por el propio Changeux de la siguiente manera<sup>32</sup>:

“Efectivamente existe proliferación de terminaciones nerviosas; aunque no todas las sinápsis se mantienen, sino que existe una regresión la cual es constructiva; de ahí se desprende esta idea esquemática: Aprender es eliminar. Según la hipótesis, el sistema está determinado para producir un exceso de conexiones, y es la interacción con el entorno o incluso la actividad espontánea autónoma del embrión, lo que contribuye a la elección, a la estabilidad de un número concretos de esos contactos. Durante la construcción del sistema existen etapas de superproducción y de regresividad en cuanto al número de células; por ejemplo, en la médula espinal hay una disminución del 40% de la cantidad de células nerviosas formadas anteriormente; en el cerebro al nacer, hay 3 a 4 veces más que en el adulto... pero este descenso es indispensable, pues si esa multiplicidad de enlaces se mantiene el sistema irá a funcionar mal. Esta regresión indispensable corresponde al establecimiento de las redes finales con sus especificidades, porque las células son multinervadas y polifuncionales. De esta regresión activa se sigue la especificación de las conexiones, y, por consiguiente, la implantación de un orden superior al existente en el momento en que había un máximo de aquellas; de este modo entre el momento en que hay un máximo de conexiones y el estado adulto, se produce un crecimiento de orden en los sistemas, pero igualmente una disminución a nivel numérico. En relación con la actividad, se considera que el crecimiento en sí, la exuberancia sináptica, es en gran medida independiente de ella, pero es la regresión, la estabilización selectiva subsiguiente la que estaría regulada por la actividad; si esta última no se da y se deja totalmente inactivo el sistema entra en regresión irreversible y no se desarrollará normalmente. Tiene que producirse una interacción en el momento adecuado; no es cualquier tipo de ac-

tividad la que induce a la estabilización óptima del sistema: es una actividad precisa en el momento justo; el sistema no admite sobrecarga”.

#### A MANERA DE CONCLUSION:

El estudio de algunos de los diversos enfoques que explican el aprendizaje ayuda a entender que hasta el momento no se ha llegado a una conclusión definitiva al respecto, sino que son aproximaciones, todas ellas, que muestran los intentos organizados de la Psicología, la Biología, la Fisiología, la Neurología y otras disciplinas científicas, por investigar sobre un tipo de conducta que tal vez sea el más frecuente, puesto que inclusive antes del nacimiento y hasta la muerte, el organismo no deja de aprender.

Todas estas interpretaciones tienen sus limitaciones y por ello no es posible asegurar que las unas o las otras sean las verdaderas; sin embargo, se puede afirmar que el aprendizaje se da gracias a cambios que ocurren en el organismo cualquiera que sean las causas que los producen.

Todas estas explicaciones coinciden en resaltar la importancia del Medio Ambiente para la facilitación de los procesos Neurofisiológicos, ya que en la medida en que el organismo esté expuesto a estímulos adecuados, se incrementarán dichos procesos; de ahí la necesidad de que el docente procure una situación de Aprendizaje Óptima.

#### NOTAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARDILA, Ruben. Manual de Psicología Fisiológica, México, Trillas, 1973, p.243.
2. IBID. p.144.
3. DAVIDOFF, Linda. Introducción a la Psicología, Bogotá, Mc.Graw-Hill, 1982 p. 117.
4. ARDILA. Rubén. Op cit. p. 245
5. IBID. p.245
6. IBID. p.246

7. IBID, p.246
8. IBID, p.245
9. THOMPSON, Richard F. *Introducción a la Psicología Fisiológica*, México, Harla, 1981. p.487
10. IBID, p.508-509
11. MARX, Meivin Hy HILLIX, William. *Sistemas y Teorías Psicológicas Contemporáneas*, Buenos Aires, Paidós, 1969. p.319.
12. THOMPSON R. Op cit. p.514-515.
13. ARDILA, Ruben. Op cit. pág.249.
14. IBID, pág.249.
15. DAVIDOFF, Linda. Op cit, pág 122-123
16. THOMPSON, Richard. Op cit. pág. 534
17. IBID, pág.534
18. Ardila, Ruben. Op cit. pág.249
19. ARDILA, Ruben. *Psicología del Aprendizaje*, VI edición, México, Siglo Veintiuno Editores, 1974, pág.172.
20. IBID, Pág 177
21. DAVIDOFF, Linda. Op cit. Pág.123.
22. THOMPSON, R. Op cit. pág. 555
23. IBID, pág.550
24. ANGELERGUES, René. *El Cerebro y sus incógnitas*, Barcelona, Bruguera, 1972. pág. 77.
25. LURIA, A.R. *Dir. Cerebro y Memoria*. Buenos Aires, Ciencias del Hombre, 1976. pág. 7-8.
26. KIASCHENKO, N.K. MOSKOVICHUTE, L.I. y FALLER, T.O., *Formas y factores de las alteraciones de la memoria en lesiones locales del cerebro*, In: *Investigaciones Neurofisiológicas*, Fascículo No. 8, Moscú, Universidad de Moscú, 1975, pág. 9-10.
27. IBID, Pág. 10
28. LURIA, Op cit. pág. 91
29. ANGELERGUES, René. Op cit. pág.75
30. CHANGEUX, J.P. y DANCHIN A. *Apprendre par stabilisation sélective de Synapses en cours de Développement*. En *la Cerveau Humain*, Paris, Du Seuil, 1974. p.76.
31. CHANGEUX, J.P. *L'inne et l'acquis la Structure ducerveau*, en *la Recherche en Neurobiologie*, Paris, du Seuil, 1977. pág. 355.
32. COHEN, Rachel. *En defensa del aprendizaje precoz. Estrategias educativas para aprovechar las potencialidades humanas*, Barcelona, Planeta, 1982, p.41-42.