



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

***PROPUESTA EXPERIMENTAL SOBRE LA  
CONSOLIDACIÓN DE INFORMACIÓN VERBAL EN LA  
MEMORIA A LARGO PLAZO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE  
CODIFICACIÓN***

**T E S I N A  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA  
P R E S E N T A:  
JESÚS ALEJANDRO ARREOLA PRADO**

**DIRECTORA DE LA TESINA: DRA. ALEJANDRA  
EVELYN RUIZ CONTRERAS**



FACULTAD  
DE PSICOLOGÍA

México, D.F.

Marzo 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

A Dios por el milagro de la vida que me ha dado y por las personas que ha puesto en mi camino.

A mi alma máter la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad que me brindó de desarrollar mis conocimientos y habilidades.

A la Facultad de Psicología de la UNAM y a todos los maestros y compañeros que fueron guía y compañía durante mi formación.

A la División de Educación Continua por el apoyo y la confianza que me brindaron para poder concluir este capítulo de mi vida.

A mi directora de tesis, la doctora Alejandra Ruiz quien compartió conmigo sus conocimientos y ejerció conmigo la virtud de la paciencia.

A mis sinodales: Concepción, Irma, Dolores y Álvaro, por sus valiosas aportaciones a ésta Tesina.

## Dedicatorias

A mis padres por haber colaborado con Dios para hacerme realidad, especialmente a mi madre cuya tenacidad me impulsó a concluir éste trabajo.

A mis hermanas: Leticia, Norma y Lulú, por que siempre nos sabemos cerca.

A Cindy por el amor y la compañía que me regala incondicionalmente

A Jael, Raquel, Sofía, Samuel y Santiago, que llenan mi vida de sentido y alegría.

A mi tía Margarita quien siempre me animó a sacar este proyecto adelante.

A toda mi familia materna y paterna, porque siempre han estado presentes en mi vida.

## ÍNDICE

<b>1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL ESTUDIO DE LA MEMORIA Y EL APRENDIZAJE</b> .....	<b>9</b>
1.1. Memorias codificadas como moléculas específicas.....	13
1.2. Memoria como un almacén.....	15
1.3. Memoria como un conmutador.....	18
1.4. Memoria como un evento celular, sináptico o molecular.....	21
1.5. Memoria como una propiedad fundamental del Cerebro.....	23
<b>2. APRENDIZAJE</b> .....	<b>24</b>
2.1. Condicionamiento Clásico.....	27
2.2. Condicionamiento Operante.....	28
2.3. Formas de Adquisición de la Información.....	29
<b>3. MEMORIA</b> .....	<b>31</b>
3.1. Memoria sensorial.....	32
3.2. Memoria a corto plazo.....	37
3.3. Memoria a largo plazo.....	47
<b>4. CONSOLIDACIÓN Y OLVIDO</b> .....	<b>61</b>
4.1. ¿Dos extremos de un continuo?.....	62
4.2. ¿Olvidamos o no somos capaces de recordar?.....	69
4.3. La consolidación desde la perspectiva de las Neurociencias.....	84
<b>5. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO</b> .....	<b>99</b>
<b>6. PROPUESTA EXPERIMENTAL</b> .....	<b>104</b>
6.1. Hipótesis.....	104
6.2. Diseño.....	105
<b>7. MÉTODO</b> .....	<b>106</b>
7.1. Sujetos.....	106
7.2. Estímulos.....	107
7.3. Variables.....	107
7.4. Procedimiento.....	108
7.5. Análisis de datos.....	110
<b>8. Conclusiones</b> .....	<b>111</b>

Resumen:

La presente tesina tiene por objeto plantear un diseño experimental que responda a nuestra pregunta de investigación: ¿Existe una diferencia significativa en la consolidación de información verbal en la memoria a largo plazo, en función del uso de diferentes modalidades de adquisición: la implícita y la explícita? La implícita supone un proceso en el cual el sujeto no es consciente de él mismo y de los resultados, mientras que en la explícita el sujeto tiene conciencia del proceso y de los resultados que se esperan.

Para lograr lo anterior se hace una revisión general de las etapas y las aproximaciones por las cuales ha pasado el estudio de la memoria (Eichenbaum y Cohen, 2001; Neath y Surprenant, 2003), hasta llegar a los planteamientos actuales que en el terreno de las neurociencias dan cuenta del funcionamiento de la memoria. Se revisa el aprendizaje como producto del apareamiento de estímulos y respuestas, específicamente dentro del condicionamiento clásica y el operante. Así como de las formas de adquisición de la información implícita y explícita y sus consecuencias en la tasa de almacenamiento de la memoria a largo plazo (Salamon, 2002). Finalmente y anterior al planteamiento experimental, se revisan las diferentes modalidades de memoria y los temas de consolidación y olvido por estar estrechamente vinculados con la propuesta experimental.

El enfoque principal de la revisión de los temas está hecho desde la perspectiva de las neurociencias, con lo cual el experimento propuesto nos permitirá inferir mediante evidencia conductual, si los tiempos de consolidación asociados a la memoria a largo plazo son similares a los encontrados en el estudio de los cambios morfológicos que sufren las espinas dendríticas al ser estimuladas eléctricamente (Toni, Buchs, Nikonenko, Bron y Muller, 1999).

El planteamiento más que estar orientado a la aportación de nuevas luces sobre el funcionamiento de la memoria a largo plazo, familiarizará a los lectores con terminología básica sobre memoria y aprendizaje. Además de proponer un diseño experimental cuyos resultados pueden tener aplicaciones prácticas en el terreno de la educación.

## INTRODUCCIÓN

En mis años de estudiante, siempre sentí un especial interés por los procesos cognitivos, como la memoria y el aprendizaje, las teorías sobre el lugar donde reside la memoria, estaban enfocadas a una visión holográfica de la misma, aunque ofrecían una explicación muy reducida de esta visión. Veinte años después regreso a los libros para concluir mi asignatura pendiente, mi titulación, para poder cerrar este ciclo de mi vida y dar paso a otros que se han quedado esperando.

Este regreso me sorprendió gratamente, al descubrir como han contribuido las neurociencias a develar los mecanismos que subyacen a la memoria. De manera particular a todos los procesos bioquímicos asociados con la memoria, como es el relevante papel que juega la formación de proteínas, o los cambios funcionales y estructurales que experimentan las sinapsis durante los procesos de codificación, almacenamiento y recuperación de la información que llega a nuestra memoria, en sus diferentes modalidades. Aún falta mucho camino por recorrer, pues sólo estamos atisbando por la hendidura de la cerradura, sin embargo, los nuevos hitos que han surgido en la investigación sobre la memoria, nos plantean nuevos desafíos y nuevas esperanzas, de un futuro cada vez más cercano, en el cual se pueda intervenir de manera más eficaz en el tratamiento y rehabilitación, de trastornos o déficits relacionados con la memoria.

Una de las tareas más importantes de la Psicología es la de ir encontrando los correlatos conductuales y la aplicación de aportaciones que otras disciplinas están haciendo al campo de la memoria. De manera particular los psicólogos debemos ser capaces de validar y encontrar la correspondencia entre los hallazgos experimentales dentro de ambientes controlados, y las situaciones que nos plantea la cotidianidad de la vida.

Esta tesina parte de una revisión sobre los paradigmas históricos que según Eichenbaum y Cohen (2001) han influido en el estudio de la memoria, de tal forma que nos permita entender cómo es que hemos llegado a las visiones y

aproximaciones actuales, así como la comprensión de las improntas que las diversas aproximaciones al estudio de la memoria han dejado en el conocimiento científico.

A continuación viene definición del aprendizaje desde la perspectiva del condicionamiento clásico y el operante, y las formas en que adquirimos información de manera implícita y explícita. Todo este marco contextual da la pauta para hacer una revisión de los principales tipos de memoria, y finalizar con el proceso más importante de la memoria a largo plazo: la consolidación de la información.

El capítulo final de la tesina está dedicado al planteamiento de una propuesta experimental que nos ayude a entender cómo se dan los procesos de consolidación de la información dentro de la memoria a largo plazo.

# 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL ESTUDIO DE LA MEMORIA Y EL APRENDIZAJE

Hablar sobre memoria ha sido un tema que tradicionalmente ha inquietado a la humanidad, no sólo porque constituye una de las capacidades más asombrosas de los seres vivos, sino que también está implícita en prácticamente todas las funciones que realiza el cerebro. Esta inquietud ha estado dirigida principalmente a dos cuestiones: dónde reside la memoria y cómo funciona, es decir de qué forma el cerebro codifica la información que posteriormente se almacenará y recuperará. Sin duda, estas dos cuestiones han alimentado las preguntas de escritores, filósofos e investigadores desde la antigüedad, hasta el día de hoy, de tal forma que la memoria hasta nuestros días sigue siendo uno de los temas más fascinantes. Por supuesto que mucho se ha aclarado y profundizado con los avances de las últimas décadas en las investigaciones de las neurociencias, pasando del énfasis en la visión estructuralista al énfasis en una visión funcionalista, y de una aproximación a través de las estructuras cerebrales a una aproximación basada en los cambios celulares y los mecanismos a nivel molecular (Milner, Squire y Kandel, 1998). Sin embargo, aún quedan muchas preguntas por responder.

Es indudable que cada día que pasa, autores e investigadores ocupados del estudio de la memoria, la perciben como un componente intrínseco de todas las funciones del cerebro; es muy probable que no sea posible aislar a la memoria como tal, de tal forma que los nuevos enfoques y modelos sobre la memoria tienen una visión sistémico-funcional. Para poder explicar mejor esto deberíamos imaginarnos el proceso del aprendizaje; sería imposible que éste

se diera si no interviniera la memoria, de tal forma que si consideramos a la memoria como la capacidad de almacenar información y recuperarla para poder ser utilizada cuando se requiera, y al aprendizaje como el proceso para propiciar un cambio estable en el repertorio conductual, sería imposible establecer un aprendizaje sin establecer una memoria y viceversa (Kalat, Maki y Maki, 2001).

Aunque la organización de la memoria ha sido un reto no sólo para los científicos, durante las últimas décadas ha existido un notable avance en la generación de nuevos conocimientos sobre el tema, y no pocos de estos resultados han resultado controversiales. Gracias a la neurociencia moderna ha sido posible lograr una imagen más definida de la memoria, con la cual se ha revolucionado no sólo la forma como hemos concebido la organización de la memoria, sino de todos los procesos que lleva a cabo el cerebro.

Estas nuevas visiones, de acuerdo a la experiencia de Eichenbaum y Cohen (2001), surgen de dos postulados básicos: (1) La memoria es un componente básico del cerebro y el almacenamiento de la información está íntimamente ligado a las labores de procesamiento de información que tienen lugar en las estructuras cerebrales. (2) La memoria se manifiesta en diferentes formas a través de modalidades (sistemas de memoria) y funcionalidades diversas en las cuales están involucrados sistemas cerebrales anatómica y funcionalmente diferentes.

Para llegar a estas conclusiones los autores hacen una breve revisión de los paradigmas o metáforas que han estado presentes en las diversas épocas del estudio de la memoria. Las metáforas que se han elaborado sobre la memoria han marcado en gran parte los modelos que sobre su estructura y funcionamiento se han planteado, y con ello, las concepciones y metodologías que para el estudio de la misma se han utilizado. Es evidente que de acuerdo a la forma en la cual imaginemos la estructura y el funcionamiento de la memoria, determinaremos el modelo o teoría que desarrollemos acerca de la misma.

Desde el punto de vista de Eichenbaum y Cohen (2001), la pregunta básica debiera ser si existe una cualidad o característica que diferencie a la memoria de otros procesos cognoscitivos, la cual nos permita identificarla plenamente de cada uno de los sustratos de las actividades de procesamiento continuo que realiza el cerebro, sin importar en dónde se localice. De tal forma, que esta cualidad nos pudiera permitir responder a dos cuestionamientos: dónde reside y cómo funciona la memoria. Una posible respuesta podría ser el que la memoria pudiera estar representada en el cerebro por una o varias moléculas específicas. Otras variantes de este tema podrían ser el que las memorias pudieran distinguirse como entidades materiales almacenadas en el cerebro, o el hecho de que sean manejadas por circuitos de memoria dedicados a semejanza de las computadoras.

Alternativamente, podríamos pensar que la memoria es una propiedad intrínseca del cerebro al igual que todo su repertorio funcional. Por lo tanto, la memoria es un resultado natural de la actividad cerebral, la cual podría residir a

lo largo de todo el cerebro; en tal caso las preguntas sobre localización y especificación se mezclarían con investigaciones sobre circuitos y mecanismos de codificación de los sistemas funcionales del cerebro.

Definitivamente no tenemos aún una respuesta única, sin embargo, resulta de importancia hacer un recorrido a través de los principales enfoques que han dominado el estudio de la memoria, de acuerdo a Eichenbaum y Cohen (2001), de tal forma que seamos capaces de conocer lo que desde su punto de vista han sido las visiones con más influencia en el estudio de la memoria.

### **1.1. Memorias codificadas como moléculas específicas**

Esta noción fue tomada con bastante seriedad en los años 60s y constituyó uno de los primeros paradigmas en el estudio de la memoria. Se pensó si el aprendizaje podría generar una molécula específica responsable de almacenar tal información, la cual se podría transferir a otros sujetos sin este aprendizaje y lograr que formara parte de su memoria. Numerosos experimentos reportaron resultados exitosos para esta transferencia de memoria pero muchos otros fracasaron en la réplica del fenómeno de transferencia (Eichenbaum y Cohen, 2001). Aunque el fenómeno de la transferencia ha permanecido inconsistente y sus bases fueron turbias, el punto más significativo de su éxito fue el descubrimiento y síntesis de un péptido corto llamado escotofobina, proclamado como el sustento de la transmisión de la aversión a la oscuridad (Ungar *et al.*, 1972 citado por Eichenbaum y Cohen, 2001). ¿Fue ésta la primera molécula asociada a una memoria que se encontró, o se trató más bien

de una sustancia similar a las hormonas responsables de haber modulado la sensibilidad visual, de tal forma que alteró la preferencia entre luz y oscuridad? Esto no lo sabremos porque esta línea de investigación terminó debido a una serie de preocupaciones sobre la confiabilidad del fenómeno de la transferencia, y la muerte de su más ávido promotor, el descubridor de la escotofobina, Ungar (citado por Eichenbaum y Cohen, 2001).

En la actualidad se han descrito una alta variedad de moléculas asociadas al proceso de la memoria. Pero a diferencia de lo propuesto por Ungar *et al.* (1972, citado por Eichenbaum y Cohen, 2001), no se ha descrito una molécula que almacene por sí misma a la memoria.

## **1.2. Memoria como un almacén**

Una de las visiones más comunes sobre la memoria es aquella en la cual utilizamos la metáfora del almacén (Eichenbaum y Cohen, 2001; Neath y Surprenant, 2003). Esto es, la información a medida que va transcurriendo el tiempo se va almacenando en un lugar específico del cerebro, de tal forma que existen recuerdos que tienen una utilidad breve por lo cual se almacenan en una memoria lábil. Asimismo, existen recuerdos cuya utilidad tienen un plazo indefinido de tal forma que son almacenadas en una memoria a largo plazo. En cada una de estos tipos de memoria en función del tiempo, participan diferentes regiones cerebrales. Podemos entonces tratar de recuperar la información de cada uno de estos almacenes, aunque no siempre con éxito.

Esta visión ha sido sin duda la que ha dominado el estudio de la memoria, Roediger (1980 citado por Neath y Surprenant, 2003) lo expresó así: “Nosotros hablamos de memorias almacenadas, de su búsqueda y localización. Organizamos nuestros pensamientos; buscamos las memorias que se han perdido, y si somos afortunados, las encontramos” (pág. 2), esta metáfora espacial de acuerdo a Eichenbaum y Cohen (2001) se aprecia desde tiempo atrás en el libro de William James (1890) con la caracterización que hace del recuerdo: “Un objeto el cual es recordado, en el sentido propio de este término, es aquel que ha estado completamente ausente de la conciencia, y ahora revive nuevamente. Es regresado, recordado, atrapado, por así decirlo, de un depósito en el cual con otros objetos innumerables, yace escondido y perdido de la vista” (pág. 6). Estas dos citas nos hacen pensar en que existen áreas del cerebro dedicadas totalmente al almacenamiento de información, lo cual sabemos hoy en día que no es exactamente así.

Esta visión entraña al menos dos cuestiones importantes de acuerdo a Eichenbaum y Cohen (2001). La primera tiene que ver con el hecho de percibir a la memoria como un mecanismo para el almacenamiento de informaciones específicas y estáticas, dentro de una organización determinada. De este modo, al buscar la recuperación de esta información, el sistema cerebral se involucra en un proceso de búsqueda, el cual si realmente contara con semejante estructura y funcionalidad debería ser, desde mi perspectiva, mucho más sencillo de entender, cosa que no sucede así. La segunda cuestión está vinculada con el hecho de que de acuerdo a esta visión deberían existir regiones cerebrales funcionando como almacenes. Sin embargo, como las

primeras investigaciones lo demostraron, fue imposible caracterizar con claridad el papel de las diferentes regiones corticales (Eichenbaum y Cohen, 2001, Milner *et al.*, 1998), y aunque se identificaron áreas como la sensorial y la motriz (Penfield, citado por Milner *et al.*, 1998), otras se designaron bajo el nombre de áreas de asociación, pensando que en ellas se encontrarían depositados los recuerdos. Si esto hubiera sido cierto, experimentos como los de Lashley (1929-1950, citado por Eichenbaum y Cohen, 2001) hubieran sido todo un éxito. Hoy sabemos que esto no ha podido ser demostrado, es decir que no existen áreas dedicadas exclusivamente al almacenamiento de información. Más bien, se trata de áreas que en diversas modalidades participan en diversos procesos no sólo de almacenamiento de información, sino de procesamiento de la misma, como la percepción o la atención.

Con esto podemos darnos cuenta de que la memoria no es un almacén estático de la información, por lo tanto no existen áreas dedicadas exclusivamente a esta función, ni existe la transferencia de memorias de un área a otra como si se tratara de diferentes almacenes que en función del tipo y antigüedad de la información van modificando sus inventarios.

### **1.3. Memoria como un conmutador**

Bajo esta perspectiva la memoria quedaría como un conjunto de representaciones neurales interconectadas a través de una serie de circuitos, siendo capaz de poner en conexión aquellas áreas que requieren intercambiar información como lo haría un conmutador, al poder conectar a una o más

personas que requieren poder comunicarse entre sí. Esta visión se volvió más popular con los mecanismos del asociacionismo, es decir el aprendizaje de estímulo-respuesta o respuesta-estímulo, ya que se trató de ubicar las áreas en las cuales se llevaban a cabo los procesos de asociación de estímulos y respuestas particulares. Destaca aquí la labor de Pavlov quien identificó la respuesta condicionada al establecer una asociación entre un estímulo neutro (estímulo condicionado) que no provocaba por sí mismo una respuesta (condicionada o incondicionada) y una respuesta condicionada provocada por otro estímulo incondicionado; de tal forma que subsecuentemente la respuesta condicionada ocurre ante el estímulo condicionado cuando éste se pareó de manera concomitante con un estímulo incondicionado que por sí mismo provoca una respuesta. Entonces, los trabajos de Pavlov demostraron que un modelo muy simple de memoria podría estar reducido a la simple relación entre un estímulo y una respuesta arbitrarios.

Tales hallazgos llevaron a la visión de que las asociaciones se daban dentro de circuitos específicos que conectaban las áreas de la corteza sensorial y/o motora. Uno de los pioneros de estas investigaciones fue Lashley (1929-1950) quien a través de estudiar las asociaciones entre estímulos y respuestas que subyacen el aprendizaje de laberintos en ratas, trató de encontrar las áreas donde se conectaban la parte sensorial con la motora. Sus resultados fueron la total refutación a la propuesta de la memoria como un conmutador, ya que no encontró la ubicación de áreas específicas de la corteza que comprometieran el desempeño de las ratas dentro de los laberintos. Esto lo llevó a proponer que las memorias complejas, más que estar localizadas en áreas o circuitos

específicos del cerebro, se encontraban distribuidas de manera difusa en todo el cerebro, semejante a una visión holográfica de la memoria (Eichenbaum y Cohen, 2001).

Eichenbaum y Cohen (2001) citan los experimentos de John (1967,1972), uno de los últimos pioneros de lo estudios electrofisiológicos. John utilizó gatos tratando de encontrar patrones específicos de potenciales eléctricos neuronales distribuidos en el cerebro al evocar respuestas a la repetición de estímulos específicos. A través de sus resultados, John concluyó que la respuesta neural evocada, más que responder a la discriminación del estímulo, representaba la forma en la cual se obtenía la lectura de la memoria apropiada para la respuesta esperada. Además, encontró que las respuestas neurales eran extremadamente similares a través de diversas áreas del cerebro, con lo cual se reafirmaba su conclusión de que se trataba de un patrón similar de procesamiento de memorias a través de varias áreas funcionalmente especializadas.

Estos experimentos cambiaron las visiones anteriores sobre la memoria al demostrar que no existen áreas o circuitos neurales dedicados exclusivamente a la memoria, sino que más bien la memoria es una función de distribución más amplia.

#### ***1.4. Memoria como un evento celular, sináptico o molecular***

Eichenbaum y Cohen (2001) proponen que si no ha sido posible encontrar regiones del cerebro dedicadas específicamente a las funciones asociadas a la

memoria, entonces éste nivel anatómico no sea la respuesta. Por lo cual, se ha buscado otro nivel de análisis en ciertos eventos que tienen lugar en el cerebro, de tal forma que la investigación reciente se ha volcado sobre los cambios que se dan a nivel molecular y celular en la actividad neuronal que subyace a la memoria (Dudai, 2004). Esto se ha debido también al éxito que han tenido las investigaciones en biología molecular (Dudai 2004; Lamprecht y LeDoux, 2004; Martinez y Kesner, 1998). Sin duda, existe gran evidencia de cambios observados a estos niveles cuando se llevan a cabo procesos de aprendizaje y memoria. Se trata de cambios como la selectividad de la membrana para facilitar o inhibir el flujo de iones, así como cambios en la eficiencia sináptica, los cuales se manifiestan a través del desarrollo de nuevas espinas dendríticas, o en las diferentes funciones relacionadas con los neurotransmisores (Dudai, 2002, 2004; Frankland y Bontempi, 2005; Lamprecht y LeDoux 2004). Todos estos avances se agrupan ahora dentro la disciplina conocida como Neurociencia Cognitiva (Milner *et al.*, 1998). Lo que en un momento determinado, en aras de la objetividad, ignoraron los primeros conductistas para evitar las especulaciones de lo que sucedía en el cerebro, enfocándose exclusivamente a los aspectos observables de la conducta, se ha convertido ahora en el campo de estudio de la neurociencia cognitiva, cuyos orígenes podemos ubicarlos en la Psicología cognitiva, la Neuropsicología y la Biología molecular, sin duda se pasó de la visión estímulo-respuesta, a la visión estímulo-proceso-respuesta.

En el caso de la memoria, se ha observado que los cambios a nivel celular difieren en su duración, encontrándose que los procesos en la memoria de

corto plazo tienen una duración de minutos, mientras que los de la memoria a largo plazo pueden durar días o semanas (Castellucci, Carew y Kandel, 1978; Milner *et al.*, 1998). También se ha encontrado que las diferencias entre tales procesos se dan no sólo a nivel de duración, ya que la mecánica es diferente, estudios en vertebrados han demostrado que el proceso de memoria de corto plazo, es diferente al de largo plazo, ya que este último requiere la síntesis de nuevas proteínas, mientras que a corto plazo no (Milner *et al.*, 1998).

### **1.5. Memoria como una propiedad fundamental del Cerebro**

Finalmente, como Eichenbaum y Cohen (2001) plantean, la memoria no es un proceso estático almacenado en algún lugar del cerebro, se trata más bien de una propiedad fundamental de los procesos cerebrales y un resultado natural de su actividad, de aquí que la memoria forme parte de todas las tareas de procesamiento de información en curso. La transición del énfasis de una visión estructuralista de la memoria al de una visión funcionalista (Neat y Surprenant, 2003) contribuyó a lograr un notable avance en el estudio de la memoria. Sin embargo, ambas aproximaciones siguen siendo importantes, y aunque la Biología molecular, la Psicología cognitiva y las Neurociencias, han contribuido notablemente en nuestra comprensión de la memoria, aún quedan muchas preguntas en el aire, particularmente las que se refieren a la memoria declarativa y los procesos del recuerdo consciente, mismos que habrán de contribuir en los años siguientes a poder entender y enfrentar enfermedades como el Alzheimer.

## 2. APRENDIZAJE

No es posible hablar del aprendizaje sin tocar el tema de la memoria, inherente al proceso de aprendizaje, la investigación sobre el aprendizaje de alguna o de otra forma ha estado estrechamente vinculada con la investigación sobre la memoria.

Uno de los problemas fundamentales para el estudio del aprendizaje ha sido poder definirlo (Ferrándiz, 1997), algunos autores no ofrecen una definición e inician con la explicación del condicionamiento clásico y operante, para concluir con algunos otros tipos de aprendizaje como el social (Ferrándiz, 1997). Estos mismos autores suelen referirse al aprendizaje con descripciones tan vagas como: “un cambio en la conducta“, o “la formación de una nueva relación entre un estímulo y una respuesta” (Kalat *et al.*, 2001); otros que también evitan una definición formal de aprendizaje lo expresan como el establecimiento de una nueva asociación en el cerebro, con sus consiguientes correlatos fisiológicos y anatómicos (Martinez y Kesner, 1998). Recordando mis años de estudiante rescaté la siguiente definición: cualquier cambio relativamente duradero en la conducta producido por la experiencia (Liebert y Neale, 1984) y el mismo autor la describe como una definición más bien práctica que perfecta. Ciertamente, el énfasis en cualquiera de los casos está más, hacia los cambios observables en la conducta de los sujetos.

El neurólogo Eugenio Tanzi (1893, citado por Martinez y Kesner, 1998) propuso que los cambios del sistema nervioso involucrados en el aprendizaje tendrían lugar en las uniones de las neuronas. Poco después, Santiago Ramón y Cajal (1894, citado por Martinez y Kesner, 1998), durante su conferencia en la Real Sociedad de Londres, declaró que entre más nos ubicáramos dentro de la escala vertebrada, encontraríamos un mayor número de terminaciones neurales y ramificaciones colaterales, de tal forma que, inclusive en sujetos adultos habría una mayor cantidad de ramificaciones. En esa época, las uniones de las neuronas no tenían un nombre específico, no fue sino hasta el año 1897 que Charles Sherrington (citado por Martinez y Kesner, 1998) les dio el nombre de “sinapsis”. Él mismo Sherrington sugirió que las sinapsis probablemente resultaban estratégicas para el aprendizaje. De cualquier forma, tuvieron que pasar más de ochenta años desde las hipótesis de Tanzi (1893, citado por Martinez y Kesner, 1998) para demostrar que los cambios en las sinapsis estaban vinculados con el aprendizaje (Diamond *et al.*, 1975; West y Greenough, 1972).

Las investigaciones iniciales sobre aprendizaje y memoria fueron realizadas con animales no humanos por el psicólogo Edward L. Thorndike quien en su tesis doctoral (1898), dirigida por William James, demostró de qué forma el aprendizaje y la memoria podían ser medidos utilizando animales no humanos como sujetos experimentales. Esta investigación dio lugar al concepto de aprendizaje por ensayo y error y más tarde a la Ley del efecto (Thorndike, 1911, citado por Martinez y Kesner, 1998), antecedente inmediato del condicionamiento operante.

A diferencia de Thorndike (1911, citado por Martínez y Kesner, 1998) quien se dedicó específicamente al estudio del aprendizaje, Ivan Pavlov, un fisiólogo ruso ganador del premio Nobel en 1904, llegó al concepto de condicionamiento por sus observaciones acerca de la salivación en perros, mientras investigaba las secreciones del tracto digestivo. Su gran aportación no fue la observación de este fenómeno, pues la salivación ya había sido mencionada por varios predecesores de Pavlov, sino que realizó un estudio detallado del fenómeno, lo cual dio como resultado su descubrimiento del “reflejo condicionado” o condicionamiento clásico o pavloviano, como lo conocemos actualmente.

Desde el punto de vista psicológico, dos grandes hitos en el aprendizaje son por un lado la escuela fisiológica de Pavlov con su condicionamiento clásico y, por el otro, la escuela conductista, de la cual destacan: John B. Watson y B. F. Skinner con el condicionamiento operante. Ambos paradigmas establecen al aprendizaje como una asociación entre estímulo y respuesta, medible sólo a través de conductas observables.

## **2.1 Condicionamiento Clásico**

El condicionamiento clásico consiste en la asociación que surge de la presentación contigua de dos estímulos, uno neutro que no produce una respuesta incondicionada y un estímulo incondicionado cuya sola presentación es suficiente para provocar la respuesta incondicionada (una respuesta autonómica) (Ferrándiz, 1997). Posteriormente, con la presentación repetida de

ambos estímulos de manera concomitante, el estímulo en un principio neutro se convierte en un estímulo condicionado capaz de propiciar la respuesta condicionada, similar a la respuesta incondicionada. Este tipo de condicionamiento supone para que se pueda presentar, no sólo la contigüidad de los estímulos, sino la contingencia que se refiere a la probabilidad que tiene el estímulo incondicionado de provocar la respuesta incondicionada (Ferrándiz, 1997).

## **2.2 Condicionamiento Operante**

El condicionamiento operante se refiere a la presentación de conductas en función de sus consecuencias, es decir que una conducta es instrumental si tiene alguna consecuencia para quien la realiza (Ferrándiz, 1977). Los principales componentes de este tipo de condicionamiento son: a) La respuesta instrumental, es aquella que puede ser modificada a través de sus consecuencias, por lo que se requiere que exista una suficiente retroalimentación sensorial, que permita a la conducta ser condicionada; b) la consecuencia o estímulo reforzador, el cual nos permite gratificar o castigar suficientemente una conducta de tal forma que se incremente o decremente la misma; c) el estímulo discriminativo, el cual nos sirve para anunciar la probabilidad de que al presentarse la respuesta instrumental, se presente el reforzador o consecuencia. De esta forma se plantea la modificación de conductas a través de los estímulos reforzadores o consecuencia (Ferrándiz, 1997).

### **2.3 Formas de Adquisición de la Información**

Los organismos son capaces de detectar covariaciones de estímulos, mismas que constituyen la base de la representación mental que hacemos de nuestro ambiente, así como de los procesos de aprendizaje (Salamon, 2002). Las investigaciones sobre la adquisición y la consolidación (cristalización de la información de memoria a corto plazo a memoria a largo plazo) de la información han demostrado que existen diversas condiciones que pueden favorecer o inhibir la consolidación de la información (Dudai, 2004; Neat y Surprenant, 2003; Salamon, 2002). Algunos de estos experimentos tienen que ver con la modalidad de la adquisición del conocimiento. Existen dos modalidades que se han denominado: aprendizaje implícito y aprendizaje explícito (Neat y Surprenant, 2003; Salamon, 2002).

El aprendizaje implícito, es aquel a través del cual se obtiene información sin que el sujeto esté consciente de este proceso o de la información que está adquiriendo, y el aprendizaje explícito, se presenta cuando el sujeto tiene consciencia del proceso y de aquello que está aprendiendo, siendo además capaz de recuperar explícitamente la información (Neat y Surprenant, 2003; Salamon, 2002).

Como hemos visto, existe un vínculo inseparable entre el aprendizaje y la memoria, razón por la cual resulta importante entender cómo se manifiesta este proceso y su relación con la memoria, pues dependiendo de la modalidad de aprendizaje que se utilice, los resultados en cuanto a la información capturada y consolidada pueden variar de manera significativa. El estudio de este

continuo aprendizaje-memoria no es sencillo, pues la frontera entre ambos prácticamente no existe. Sin embargo, ambos procesos tienen una interdependencia tal, que las variaciones significativas en las condiciones del aprendizaje, necesariamente repercuten en el almacenamiento y consolidación de la información dentro de la memoria.

### 3. MEMORIA

Existen diversas maneras de aproximarse al estudio de la memoria, podemos hablar de modelos de memoria que contemplan diversas arquitecturas. En ellos, las diferentes modalidades de memoria están definidas como almacenes, así que en la medida en la cual la información los va recorriendo en el tiempo, ésta se va volviendo más sólida. En este contexto podemos hablar del modelo de memoria modal (Neath y Surprenant, 2003), el cual tiene su antecedente más importante en el modelo de almacenamiento dual elaborado por Atkinson y Shiffrin en 1968 (Neath y Surprenant, 2003; Salamon, 2002). En este modelo la información nos llega a través de nuestros sentidos quedando disponible en la memoria sensorial, de tal forma que sólo si se le da la debida atención y codificación, pasa a la memoria a corto plazo que tiene una duración “breve”. En esta fase la información se empieza a deteriorar, a menos que se de un proceso de repetición logrando así quedar en la memoria a largo plazo (Atkinson y Shiffrin, 1968, citados en Salamon, 2002).

Esta breve explicación queda representada en la Figura 1, donde podemos apreciar la estructura del modelo clásico de Atkinson y Shiffrin (Salamon, 2002). A continuación se describen estos sistemas de memoria.

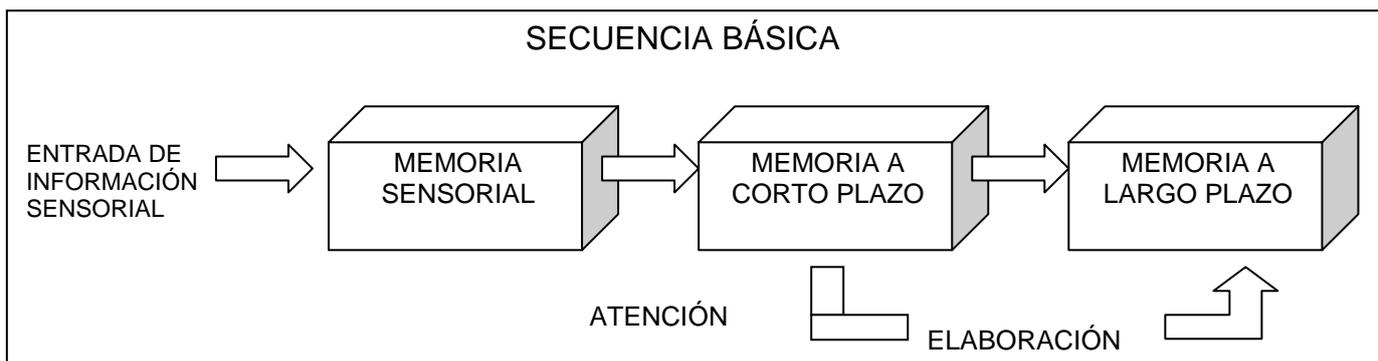


Fig. 1. Representación del modelo dual de Atkinson y Shiffrin (1968, adaptado de Salamón, 2002).

### **3.1 Memoria sensorial**

La clasificación más sencilla de la memoria está vinculada con el almacenamiento de la información que nos llega a través de todos nuestros sentidos. De esta forma podemos hablar de las modalidades de la llamada memoria sensorial, término que utilizamos para designar a la parte de la memoria responsable de retener exclusivamente las características físicas de los estímulos. Quizás lo más relevante sea destacar que la existencia de este tipo de memoria supone que después de presentado el estímulo existe una persistencia del mismo que es lábil y tiene una duración muy breve de 100 a 200 milisegundos; la información queda disponible para ser categorizada hasta por 30 seg. y ser transmitida a la memoria a corto plazo (Neath y Surprenant, 2003). Dentro la memoria sensorial podemos distinguir la memoria visual o icónica, la memoria auditiva o ecoica, la memoria olfativa y la memoria táctil o somatosensorial (Neath y Surprenant, 2003).

Se ha pensado que la memoria sensorial conserva la información sin haber sido analizada. En el caso de la memoria icónica se ha dicho que la información aún no ha sido categorizada (Neath y Surprenant, 2003); para que ocurra una categorización del estímulo, el sujeto debe reconocer la información y trasladarla o codificarla a una memoria más estable, a través de la mera repetición del estímulo o de una codificación que implique acceder al

significado de ese estímulo (Craik y Lockhart, 1972), de lo contrario la información se perderá. El proceso de repetir la información se lleva a cabo mediante la codificación de la información al darle su nombre verbal y repetir este nombre sin vocalizarlo.

La memoria ecoica llamada así por Neisser (1967, citado por Neath y Surprenant, 2003) es otra de las modalidades de la memoria sensorial. Su nombre se debe al hecho de que al percibir estímulos auditivos queda una especie de eco en la memoria de la información auditiva, aún cuando ya no esté presente. De igual forma que la memoria icónica, también existen evidencias de que la información en este tipo de memoria se almacena por un breve tiempo de manera precategórica, esto significa que al percibir un estímulo auditivo no es analizado de manera inmediata, de acuerdo al sistema llamado almacén acústico precategórico (PAS, por sus siglas en inglés) propuesto por Crowder y Morton (1969, citados por Neath y Surprenant, 2003). Estos investigadores propusieron que este sistema almacena por alrededor de 2 seg. una mera representación de la información acústica. Aunque este modelo es importante por ser el primero en plantear esta peculiaridad de la memoria ecoica, el PAS sirve para explicar de manera satisfactoria fenómenos como el efecto modal, que presenta diversas manifestaciones como la recencia, y que se manifiesta al observar un mayor recuerdo de los últimos estímulos de una serie, cuando la modalidad de la información presentada es auditiva en comparación con información presentada de forma visual (Neath y Surprenant, 2003). El PAS también sirve para explicar el efecto sufijo, el cual se presenta solamente cuando la modalidad de los estímulos a recordar es

auditiva, y consiste en un estímulo extra que se presenta de manera inmediata posterior al último estímulo que se requiere recordar.

Sin embargo, existen situaciones en las cuales el PAS presenta problemas para describir condiciones del efecto modal y del efecto sufijo. Un ejemplo de esto es el caso en el cual no debería existir información en el PAS. Por ejemplo en los experimentos de Conway y Gathercole (1987, citado por Neath y Surprenant, 2003), a los sujetos se les presentó una lista de 30 palabras, posteriormente, se les presentó otra lista de 60 palabras en orden aleatorio, las 30 de la lista original, más otras 30 que funcionaban de distracción. La tarea de los sujetos consistía en decir si la palabra de la segunda lista había estado en la lista original. Como consecuencia del PAS y del efecto de recencia, las últimas palabras de una lista de estímulos auditivos serían más recordadas que aquellas de una lista con estímulos visuales como consecuencia del PAS. Sin embargo, el efecto de recencia se presentó aun cuando el tiempo en que las listas de palabras se presentaron excedían el tiempo en que el PAS estaba disponible (Neath y Surprenant, 2003). Por lo tanto, estos resultados cuestionan la existencia del PAS, ya que el tiempo promedio transcurrido entre la presentación de la lista, y la prueba de los últimos estímulos, sería muy superior a la duración de la información en el PAS (aproximadamente 2 segundos). Existen algunas otras teorías más recientes sobre la memoria ecoica, sin embargo ninguna de ellas ha logrado explicar de manera satisfactoria todos los fenómenos que afectan la presentación de la información auditiva.

En cuanto a la memoria olfativa y la somatosensorial no existe gran cantidad de información, algunos autores las ven como una memoria que sigue los mismos principios de la memoria visual o auditiva, mientras que otros las consideran como sistemas de memoria diferentes (Neath y Surprenant, 2003), por lo que se requiere mayor investigación sobre estas modalidades de memoria.

Para concluir es importante recordar las dos características de la memoria sensorial presentadas al principio de esta sección: existe una persistencia de la representación del estímulo debida a la actividad neural de una duración muy breve; y se da también el fenómeno de recuperación de la información aún cuando el estímulo ya no está presente por un período mayor de tiempo, debido a la interpretación de los aspectos sensoriales del estímulo (Neath y Surprenant, 2003). Aún con las evidencias, deberíamos preguntarnos sobre la pertinencia de pensar en la memoria sensorial como un cúmulo de información pre categorizada, especialmente cuando se plantea que la misma puede durar hasta 30 segundos. Tendríamos que dejar claro en qué momento una información es analizada y pierde su condición de pre categorizada, o simplemente pensar en la memoria sensorial como una puerta de ingreso de la información, que de manera casi inmediata forma parte de la memoria a corto plazo.

### **3.2 Memoria a corto plazo**

La publicación de diversos trabajos a finales de los años cincuenta y al principio de los años sesenta marcó el inicio de una nueva era en el estudio de la

memoria, al dividirla en múltiples almacenes con características diferentes (Neath y Surprenant, 2003). Se propuso un almacén especializado en retener la información por un período breve de tiempo, el cual ha sido llamado de diferente manera: memoria primaria, memoria de trabajo, memoria a corto plazo y almacén a corto plazo (Neath y Surprenant, 2003).

Nos ocupa en este apartado la memoria a corto plazo, término que surgió de la mezcla del concepto de memoria primaria (James 1890, citado por Neath y Surprenant, 2003) con la concepción de memoria de acceso aleatorio dentro del mundo de las computadoras. Esta definición se refiere a una memoria de breve duración la cual almacena principalmente información de naturaleza verbal, con capacidad limitada y concebida principalmente como un espacio (*buffer*). En él, la información podría estar temporalmente almacenada y, que al igual que las computadoras, desaparece al apagar la máquina, a menos que se de un proceso de consolidación de la misma (o de almacenamiento en un medio magnético en el caso de las computadoras); la memoria a corto plazo entonces deja de trabajar si se retira la atención y se detiene el proceso de consolidación (Neath y Surprenant, 2003).

El trabajo de Donald Broadbent (1958, citado por Neath y Surprenant, 2003) quien caracterizó el proceso de la información humana como una serie de sistemas a través de los cuales fluye la información, desde que ingresa hasta que es almacenada en un sistema a largo plazo, fue el más influyente para las primeras definiciones de la memoria primaria, la cual comprendía desde su perspectiva un almacén de información sensorial anterior a la atención. De este almacén sensorial, se seleccionaba o filtraba información hacia un almacén con

capacidad limitada (Broadbent, 1958, citado por Neath y Surprenant, 2003). Estos dos sistemas constituían para Broadbent la memoria inmediata o primaria. Si la información en esta memoria no era repetida, se perdía y no podía fluir hacia la llamada memoria secundaria o a largo plazo, concebida como un tercer sistema donde la información residía de manera permanente.

Tres suposiciones del punto de vista de Broadbent han permanecido a lo largo de casi todos los modelos posteriores: 1) Las memorias primaria y secundaria son sistemas separados de memoria. 2) La memoria primaria tiene una capacidad limitada. 3) La memoria primaria sólo puede retenerse cuando se codifica la información de forma activa, debido a que se pierde rápidamente en la memoria primaria (Neath y Surprenant, 2003).

Los experimentos de Conrad (1964, citado por Neath y Surprenant, 2003) y Wickelgren (1965, citado por Neath y Surprenant, 2003) establecieron que el principal código para representar la información en la memoria a corto plazo es el acústico, sugiriendo que los sujetos al tratar de recordar el sonido de lo que requieren recordar, utilizan un especie de “diálogo interno”.

Otro tema de gran relevancia en cuanto a la memoria a corto plazo es su capacidad de almacenamiento; la famosa frase del trabajo de George Miller (1956, citado por Neath y Surprenant, 2003) “El mágico número siete más o menos dos”, refleja la estimación más común sobre la capacidad de la memoria a corto plazo para procesar información. Este trabajo lo llevó a determinar varias características de la memoria a corto plazo: 1) Las personas son

incapaces de aprender o identificar una gran cantidad de estímulos cuando tienen características físicas similares, por el contrario, habrá mayor probabilidad de aprendizaje cuando los estímulos difieran en mayor medida. 2) La capacidad de la memoria a corto plazo tiene limitaciones que no le permiten recordar una cantidad ilimitada de información. Matarazzo (1972, citado por Neath y Surprenant, 2003) encontró que el 90 % de la población adulta es capaz de recordar al menos cinco ítems, pero no más de ocho; y 3) una estrategia para almacenar mayor información en la memoria a corto plazo es la agrupación de los estímulos en porciones o "*chunks*", de tal forma que es posible recordar más ítems cuando los agrupamos en nuevos trozos de información; se debe considerar que a medida que incrementamos la información de un trozo, será menor el número de trozos que logremos recordar. Sin embargo, no existe una constante en la cantidad de información que se puede retener en la memoria a corto plazo, pues depende de varios factores como la medida de la misma y el tipo de estímulos utilizados.

De esta visión más estructural, se ha pasado a modelos más funcionales; de esta forma Baddeley y sus colegas (Baddeley, 2003; Baddeley y Logie, 1999) desarrollaron el modelo de Memoria de Trabajo, término dado a los procesos que se utilizan para almacenar y procesar temporalmente la información. Este concepto surge de los modelos de memoria utilizados en las computadoras, donde existe una memoria que sirve para almacenar temporalmente la información que requiere la máquina para realizar sus funciones. De manera similar en la Memoria de Trabajo se propone la existencia de una memoria a manera de ejecutivo central, el cual se encarga de todas las operaciones

cognitivas que tienen lugar simultáneamente; este almacén es capaz de controlar los mecanismos de atención necesarios para procesos de consolidación, haciendo uso de una serie de sistemas esclavos bajo el control del ejecutivo central (Baddeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003; Salamon, 2002). Los sistemas esclavos de la memoria de trabajo son el circuito fonológico, el bosquejo viso-espacial y el almacén episódico (Baddeley, 2003).

El circuito fonológico tiene dos componentes principales: el almacén fonológico y el proceso de control articulatorio (Baddeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003; Salamon, 2002). En el caso del primero se trata de una memoria capaz de retener información basada en el habla por periodos breves de tiempo, misma que si no se repite se va debilitando y deteriorando en un período de aproximadamente 2 segundos; después de este período, la información ya no puede ser utilizada. El segundo componente es el proceso de control articulatorio; este componente se encarga de trasladar la información visual a un código basado en el habla, depositando dicha información en el almacén fonológico; además, se encarga de mantener y actualizar la huella de la información de este almacén evitando así su deterioro. A través de la repetición mediada por el circuito fonológico, se logra que la información verbal se consolide en la memoria a largo plazo (Salamon, 2002).

Uno de los postulados fundamentales de la memoria de trabajo es que el proceso de control articulatorio, es el responsable de controlar la repetición de información verbal a nivel subvocal, tarea análoga a la repetición de información verbal hablada en voz alta.

La cantidad de información que puede ser retenida está en función de la tasa de deterioro de la información y de la tasa de repetición en voz alta. Si la repetición de una información particular no ocurre dentro de un determinado periodo de tiempo (aproximadamente 2 seg.), dicha información sufrirá un deterioro tan grande que le impedirá ser utilizada (Baddeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003).

El circuito fonológico de la memoria de trabajo es un factor importante para el aprendizaje y el almacén de información verbal, ya que el lenguaje posee cualidades que hace que la información no se almacene de la misma forma. De allí que se han demostrado al menos cuatro efectos diferentes dentro de la memoria de información verbal: el de la similaridad fonológica, el de la supresión articulatoria, el del habla irrelevante y el de la longitud de la palabra (Baddeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003).

Es importante conocer cada uno de estos efectos pues impactan de manera directa la ejecución en tareas a corto plazo; además, estos efectos también repercutirán en la memoria a largo plazo, particularmente en la consolidación de la información verbal que es la que nos ocupa en la presente tesina.

La similaridad fonológica se presenta cuando en una tarea presentamos ítems que tienen un sonido parecido, en este caso la memoria tiene un desempeño más pobre, ya que es más fácil recordar ítems con sonidos diferentes que aquellos con sonidos parecidos. Por ejemplo, si utilizamos la secuencia de

letras, “edpct”, cuyos sonidos son similares, tendremos más problemas para recordar que si utilizamos la secuencia de letras, “ktxhp”, dado que esta última está compuesta por letras cuyo sonido es muy diferente. Este fenómeno se presenta tanto con información visual como con auditiva, pues recordemos que la información visual es representada inmediatamente a través de un código verbal a través del circuito articulatorio (Neath y Surprenant, 2003). Es plausible pensar que si logramos evitar que la información visual se codifique de manera verbal, el efecto de la similitud fonológica desaparecería. Una forma de lograrlo es manteniendo al sujeto ocupado en una tarea de supresión articulatoria (Neath y Surprenant, 2003). Esta tarea consiste en pedirle a un sujeto que repita en voz alta una palabra una y otra vez, de tal forma que de acuerdo al modelo de la memoria de trabajo, se mantendrá ocupado el control del proceso articulatorio. Caso contrario se da con la información auditiva pues ésta tiene acceso directo al almacén fonológico, por lo que no requiere ser recodificada, y no es posible cancelar el efecto de la similaridad fonológica.

Otro efecto importante es el habla irrelevante que consiste en poner de fondo un discurso irrelevante mientras se presenta visualmente una serie de consonantes a un grupo de sujetos; paralelamente, a otro grupo se le presentó la misma información pero en un ambiente de silencio (Colle y Welsh 1976). Se encontró que los sujetos dentro de un ambiente con discurso irrelevante fueron menos exitosos para recordar la información que se les había presentado en comparación con los sujetos dentro de un ambiente silencioso (Colle y Welsh, 1976). Este fenómeno se da debido a que el habla irrelevante ingresa directamente al almacén fonológico, interfiriendo con la codificación de la

información que se presenta visualmente. Es importante comentar que la información contenida en el habla irrelevante debe ser similar, a nivel de fonemas, a la información que se presenta para ser recordada. También se ha demostrado que si utilizamos como habla irrelevante tonos en lugar de fonemas, no se presenta este fenómeno (Badeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003).

Finalmente tenemos el fenómeno asociado a la longitud de las palabras, es más fácil recordar palabras cortas que palabras largas. Esto se puede medir de dos maneras, la primera se refiere a palabras cuyo significado es similar pero con diferente longitud (p. ej., carro vs. automóvil). La otra forma de medición es a través del tiempo que toma leer una palabra, existe un mayor recuerdo de las palabras más breves, de tal forma que se puede obtener una tasa de lectura, equivalente al número de palabras leídas por segundo y el nivel de palabras recordadas (Baddeley y Logie, 1999; Neath y Surprenant, 2003).

Es un hecho que el modelo y lenguaje de las computadoras ha servido para poder dar explicación a la memoria en general y a la de corto plazo en particular, cualquier actividad que realizamos los seres vivos requiere de cierta información almacenada en nuestra memoria, la memoria a corto plazo juega un papel fundamental en el procesamiento de toda la información que recibimos del medio ambiente, sirve de filtro y se activa regularmente en función de la importancia que esa información representa para nuestra vida o nuestras necesidades, es también el paso obligado para la memoria a largo plazo y la consolidación. En no pocas ocasiones es difícil determinar qué

información se pierde o se queda a nivel de memoria a corto plazo, pues la recuperación espontánea de la información nos plantea nuevos desafíos en torno al tema de la memoria a corto plazo.

### **3.3 Memoria a largo plazo**

El modelo desarrollado por Richard Atkinson y Richard Shiffrin (1968, citado por Neath y Surprenant, 2003) presentaba una clara distinción entre estructuras y procesos que formaban parte de la memoria, las primeras como los componentes rígidos de la memoria y los segundos como componentes flexibles, bajo el control personal. Aunque este modelo es conocido como el modelo de doble almacén, en realidad plantea la existencia de tres almacenes o estructuras de memoria. La primera que ya hemos descrito y que llamamos memoria sensorial, la segunda, como vimos en el apartado anterior, la memoria a corto plazo, y finalmente la memoria a largo plazo. Esta última, a diferencia de la memoria a corto plazo, es un almacén de capacidad ilimitada y de duración permanente. En este almacén están las memorias duraderas, como los conocimientos que hemos adquirido, la historia personal y cualquier otra cosa que uno recuerde. Mientras que la información en la memoria sensorial y en la memoria a corto plazo en un momento dado se pierde, la información de la memoria a largo plazo es relativamente permanente, aunque puede ser modificada o volverse temporalmente irrecuperable a causa de la interferencia que puede causar la entrada de otra información (Dudai, 2004).

Generalidades: Memoria Declarativa y No Declarativa

La memoria a largo plazo se puede clasificar en declarativa o explícita y no declarativa o implícita (Squire y Zola, 1996). La memoria explícita la entendemos como la capacidad de la memoria a largo plazo para almacenar y recuperar de manera consciente información de hechos y objetos (Salamon, 2002; Squire y Zola, 1996). En contraste la memoria implícita, se refiere a la capacidad de almacenar habilidades de una manera no consciente, necesarias para llevar a cabo actividades que no requieren tener acceso a algún contenido de la memoria consciente (Salamon, 2002; Squire y Zola, 1996). El almacén implícito se expresa en habilidades como la conducción de un automóvil, o la ejecución de un baile, o el aprendizaje por condicionamiento clásico u operante.

Estudios como los realizados por Neal Cohen y Larry Squire en 1980 (citados por Milner *et al.*, 1998) con pacientes amnésicos mostraron que éstos eran capaces de aprender a leer información impresa vista al revés a través de un espejo, tan bien como los sujetos normales. Tales hallazgos ampliaron la visión que se tenía de la memoria, dejando evidencia de la existencia de un grupo de memorias implícitas, no conscientes (Milner *et al.*, 1998). Esta diferencia entre memorias se ha podido observar de manera más profunda, a través del estudio de pacientes con lesión en el lóbulo temporal medial (LTM) (hipocampo, corteza entorrinal, subículum, parasubículum, giro parahipocampal y corteza perirrinal). La característica primordial de estos pacientes es que presentan amnesia retrógrada (incapacidad para formar nuevas memorias) lo que conduce a marcadas deficiencias en su memoria explícita. Sin embargo, estos

pacientes son capaces de aprender nuevos hábitos o habilidades propios de la memoria implícita (Squire y Zola, 1996).

La distinción entre memoria declarativa o explícita y de la memoria no declarativa o implícita implica distinguir no sólo las estructuras anatómicas del cerebro involucradas en cada una de ellas, sino también el tipo de información procesada, así como las características operativas de cada una de ellas (Milner *et al.*, 1998; Poldrack *et al.*, 2001; Squire y Zola, 1996). La característica principal de la memoria declarativa es que depende de la integridad del LTM y proporciona la capacidad de recordar de manera consciente o explícita hechos y eventos de nuestra vida, está involucrada en la representación de la realidad y es propositiva (es decir, puede ser verdadera o falsa). La memoria no declarativa, no es propositiva y está involucrada en el aprendizaje de habilidades, la respuesta diferenciada a estímulos a través de la práctica, como consecuencia del condicionamiento o del aprendizaje de hábitos (Milner *et al.*, 1998; Squire y Zola, 1996). También dentro de la memoria implícita se incluye al fenómeno conocido como *priming* (facilitación), el cual consiste en una mayor eficiencia en la ejecución de una acción (p. ej., la producción de palabras) al darse la repetición a través de la experiencia, es decir, existe una mayor probabilidad de responder correctamente y una reducción en el procesamiento de esa tarea (Hauptmann y Karni, 2002). De este modo, al trabajar con estímulos previamente conocidos o presentados se convierte en una ganancia en el desempeño de una tarea que implique la presentación de esos estímulos (Hauptmann y Karni, 2002).

De acuerdo a Squire y Zola (1996), una de las diferencias entre los dos sistemas de memoria consiste en la disponibilidad del aprendizaje adquirido, lo cual expresan como una mayor flexibilidad de la memoria declarativa. El aprendizaje adquirido a través de esta memoria se encuentra disponible para otros sistemas de respuestas, cosa que no ocurre con el aprendizaje adquirido mediante la memoria no declarativa; ejemplo de lo anterior puede ser la conceptualización o explicación de la manera en la cual se llevó a cabo una tarea de aprendizaje semejante a la adquisición de hábitos, a través del aprendizaje de una serie de asociaciones (Poldrack, *et al.*, 2001; Squire y Zola, 1996). Ejemplo de lo anterior es una tarea de aprendizaje de clasificación probabilística, en la cual se les pidió a sujetos con amnesia y a sujetos control, que aprendieran una tarea de predicción del clima, mediante el aprendizaje de una serie de asociaciones dentro un entorno de probabilidades, de tal forma que a la presentación de una carta de un total de cuatro cartas seguida de una retroalimentación inmediata en cada ensayo, los sujetos se volvían cada vez más capaces de predecir entre un clima soleado o uno lluvioso, cada una de las cartas estaba asociada a un cierto grado de probabilidad de que ocurriera uno de los climas. Después de 50 ensayos ambos grupos de sujetos lograron un desempeño similar mejorando sus niveles de predicción de un 50% a aproximadamente un 65%; sin embargo cuando se les aplicó una prueba de transferencia a través de la cual se les pedía que explicaran la forma en la cual le asignaban diferente probabilidad a cada una de las cartas, el desempeño de los pacientes amnésicos fue notablemente deficiente en relación con el desempeño de los sujetos del grupo control (Squire y Zola, 1996).

La memoria declarativa y la no declarativa tienen diferencias marcadas en cuanto al tipo de recuperación que podemos hacer de la información (Milner *et al.*, 1998; Salamon, 2002; Poldrack, *et al.*, 2001). En la memoria declarativa somos capaces de verbalizar la información y de recuperar detalles contextuales sobre los estímulos aprendidos, en tanto que en la memoria no declarativa no somos capaces de reportar cómo ejecutamos la tarea ni cómo logramos el aprendizaje. Es importante mencionar que en la memoria no declarativa, los cambios en la ejecución de una tarea como las perceptomotoras, se dan como producto de la experiencia, con lo cual podemos utilizar el término memoria para referir dichos cambios. Sin embargo, estos cambios se dan independientemente del recuerdo consciente, pues en el caso de pacientes amnésicos es evidente que ni siquiera son capaces de recordar ensayos previos de la tarea perceptomotora, aun cuando sus respuestas correctas aumenten con la repetición de la tarea (Milner *et al.*, 1998; Schacter y Tulving, 1994; Squire *et al.*, 1993).

Otro caso lo podemos observar en la ejecución de tareas de aprendizaje de una gramática artificial (Salamon, 2002; Squire y Zola 1996). En estos experimentos se le pidió a los sujetos que identifiquen cadenas de letras para determinar si pertenecen o no a un sistema con una gramática artificial. Las cadenas de letras están construidas con base en una serie de reglas, que indican qué letras se pueden utilizar y en qué orden, éstas reglas no son conocidas por los sujetos. Los sujetos mediante la presentación de 23 ítems generados de acuerdo a las reglas, aprenden de manera implícita las reglas que rigen la formación de las cadenas de letras. Posteriormente, se presentan

nuevos ítems para que los sujetos decidan si éstos cumplen o no con las reglas del sistema gramatical (Knowlton, Squire y Gluck, 1994). Los sujetos, de acuerdo a la experiencia, fueron capaces de detectar aquellos ítems que sí formaban parte del sistema gramatical, al no detectar variaciones de acuerdo a los ejemplos de los ítems correctos. En estas tareas tanto los sujetos controles así como los pacientes amnésicos desarrollaron un nivel de ejecución alto a lo largo de la repetición de la tarea; sin embargo, los pacientes amnésicos fueron incapaces de recordar que habían aprendido esa tarea, aún cuando su desempeño mejoraba con el paso de los ensayos (Knowlton *et al.*, 1994). Además de comprobar que el desempeño de la tarea mejoró como producto de la experiencia, dado que tanto los sujetos control como los pacientes amnésicos con daño en el LTM fueron capaces de lograr un adecuado nivel de desempeño, se pudo observar que sólo los sujetos control fueron capaces de reportar verbalmente el aprendizaje que habían realizado (Squire y Zola, 1996). De este modo, estos sujetos llevaron del campo de la memoria no declarativa al campo de la memoria declarativa el aprendizaje al poder reportar verbalmente la tarea (Squire y Zola, 1996). Los experimentos como el anteriormente citado han llevado a buscar qué regiones cerebrales participan en el aprendizaje de tareas de procedimiento, como los sistemas de gramáticas artificiales, ya que resulta evidente que no existe una participación del LTM. Para responder a este cuestionamiento, se ha reportado la participación de regiones subcorticales, como la del estriado dorsomedial en el aprendizaje de procedimientos como los hábitos y las habilidades (Poldrack, *et al.*, 2001; Squire y Zola, 1996). En el caso de tareas como los sistemas gramaticales artificiales o el *priming*, la estructura involucrada es la neocorteza, pues se ha

observado que es capaz de acumular aprendizaje independientemente del hipocampo y las estructuras relacionadas con él (Squire y Zola, 1996).

Al establecer que puede existir un aprendizaje de clasificaciones, puesto que los sujetos son capaces de detectar variaciones en el medioambiente, sin que exista la memoria de ensayos previos, nos cuestiona sobre las estructuras que están involucradas en este tipo de aprendizaje, que no implican la participación de estructuras diencefálicas ni del LTM asociadas a la consolidación de la memoria declarativa (Squire y Zola, 1996). Resulta evidente entonces la existencia de una memoria a largo plazo anterior a la memoria declarativa en la escala filogenética, como se observa en animales invertebrados que no poseen un LTM o un hipocampo, los cuales tienen desarrolladas diversas formas de memoria no declarativa, como el condicionamiento clásico o la habituación (Milner *et al.*, 1998), mecanismos de memoria a largo plazo que resultan indispensables para su sobrevivencia.

Por cuanto toca a la memoria declarativa, es crucial la función de las estructuras del LTM. Para estudiar este tipo de memoria se han generado modelos de daño cerebral en primates; sin embargo, al principio se cuestionó fuertemente este modelo, dado que el componente principal de la memoria declarativa es el recuerdo consciente, por lo que este tipo de estudios presentaban la dificultad de poder identificar dicha propiedad. Finalmente se pudieron establecer mecanismos, que a través de las inferencias que los animales no humanos deben hacer para reconocer objetos, como el caso de los rompecabezas, permitían un adecuado modelo para el estudio de la

memoria declarativa. Los estudios de Mort Mishkin (1978, citado por Milner *et al.*, 1998) permitieron observar que animales con daño bilateral del LTM presentaban un severo déficit en el reconocimiento de objetos, lo cual se podía equiparar con el daño que presentaba el paciente amnésico H.M., caso evaluado desde 1957, en el reconocimiento de objetos. Este paciente había sufrido en 1953 una extirpación bilateral de las estructuras mediales del lóbulo temporal, para eliminar una severa epilepsia, siendo presentado su caso por primera vez en el año 1957 por Scoville y Milner (1957).

Trabajos adicionales de Mishkin, Zola-Morgan y otros (citados por Milner *et al.*, 1998), lograron establecer modelos de amnesia en primates no humanos, con lo cual tras diez años de trabajos, realizados a partir del año 1979, se logró tener un mayor conocimiento de qué estructuras del LTM eran las involucradas en la memoria declarativa. Gracias a esto, hoy se sabe que en el sistema de la memoria declarativa las estructuras más importantes son: el hipocampo, el complejo subicular, la corteza perirrinal, el giro hipocampal, la corteza entorrinal (que junto con los anteriores comprenden a la formación hipocampal) (Amaral, 1999).

En la Figura 2 se muestra la taxonomía de los sistemas de memoria a largo plazo de los mamíferos, propuesta por Squire y Knowlton en (1994), adaptada por Squire y Zola (1996), tal esquema muestra las estructuras y conexiones más relevantes en cada uno de los tipos de memoria declarativa y no declarativa.

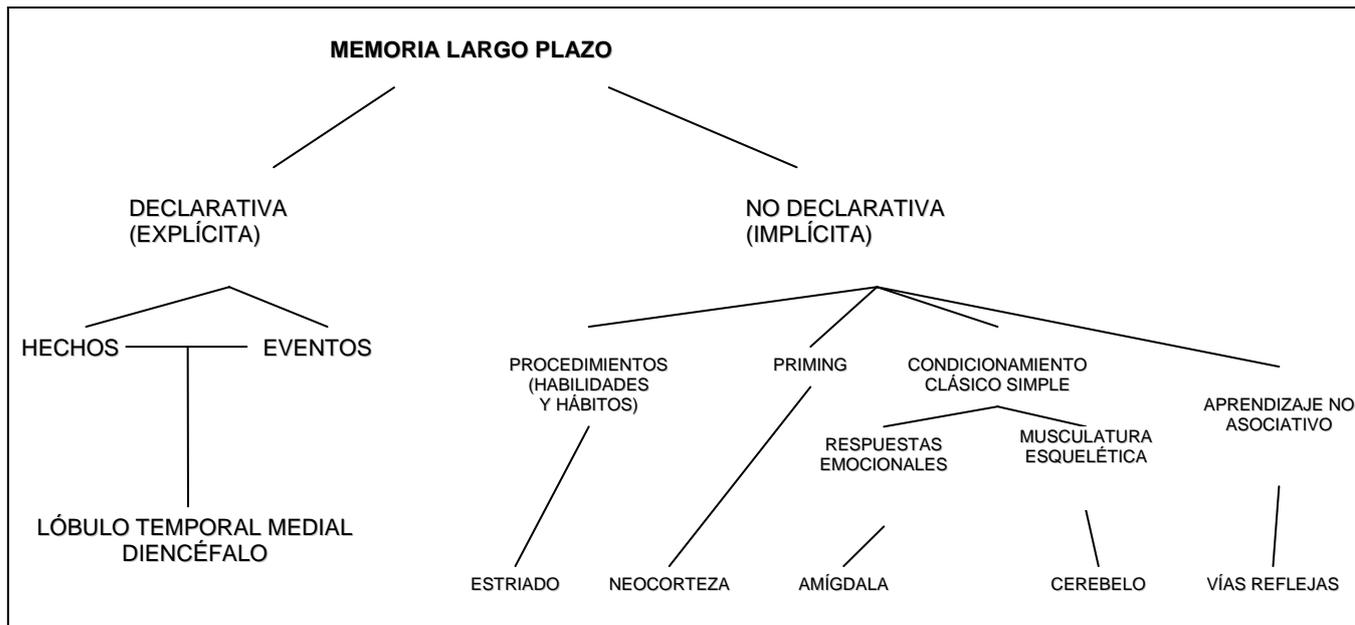


Fig. 2. Clasificación de la Memoria a Largo Plazo (Traducción de Squire y Zola, 1996).

Dentro de la memoria declarativa podemos referir a la memoria episódica y a la memoria semántica (Tulving, 2002). La memoria episódica es aquella que almacena información asociada a eventos personales, es de tipo autobiográfica y contiene los contextos espaciotemporales asociados a una información particular (p. ej., cómo estábamos vestidos cuando asistimos a la última reunión familiar). En cambio, la memoria semántica se encarga de almacenar los hechos y los conocimientos sobre el mundo. Este tipo de información no tiene un contexto espaciotemporal asociado (p. ej., cuando recordamos cuáles son las preposiciones del Español – a, ante, bajo, cabe...- podremos recordarlas, sin embargo, no recordaremos qué estábamos haciendo o dónde estábamos cuando las aprendimos) (Neath y Surprenant, 2003).

Es importante mencionar que el LTM es indispensable para la formación de memorias declarativas a largo plazo, y que se piensa que la neocorteza es el almacén permanente de memorias (Dudai, 2004; Frankland y Bontempi, 2005; Wixted, 2004b). El LTM es necesario al momento del aprendizaje y durante un largo periodo de tiempo posterior, para lograr la consolidación de las memorias (Frankland y Bontempi, 2005; Wixted, 2004b). Durante este periodo, el LTM sirve para conducir la consolidación de la información en la neocorteza, articulando las diversas zonas donde se almacena la información para poder recuperarla de manera completa, pues no siempre se trata de áreas adyacentes (Álvarez y Squire, 1994; Frankland y Bontempi, 2005). Las memorias declarativas se vuelven independientes del LTM de manera gradual, a través del fortalecimiento de las conexiones que se dan entre las diferentes áreas de la neocorteza, asociadas a una memoria determinada, con lo cual el almacenamiento y la recuperación de la misma deja de ser una función del LTM (Frankland y Bontempi, 2005; Squire y Zola, 1996).

En conclusión, contamos con una memoria a largo plazo que es responsable de almacenar información de forma implícita, como la formación de las habilidades y los hábitos, información que difícilmente se puede olvidar o no recordar. Esto nos lleva a pensar en el hecho de que parece no suceder lo mismo con la memoria explícita, es decir que en ella es mayor la probabilidad de que la información se pierda o se vuelva difícil de recuperar. La similitud de la información, la cantidad de información, la frecuencia de uso, en fin, existe una gran cantidad de factores que pueden ayudar a explicar esta diferencia

entre las memorias a largo plazo, sin embargo, la pregunta central para mí sería, ¿olvidamos la información o no somos eficientes en la recuperación?

## 4. CONSOLIDACIÓN Y OLVIDO

El tema de la consolidación ha representado un importante desafío para poder acercarnos a un conocimiento más preciso sobre los mecanismos y las estructuras involucradas en la memoria, particularmente en la memoria a largo plazo. La consolidación entonces es un mecanismo que permite establecer la formación de memorias a largo plazo (Dudai, 2004; Wixted, 2004b). ¿Cómo es que la información queda o no registrada?, ¿por qué en ocasiones no somos capaces de recordar?, ¿por qué la información que creímos haber olvidado o que nunca estuvimos conscientes de haber memorizado aparece repentinamente? Sin duda, todas estas preguntas nos llevan a plantearnos un mayor número de situaciones.

Neath y Surprenant (2003) manejan al olvido como la no consolidación, planteando que existen tres visiones sobre el olvido: la primera considera que el olvido se produce debido a problemas en el almacenamiento inicial de la información; la segunda nos dice que el olvido se debe al deterioro que sufre la información, desde su almacenamiento hasta el momento en el que tratamos de recuperarla; y la tercera, nos habla de que el olvido es producto de fallas en los procesos de recuperación de la información. Creo que todas ellas aún subyacen en las diferentes aproximaciones en el estudio de la consolidación, pero para el tema que nos ocupa la que se refiere a los problemas en el proceso de consolidación será la que nos ocupe principalmente, porque creo que ésta, además de ser una causa muy común, se puede evaluar con mayor certeza y profundidad en un diseño experimental.

#### **4.1 *¿Dos extremos de un continuo?***

Esta primera visión nos lleva a preguntarnos si estamos frente a un continuo, cuyos extremos son la consolidación por un lado y el olvido por el otro. Tradicionalmente el problema del olvido ha estado referido a una falla en la consolidación de la información dentro de la memoria a largo plazo. Müller y Pilzecker (1900, citados por Neath y Surprenant, 2003) argumentaron que el aprendizaje no concluye con la práctica y la repetición, ya que a su término se lleva a cabo un proceso llamado perseveración. Mientras mayor sea la duración de este periodo, más consolidada habrá de estar la huella de esta información en la memoria. Evidentemente si se presenta algún proceso que interrumpa a la perseveración, el proceso de consolidación se interrumpirá.

De acuerdo a Neath y Surprenant (2003), cualquier versión de la teoría de la consolidación comprende tres predicciones: la primera es que un periodo de inactividad cognitiva después del aprendizaje es más propicio para la perseveración y, por ende, para una mayor consolidación; segundo, si el proceso de perseveración es interrumpido, la huella de la memoria no puede ser consolidada y por lo tanto la información no será almacenada; y tercero, si se evita la consolidación entonces la información nunca será recordada, debido a que no se completó el proceso de almacenamiento.

La primera predicción hace referencia a la necesidad de contar con un periodo de ausencia de potenciales interferencias, como el sueño, para consolidar la

información; Jenkins y Dallenbach (1924, citados por Wixted, 2004b) realizaron estudios para el aprendizaje de sílabas; durante el intervalo de retención, uno de los grupos durmió mientras que el otro permaneció despierto. Los hallazgos mostraron que quienes habían estado en reposo después del aprendizaje, lograron una mayor retención de la información en comparación de los sujetos que no durmieron. Esto confirmaría al mismo tiempo que el problema de la falta de consolidación de la información se debía no sólo a la falta de un adecuado periodo de perseveración, sino también a la ausencia de interferencias después del aprendizaje (Wixted, 2004b).

En cuanto a la segunda predicción, la investigación se centró en hacer de la interferencia la principal responsable del olvido. Así, Underwood (1957 citado por Wixted, 2004b) propuso que el olvido es consecuencia de la interferencia causada por los aprendizajes previos (interferencia proactiva), y se pensó que en menor grado existía también, la causada por aprendizajes posteriores (interferencia retroactiva) (Wixted, 2004b). Este punto de vista quedó superado con el tiempo, cuando los mismos experimentos de sueño (Wixted, 2004b), demostraron que la consolidación de la información se daba mejor ante la ausencia de una interferencia retroactiva, contrario a lo que postuló Underwood (1957, citado por Wixted, 2004b), cuando dijo que la interferencia retroactiva era probablemente la menor causa del olvido. Sobre todo cuando en 1960, Underwood y Postman (citados en Wixted, 2004b), demostraron que el aprendizaje previo puede ser una importante causa de olvido en el aprendizaje del nuevo material. Para probarlo utilizaron el aprendizaje de pares de palabras en un esquema denominado paradigma A-B, A-C. Cuando se utilizaba una

palabra A asociada con la palabra B, en un proceso de aprendizaje, y poco después se utilizaba la misma palabra A asociada con otra palabra C, se presentaba el fenómeno de interferencia proactiva, con lo cual la respuesta B que estaba en desuso, entraba entonces en un proceso de extinción de la relación A-B, proceso llamado desaprendizaje (Wixted, 2004b).

Otro ejemplo de que si el periodo de perseveración era interrumpido elimina la consolidación, es la amnesia retrograda (aquella en la cual el sujeto no es capaz de recordar un evento aprendido con anterioridad), a través de los modelos en ratas utilizados en los experimentos de Duncan (1949, citado por Neath y Surprenant, 2003). En estos experimentos, las ratas aprendían una conducta de evitación producto de la administración de descargas eléctricas moderadas, posteriormente se les indujo una amnesia retrograda, mediante la administración de choques electroconvulsivos (CES), para causar una interferencia retroactiva, con lo cual se esperaba olvidarían la conducta de evitación. Los resultados mostraron que la conducta de evitación había sido olvidada, ya que la amnesia inducida había interrumpido el proceso de consolidación. Se dijo que el proceso de consolidación duraba aproximadamente una hora, ya que el diseño experimental consistió en la aplicación de CES en periodos de los 20 segundos hasta las cuatro horas, posteriores al aprendizaje. Alguno de los inconvenientes de este diseño experimental fueron la imposibilidad de saber si la rata había olvidado la conducta de evitación, o simplemente permanecía inmóvil para recibir la descarga eléctrica utilizada en la conducta de evitación, en lugar de CES que suponía un daño mayor. Para resolver este inconveniente en 1965, Chorover y

Schiller (1965, citados por Neath y Surprenant, 2003), diseñaron un experimento en el cual se requería que la rata mostrara una conducta de inmovilidad, ya que en el experimento de Duncan (1949, citado por Neath y Surprenant, 2003) se requería que las ratas mostraran como respuesta una conducta activa. Este nuevo diseño experimental no requería de la rata una conducta activa, con lo cual se salvaba el obstáculo anterior, al no saber si la inmovilidad de la rata se debía a la amnesia experimental provocada por los CES, o a la preferencia por un castigo menor, como lo era la descarga eléctrica en relación con el CES. Este nuevo diseño experimental de Chorover y Schiller (1965, citados por Neath y Surprenant, 2003) consistió en colocar a las ratas sobre una plataforma elevada. Dado que las ratas evitan la altura, y su conducta natural las lleva a bajarse de la plataforma, por lo que al hacerlo recibían una descarga eléctrica; así las ratas aprendieron a permanecer inmóviles sobre la plataforma para evitar la descarga eléctrica. De tal forma que se podía ver claramente, si las ratas habían olvidado la conducta de evitación, pues al provocarles la amnesia experimental mediante la administración de los CES, el olvido de la conducta de evitación las llevaría a abandonar la plataforma elevada de manera inmediata, pues esta es la conducta natural. Los hallazgos de Chorover y Schiller (1965, citados por Neath y Surprenant, 2003) difieren en el periodo de consolidación hallado previamente, pues éste dura tan sólo 10 segundos, a diferencia de una hora como propuso Duncan (1949, citado por Neath y Surprenant, 2003). Más adelante, con un diseño similar a Chorover y Schiller (1965, citados por Neath y Surprenant, 2003), Quartermain, McEwen y Azmitia (1972 citados por Neat y Surprenant, 2003) encontraron que la información era almacenada aún cuando no pudiera ser recuperada, lo cual

va en contra de la tercera predicción acerca de la consolidación. En su diseño, al igual que Chorover y Schiller (1965, citados por Neath y Surprenant, 2003) entrenaron a las ratas y las probaron 24 horas después de haber sufrido CES; además, las probaron 48 y 72 horas después del aprendizaje. Quartermain *et al.* (1972 citados por Neat y Surprenant, 2003) encontraron que las ratas probadas 72 horas después de CES no presentaron amnesia, mientras que las de 24 y 48 horas sí. Con estos resultados se contradice la teoría de la consolidación que indica que si la consolidación es impedida, el aprendizaje nunca será recordado.

Podemos concluir entonces que la consolidación y el olvido no son los extremos de un continuo, en el cual a medida que nos acercamos a uno, nos alejamos del otro; no es posible hablar entonces de una teoría de la consolidación de todo o nada, pues las evidencias que hemos revisado demuestran lo contrario. Aún en aquellos diseños experimentales en los cuales pensamos que no habría consolidación, hemos encontrado evidencia que sí ocurre, por lo que a pesar de que son varios los factores que intervienen en la consolidación, podemos hablar, más que de un deterioro de la información, de un debilitamiento de las estrategias que utilizamos para recordar. Con ello, es probable que la información siempre esté allí, pero no somos capaces de recuperarla, aunque también es justo decir, que existen procesos naturales, como el envejecimiento, que van deteriorando nuestras estructuras cerebrales (Neat y Surprenant, 2003) y con ellas la información allí almacenada.

## **4.2 ¿Olvidamos o no somos capaces de recordar?**

Si asumimos que la información logró consolidarse, la pregunta entonces nos lleva a cuestionarnos si realmente existe un deterioro o pérdida de la información (Ribot, 1881, 1882, citado en Wixted, 2004b) o simplemente se da un fallo en los mecanismos para recordar, causado por fenómenos como la interferencia proactiva y la retroactiva. Por lo que la siguiente pregunta que nos debemos hacer es: ¿el simple paso del tiempo es responsable de un proceso de deterioro de la información, o existió un evento que interfirió con la consolidación de la información a largo plazo?

Al respecto, los principales promotores de la interferencia proactiva han sido los psicólogos experimentales como Underwood (citado por Wixted, 2004b), quienes la han visto como la responsable principal del olvido, pues se han opuesto a aceptar que se da un deterioro de la información. Recordemos que la interferencia proactiva es causada por la saturación de una señal que previamente fue asociada con un estímulo particular y posteriormente fue nuevamente asociada con un estímulo diferente.

Sin embargo, ante las inconsistencias encontradas en los experimentos de interferencia proactiva, desde los experimentos de sueño realizados por Jenkins y Dallenbach (1924, citados por Wixted, 2004b) que prueban el importante papel de la interferencia retroactiva (causada por la distracción de los recursos cerebrales asociados a otro tipo de información o proceso, antes de que la información previamente aprendida se consolide), hasta los experimentos que demuestran que el aprendizaje de nuevas asociaciones no se traduce en el desaprendizaje de asociaciones aprendidas anteriormente (Slamecka, 1966 citado por Wixted, 2004b), hemos entrado en una crisis

causada por la creciente postulación de teorías de la interferencia cada vez más complicadas, ante las inconsistencias encontradas en cada diseño experimental nuevo (Wixted, 2004b).

La mayoría de las aproximaciones al estudio del olvido han estado centradas en teorías de la interferencia, particularmente la interferencia proactiva (Underwood, 1962 citado por Wixted, 2004b). Desafortunadamente, el paso del tiempo demostró que este tipo de interferencia era una buena aproximación para el estudio del olvido en ambientes de laboratorio, pero que poco tenía que ver con la vida real. Derivado de lo anterior, los postulados sobre el importante papel que también juega la interferencia retroactiva han cobrado fuerza. Los trabajos de Jenkins y Dallenbach (1924, citados por Wixted, 2004b) no utilizan el paradigma de aprendizaje A-B, A-C (saturación de la señal al asociar un mismo ítem, con dos ítems diferentes, como lo postula la interferencia proactiva), para explicar el olvido. Como bien lo señala Wixted (2004), ha quedado atrás la hipótesis de que la principal causa del olvido es la interferencia proactiva. Ya en 1968, Geoffrey Keppel (citado por Wixted, 2004b), un alumno de Underwood, advirtió que la principal causa del olvido eran las interferencias retroactivas no específicas, es decir todas aquellas tareas o sucesos que en la vida cotidiana se presentan después de un aprendizaje, obstaculizando la consolidación de la información. Desafortunadamente pocos volvieron su mirada hacia esta propuesta (Wixted, 2004b).

Ante todo este panorama, había que volver los ojos hacia las neurociencias y la psicofarmacología. Para explicar el olvido Wixted (2004b) retoma, a partir del

famoso paciente H.M. y los trabajos con modelos animales de amnesia retrógrada, la importancia que tiene el hipocampo en la formación de nuevas memorias. La amnesia retrógrada es entendida como la incapacidad para recordar hechos que se suscitaron previos al incidente que causó el daño de la formación hipocampal; es importante mencionar que se presenta una graduación temporal en los hechos que sí se pueden recordar, es decir que entre más reciente sea la memoria existe una mayor probabilidad de que no se pueda recuperar. Por lo tanto, aquellas memorias cuya consolidación requieren de la formación hipocampal para su formación y consolidación, fracasaron en la formación de la huella de memoria, pero aquellas más antiguas que ya no dependían de estas estructuras, podían ser recordadas (Frankland y Bontempi, 2005; Squire *et al.*, 2004; Wixted, 2004b). Estos dos fenómenos dependientes de las estructuras cerebrales localizadas en el LTM, nuevamente nos enfrentan con la necesidad de contar con una teoría de la consolidación. Con esto quiero decir que al existir evidencia de un periodo de tiempo necesario para lograr la consolidación es necesario preguntarnos cuánto tiempo tiene que pasar para que la información se vuelva resistente a un daño en la formación hipocampal.

La primera consideración en este sentido la encontramos ya desde la segunda ley de Jost en 1897 (citado por Wixted, 2004a, 2004b), que postula que si tenemos dos asociaciones igual de fuertes pero con edades diferentes, la asociación más vieja se deteriora a un ritmo más lento que la más reciente. Esto tiene estrecha relación con la ley de Ribot (1881/1882, citado por Wixted, 2004a, Wixted, 2004b) o el gradiente temporal de la amnesia retrógrada, el cual nos dice que las memorias se tornan más resistentes al daño cerebral a

medida que se vuelven más viejas. La ley Ribot (1881/1882, citado por Wixted, 2004a, 2004b) también se relaciona con la primera ley de Jost, conocida como ley del olvido. Ribot postula que a medida que las memorias envejecen se vuelven más resistentes a las interferencias retroactivas más comunes. Todo esto deja una clara evidencia de que finalmente las memorias sí se consolidan a través del tiempo, razón por la cual debemos volver los ojos sobre una revisión más cuidadosa de las evidencias en torno a la interferencia retroactiva. Wixted (2004b) menciona en su trabajo la existencia de un gradiente temporal de la interferencia retroactiva. Wixted (2004b) propone que éste gradiente se puede observar cuando una tarea de aprendizaje es seguida de otra actividad que implica un ejercicio mental (por ejemplo, cuando el sujeto realiza cualquier otra actividad que demanda recursos del sistema hipocampal), dependiendo del momento en el cual se presente la interferencia, se puede presentar o no la interferencia retroactiva (Wixted, 2004b). En la medida que sea mayor el intervalo de tiempo entre el aprendizaje y la distracción de recursos del sistema hipocampal en una nueva tarea se dará una mayor consolidación de la información aprendida. Por el contrario, cuanto más inmediata se presente una nueva tarea de aprendizaje, mayor será el efecto de la interferencia retroactiva, al no haber dado suficiente tiempo para la consolidación de la información. Cuando el aprendizaje es seguido, por un intervalo de retención en tranquilidad (por ejemplo, un intervalo de tiempo en el cual el individuo se encuentra despierto pero no se involucra "mentalmente" en otras actividades), se presenta una mayor consolidación de la información. Wixted (2004b) también postula que este fenómeno ha permanecido encubierto por muchos años dentro de los diseños experimentales que utilizan la saturación de la señal (aprendizaje

proactivo), debido a que durante la fase de recuperación de la información no existe un claro momento de tranquilidad mental (por ejemplo: el sólo hecho de pedirle al individuo que recuerde la lista de palabras inicialmente aprendida, demanda recursos del sistema hipocampal), pues la misma tarea de recuperación implica ya la participación del hipocampo (Wixted, 2004b).

Las consideraciones sobre la interferencia retroactiva plantean una importante explicación alternativa al problema del olvido. De alguna forma nos sugiere, como lo menciona Wixted (2004b), que contamos con un número de recursos limitados para memorizar, por lo cual entre más recursos se encuentren ocupados menor será nuestra eficiencia en la memorización y en la consolidación. Por ello, a diferencia de la propuesta de la interferencia proactiva que nos dice que el olvido se da por aprender una nueva asociación que deja en desuso a la primera, la interferencia retroactiva se refiere más a la interferencia causada por la cantidad de actividades mentales en las cuales nos involucramos después de un aprendizaje (Wixted, 2004b). Es pertinente tal vez recordar que estos fenómenos no se presentan más que en el aprendizaje que depende del hipocampo y cuando el tipo de información que causa la interferencia es igual al de la información aprendida.

Además, encontramos que las funciones matemáticas propuestas para intentar describir el olvido tienen que tomar en cuenta que si el proceso de consolidación se dio sin interferencias totales, la información almacenada no puede llegar a desaparecer, por lo que nunca alcanzará el valor de cero. Para explicar esto mejor, recordemos que la función del olvido se grafica como la

cantidad de información recordada en función del tiempo transcurrido después del aprendizaje (Wixted, 2004b). De acuerdo a lo que hemos revisado dentro del marco de la teoría de la consolidación, existe la evidencia de que con el transcurso del tiempo se presentará de manera gradual un deterioro en la recuperación de la información, por lo que la gráfica resultante será curvilínea, volviéndose tangente a medida que el tiempo transcurre (Wixted, 2004a, 2004b). Todo esto nos llevaría a pensar en la siguiente función exponencial:

$$R(t) = ae^{-bt}$$

donde  $R(t)$  es la cantidad de información recordada,  $t$  es el tiempo transcurrido desde que se dio el aprendizaje,  $e$  es la base de los logaritmos neperianos<sup>1</sup>, y  $a$  y  $b$  son parámetros relacionados con la pendiente y el punto de intersección de la función (Wixted, 2004b). Esta función se utiliza en la expresión matemática de una gran cantidad de fenómenos físicos, y parecería bastante adecuada para explicar el fenómeno del olvido. Sin embargo, no debemos olvidar que se convierte en una curva asintótica al eje de las  $x$ , razón por la cual no se presentaría nunca la consolidación (Wixted, 2004b). Para ejemplificar esto incluyo la siguiente Figura 3, en la cual podemos observar que a manera que transcurre el tiempo la cantidad de información disminuye, sin llegar nunca a un valor igual a cero (Wixted, 2004a).

---

<sup>1</sup> El logaritmo es el exponente de la potencia a la cual se debe elevar un número base para hallar el número considerado. En el caso de los logaritmos neperianos o naturales, el número base se expresa por la letra  $e$  y su valor es igual a 2.718281, a diferencia de los logaritmos decimales cuya base es el número 10. El término neperiano se utiliza en honor al matemático escocés John Neper (o Napier) quien inventó los logaritmos en 1614.

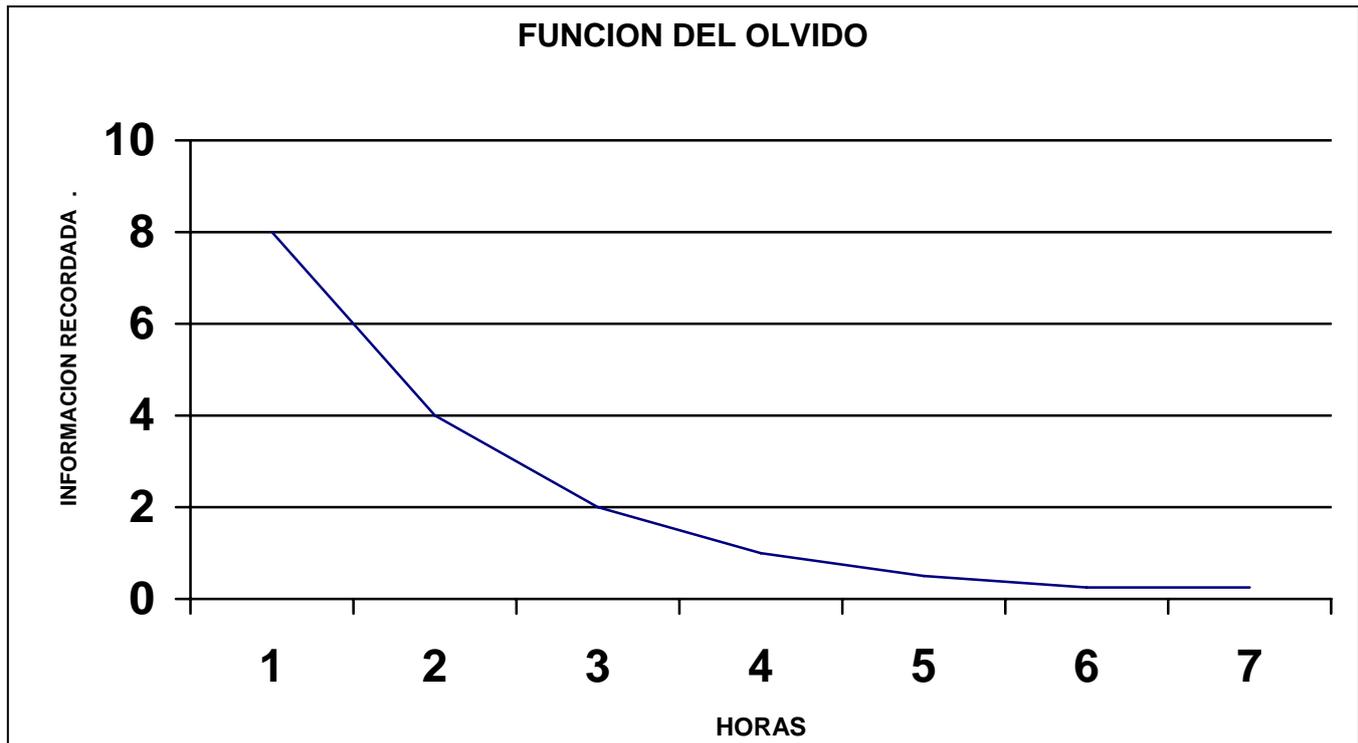


Fig. 3 Función del olvido mediante una ecuación exponencial.

Esta función por sí misma no se presenta como una adecuada explicación matemática del fenómeno de la consolidación, pues aunque la cantidad de información retenida, ciertamente decae con el transcurso del tiempo, también es cierto que una parte de esa información logra consolidarse, con lo cual se vuelve más resistente al paso del tiempo.

Ebbinghaus (1885/1913, citado por Wixted, 2004b) propuso una función logarítmica para explicar el olvido, más tarde Wickelgren (1974, citado por Wixted, 2004b) argumentó que una función potencial describía de manera más precisa la función del olvido, proponiendo la siguiente ecuación:

$$R(t) = at^{-b}$$

donde  $R(t)$  es la cantidad de información recordada,  $t$  es el tiempo transcurrido y  $ab$  son parámetros relacionados con la pendiente y el punto de intersección de la función.

Estos dos modelos han sido algunas de las propuestas para describir la función del olvido. Recientemente se ha postulado que una función de potencia explica mejor el comportamiento del olvido (White, 2001, citado por Wixted, 2004b), aunque también existe una propuesta de una expresión que combina la función exponencial y la de potencia (Rubin y Wenzel, 1996, citados por Wixted, 2004b). Definitivamente, aún cuando no exista un modelo matemático capaz de explicar cabalmente el olvido, lo importante de estas aproximaciones es que muestran una decreciente tasa de deterioro de la información, con lo cual se deja evidencia de la consolidación de la información (Wixted, 2004b).

Con esto llegamos a un importante punto de reflexión, ¿cuánto tiempo requiere la información para consolidarse dentro de la memoria a largo plazo?, lo que Wixted (2004b) llama el gradiente de la interferencia retroactiva. Dicho de otra forma, la magnitud de la interferencia retroactiva (IR), depende del tiempo que transcurra desde que se da un aprendizaje, hasta que se produce otro aprendizaje diferente causando el fenómeno de la IR. Lo cual significa que la IR afecta mayormente a los aprendizajes más recientes, que aquellos que han tenido un mayor tiempo para su consolidación, dando un argumento más para pensar que una función exponencial no es la mejor explicación matemática para el fenómeno del olvido, a diferencia de un modelo que postule una tasa de deterioro proporcional siempre decreciente (Wixted, 2004b, 2004a).

Entonces para encontrar un gradiente de la IR, los diseños experimentales consisten de un aprendizaje seguido de una tarea cognitiva contrapuesta a un intervalo tranquilo de retención, como la ejecución de una tarea que no involucre la participación del hipocampo (la presión de botones en un tablero ante la presencia de un estímulo, tarea de procedimiento que depende de los núcleos de la base), se observa confiablemente un gradiente de IR. Lo cual refuerza la teoría de que la formación de nuevas memorias, interfiere retroactivamente con las memorias formadas previamente y que aún se encuentran bajo un proceso de consolidación (Wixted, 2004b). Wixted (2004b) señala también como uno de los problemas más grandes para el diseño de estas investigaciones, el poder contar con sujetos entrenados para entrar en un estado de tranquilidad o inactividad en cuanto al uso de estructuras involucradas en la formación de la memorias, indispensable para desactivar los circuitos del hipocampo, pues de lo contrario la actividad de estos, interferirá con la consolidación de memorias adquiridas anteriormente. El problema entonces se transforma en la dificultad para poder establecer una verdadera línea base, ya que se requiere de un verdadero “estado de tranquilidad”, para lograr la “desactivación” del hipocampo, lo cual se vuelve complejo ya que no sabemos cómo se está empleando esta región durante los intervalos de retención.

Para salvar estos obstáculos Wixted (2004b) hace una revisión de estudios hechos en el terreno de la psicofarmacología, ya que a través de fármacos, se puede inhibir la actividad del hipocampo produciendo lo que Wixted (2004b)

llama una mejora de la memoria retrograda. Este fenómeno se presenta cuando existe la posibilidad de que memorias recientes puedan continuar su proceso de consolidación, mientras se inhibe al hipocampo a través de un fármaco a fin de impedir la formación de nuevas memorias, sin que afecte la actividad hipocampal necesaria para la consolidación de las memorias adquiridas previamente a la administración del fármaco (Wixted, 2004b).

Por ejemplo, sustancias como el alcohol y las benzodiazepinas (que tienen un efecto inhibitor sobre las neuronas porque afectan a receptores gabaérgicos, neurotransmisor inhibitor), ambas son capaces de producir amnesias anterógradas (es decir, la incapacidad de adquirir nuevas memorias), sin afectar los procesos de consolidación de memorias adquiridas previamente a la administración de estas drogas (Bruce y Phil, 1997, Coenen y Van Luitelaar, 1997). También se probó el papel que juega el sueño en la consolidación de la memoria. Tanto bajo el uso de alcohol y benzodiazepinas, así como en la condición de sueño, la evidencia indica que sí existe facilitación de la memoria retrógrada (Wixted, 2004b).

En el caso del sueño, Ekstrand (1972, citado por Wixted, 2004b) realizó una tarea de aprendizaje de pares asociados de palabras, con un intervalo de retención de 24 horas, al final del cual a los sujetos se les aplicó una prueba de recuerdo. Aquellos sujetos que durmieron ocho horas inmediatamente después de haber concluido el proceso de aprendizaje tuvieron un mayor recuerdo de los ítems memorizados (81%) que los sujetos que durmieron ocho horas antes de la tarea de recuerdo (66%).

Todos estos resultados nos hablan de la complejidad que representa la medición del olvido y, con ello, la formulación de una función que pudiera describir de manera más precisa el comportamiento de este fenómeno de información dependiente del hipocampo. Haciendo una extrapolación con la física cuántica, me planteo la necesidad de contar con diseños experimentales y proponer funciones que evalúen el impacto de la actividad hipocampal, como una variable que altere los resultados, a la manera del principio de incertidumbre de Heisenberg.

Heisenberg (1901-1976), físico alemán, fue uno de los fundadores de la teoría cuántica y postuló su famoso principio de incertidumbre que indica que es imposible medir simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula cuántica. Sin entrar en particularidades, en una burda explicación del principio de incertidumbre, Heisenberg, nos dice que al tratar de conocer la posición o la velocidad de una partícula, se debe utilizar un método que va a alterar alguno de estos dos parámetros, por lo que se debe considerar este efecto en las mediciones. De igual forma el hecho de evaluar la consolidación de la memoria a largo plazo, implica utilizar la misma estructura (el sistema hipocampal) necesaria para lograr la consolidación de la información, con lo cual se está produciendo una interferencia. Quizás deberíamos evaluar la magnitud de esta interferencia y considerarla dentro de la expresión matemática que propongamos, para describir la función del olvido.

### **4.3 La consolidación desde la perspectiva de las Neurociencias**

Se ha observado en pacientes con lesión en el LTM que la información de reciente adquisición y que no ha tenido la oportunidad de consolidarse, es más vulnerable que aquella información almacenada con mayor tiempo, al menos anterior a la lesión (Milner *et al.*, 1998; Wixted, 2004b). El sustento de esto se da en los procesos de consolidación que podemos observar. Se ha propuesto la existencia de dos niveles de consolidación: el que se da a nivel sináptico y otro que se da a nivel de sistema (Dudai, 2004; Frankland y Bontempi, 2005).

Dudai (2004) define a la consolidación como la estabilización progresiva que se da posterior a la adquisición de la información en la memoria a largo plazo. Estabilización progresiva se traduce a cambios producidos en la estructura de la neurona, particularmente, la formación de nuevas espinas dendríticas, a la síntesis *de novo* de receptores y neurotransmisores y la formación de nuevas proteínas estructurales y funcionales (Frankland y Bontempi, 2005; Lamprecht y LeDoux, 2004). Esta definición para ser probada tiene que demostrar que existe un intervalo de tiempo durante el cual la información en la memoria a largo plazo se consolida; de tal forma que posterior a la adquisición, durante la consolidación, la información se encuentra en un estado vulnerable que podría impedir su almacenamiento.

Dentro de la consolidación podemos distinguir dos subprocesos, uno a corto plazo y otro a largo plazo. La consolidación a corto plazo se refiere a los cambios que se producen a nivel de sinapsis, mientras que la consolidación a

largo plazo son los cambios ocurridos a nivel de sistema (Dudai, 2004). Existe una diferencia en procesos más breves, donde una hora puede ser considerada suficiente, es el caso de la llamada potenciación a largo plazo (PLP, *LTP* por sus siglas en inglés), fenómeno que se presenta al incrementarse la probabilidad de que neuronas postsinápticas dentro del hipocampo se activen en respuesta al neurotransmisor liberado por las neuronas presinápticas (Wixted, 2004b). Este mecanismo ha sido visto como la base inicial de la formación de la memoria (Martin, Grimwood y Morris, 2000).

Existe un modelo experimental que ha sido central para el estudio de la memoria a largo plazo en mamíferos, nos referimos a la potenciación a largo plazo, fenómeno descubierto por Bliss en 1973 (Bliss y Lomo 2003), quienes encontraron, como producto de la estimulación eléctrica de la transmisión sináptica un aumento de la respuesta neuronal, destacable por su duración que iba desde unos minutos hasta horas e incluso hasta semanas (Abraham y Williams 2003). A este fenómeno más tarde se le llamó Potenciación a Largo Plazo (LTP, por sus siglas en inglés), la cual presenta una duración tal que en principio puede sugerirse como parte de los mecanismos sinápticos de almacenamiento y consolidación de la memoria a largo plazo (Abraham y Williams, 2003, Frankland y Bontempi, 2005 ).

Es importante rescatar algunos de los temas que nos dan pie para hablar de la consolidación sináptica de acuerdo a Dudai (2002, 2004): existe un breve período de tiempo después del entrenamiento o aprendizaje durante el cual las memorias recientemente adquiridas se vuelven resistentes a la interferencia o a

agentes bloqueadores que podrían evitar la formación de la memoria de largo plazo. La duración de este intervalo varía desde segundos hasta minutos; la estabilización de la información no es un proceso lineal, sin embargo, a través de diversos estudios se han detectado lo que Dudai (2002, 2004) llama fases intermedias de la consolidación; la aplicación de inhibidores de la síntesis de proteínas o de la formación de ARN mensajero durante el aprendizaje o poco después, bloquea la formación de memoria a largo plazo; las cascadas de transducción de señales intracelulares, de manera particular del adenosin monofosfato cíclico (*cAMP*, por sus siglas en inglés), juegan una importante función en la expresión de genes y, por lo tanto, en la formación de proteínas que resultan críticas para desencadenar los procesos de almacenamiento de información celular a largo plazo. Los procesos de síntesis de proteínas dentro de las neuronas, correlacionados y necesarios para la consolidación, tienen características multifásicas en las cuales se involucran tanto mecanismos sinápticos como intracelulares; los cambios a largo plazo en las sinapsis involucran cambios en las membranas y alteraciones en la asociación de receptores con el citoesqueleto celular, así como en las cascadas de transducción de señales (Dudai, 2002; Dudai, 2004). Adicionalmente, existe evidencia de que la plasticidad sináptica a largo plazo y la memoria a largo plazo se encuentran correlacionadas con cambios morfológicos en las sinapsis (Dudai 2002; Dudai 2004; Lamprecht y LeDoux, 2004).

Con los antecedentes que hemos revisado podemos decir que existe suficiente evidencia de los procesos de consolidación que se presentan a nivel sináptico e intracelular, desde la función ARN para la expresión de genes y la síntesis de

proteínas como correlato del almacenamiento de la información de la memoria a largo plazo (Dudai, 2004; Lamprecht y LeDoux, 2004), lo cual propicia y estabiliza las modificaciones citoesqueléticas a largo plazo (Lamprecht y LeDoux, 2004). Estas modificaciones se presentan en periodos que van desde minutos hasta horas y se manifiestan en cambios morfológicos inducidos por el aprendizaje, o a nivel experimental por potenciación a largo plazo, es así como encontramos cambios en tamaño de botones de las espinas dendríticas, ensanchamiento o acortamiento del cuello de las espinas dendríticas, perforación de botones y formación de nuevos botones en las espinas dendríticas (Lamprecht y LeDoux, 2004). Estos cambios estructurales se traducen en cambios fisiológicos que afectan la actividad y respuesta de las neuronas, conformando así patrones sistémicos de acuerdo a la especificidad de las diversas áreas del cerebro involucradas en las diversas fases y manifestaciones de la memoria a largo plazo (Frankland y Bontempi, 2005).

Siguiendo con nuestro planteamiento inicial, hablaremos ahora de lo que Dudai (2004) llama consolidación a largo plazo e identifica los cambios que se dan a nivel de sistema. Como resultado de estudios en seres humanos y animales, Dudai (2004) concluye que: las evidencias con pacientes amnésicos nos señalan la existencia de una amnesia retrograda gradual para la memoria declarativa (Burham 1903, Ribot 1882, Russell y Nathan 1946, Squire y Álvarez 1995, citados por Dudai 2004; Frankland y Bontempi, 2005). Estos estudios dejan clara la función central del LTM. El funcionamiento normal del LTM promueve la formación a largo plazo de recuerdos de tipo declarativo o explícito que se almacenan en la neocorteza. Sin embargo, cuando el LTM, uni

o bilateralmente, está dañado, imposibilita la consolidación de nuevas memorias declarativas a largo plazo. De allí que una de las funciones del LTM es la de consolidar la información a largo plazo. Sin embargo, esta función está limitada en el tiempo (Dudai 2004; Frankland y Bontempi, 2005). La consolidación de la memoria declarativa a largo plazo deja de depender del hipocampo después de un determinado tiempo (Dudai, 2004; Frankland y Bontempi, 2005). La formación de nuevas memorias no declarativas para pacientes amnésicos con daño en el LTM es preservada notablemente con lo cual se demuestra que el LTM no es indispensable para la consolidación de memoria no declarativa a largo plazo (Dudai 2004; Milner *et al.*, 1998); el déficit que se da en la amnesia gradual retrógrada no tiene que ver con la adquisición, o la memoria a corto plazo, ni siquiera con las capacidades globales de almacenamiento, sino con la consolidación o recuperación de la memoria declarativa a largo plazo (Dudai, 2004; Milner *et al.*, 1998). Los experimentos con animales no humanos en los cuales se producen lesiones de la formación hipocampal o de la corteza entorrinal producen amnesia retrograda experimental, demostrando un daño gradual en la memoria con duración de semanas, reafirmando el papel central y temporal de la formación hipocampal y las estructuras relacionadas con la memoria a largo plazo (Dudai, 2004; Kim, Clark y Thompson, 1995; Kubie, Suhterland y millar, 1999); finalmente los estudios de imagenología funcional del cerebro han demostrado que existe en el LTM humano una actividad gradual posterior a la adquisición (Dudai, 2004), esto nos deja ver la existencia de una reorganización de los circuitos del cerebro a lo largo del tiempo como correlato del proceso de consolidación (Dudai 2004).

Lo que los experimentos sobre consolidación nos han dejado es la certeza de que existen una serie de cambios que se dan a nivel celular, durante procesos de aprendizaje y en modelos experimentales como LTP producido experimentalmente en regiones como CA1 del hipocampo y la corteza cerebral (Frankland y Bontempi 2005; Lamprecht y LeDoux 2004; Dudai 2004). Los correlatos de estos cambios tienen componentes morfológicos como la formación de nuevas espinas dendríticas o la formación de nuevos botones sinápticos, por decir algunos, y cuentan también con correlatos fisiológicos como las cascadas disparadas por la activación sináptica durante las cuales, a través de segundos mensajeros, se inician procesos como la expresión de genes y la formación de proteínas (Abel y Lattal, 2001; Dudai, 2002, 2004; Frankland y Bontempi, 2005). Esto que hemos descrito como la consolidación inicial o rápida a nivel sináptico, es sólo el principio de lo que se ha llamado la consolidación a nivel de sistema, la cual incluye cambios en la manera en la cual se organizan las diversas áreas del cerebro involucradas en la consolidación de memoria a largo plazo (Dudai 2004; Frankland y Bontempi, 2005). Ya hemos revisado las evidencias de que existe un proceso de consolidación gradual que se da a nivel de sistema, este proceso en el caso de las memorias declarativas, involucra principalmente a las estructuras del LTM y a la corteza prefrontal (Dudai 2004; Frankland y Bontempi, 2005). Existe entonces un proceso de consolidación a largo plazo (Dudai, 2004) cuya existencia tiene correlatos en diversas áreas de la corteza cerebral dependiendo del tipo de información. Las áreas de la corteza cerebral muestran una actividad en paralelo con las estructuras del LTM durante el proceso de

aprendizaje o de adquisición de nueva información (Dudai 2004; Frankland y Bontempi, 2005). Esta actividad registrada a través de diversas técnicas como las imágenes funcionales del cerebro obtenidas a través de resonancia magnética (Abel y Lattal, 2001; Cohen, Ryan, Hunt, Romine, Wszalek, y Nash, 1999; Meeter y Murre, 2004; Poldrack, *et al.*, 2001), es mayor en el LTM cuando se trata de un proceso de adquisición de memoria declarativa comparado con la memoria implícita, con el paso del tiempo se va trasladando la actividad a la corteza cerebral (Álvarez y Squire, 1994; Dudai, 2004; Frankland y Bontempi, 2005; Meeter y Murre, 2004; Poldrack *et al.*, 2001) al momento de activar dichas memorias, con lo cual gradualmente el LTM deja de ser importante para el almacenamiento y recuperación de esta información, quedando finalmente almacenada en la corteza cerebral y dependiente de ella para su recuperación (Álvarez y Squire, 1994; Dudai, 2004; Frankland y Bontempi, 2005; Meeter y Murre, 2004; Wixted, 2004b). La función del hipocampo entonces es no sólo transferir el almacenamiento y control de la memoria declarativa a la corteza prefrontal, sino también de activar las diversas zonas de la corteza involucradas de acuerdo a la naturaleza de la información que se está almacenando, dándose un proceso lento de cambios entre las conexiones entre las diversas áreas de la corteza, paralelamente a una serie de cambios rápidos entre las conexiones del LTM y las diversas áreas de la corteza involucradas (Álvarez y Squire, 1994; Frankland y Bontempi, 2005).

Además del proceso de consolidación a largo plazo que se presenta a nivel de sistemas, como hemos revisado, es imprescindible hablar de un tema que se encuentra en el centro del debate en torno la consolidación: la reconsolidación

(Dudai, 2002, 2004). Como Dudai (2004) lo menciona, el hecho de hablar de un proceso de reconsolidación no nos debe llevar a anular la consolidación, sino a pensar que el proceso de reconsolidación pone nuevamente a la información en un estado temporal de labilidad, con lo cual la información puede nuevamente ser susceptible de ser modificada o evitar su consolidación e incluso, susceptible de eliminarse. En el fondo, el planteamiento que presenta el fenómeno de la reconsolidación es que no sólo es el tiempo que transcurre desde la codificación de una huella de memoria lo que la hace vulnerable, sino también el estado funcional en el cual se encuentra (Dudai, 2004), esto es que a pesar de haber sido consolidada, cada vez que el sistema vuelve a utilizar esa información, ésta se torna lábil y, por lo tanto, vulnerable a sufrir una modificación. El proceso de la reconsolidación se manifiesta en periodos más largos que la duración de la consolidación sináptica, pero más cortos que el lapso de vida de una memoria (Dudai, 2004)

Otro hallazgo importante fue el de Nader, Schafe, y LeDoux (2000), quienes en una tarea de inducción de miedo manifestada por una conducta de congelamiento, a través de condicionamiento Pavloviano, encontraron que la administración de un inhibidor de la síntesis de proteínas en los núcleos lateral y basal de la amígdala, inmediatamente después del aprendizaje bloqueaba la consolidación de esta memoria. También estos investigadores reportaron que la administración de este inhibidor de manera inmediata después de la recuperación de la memoria, produce amnesia en las ratas, no importando si la prueba se realizaba entre uno y catorce días posteriores al entrenamiento; este mismo procedimiento de administración del inhibidor cuando la memoria no

estaba siendo reactivada, no produjo efecto alguno en la memoria. La conclusión de acuerdo a Nader *et al.* (2000) es que la reactivación de una memoria de miedo consolidada, la pone en un estado de inestabilidad una vez activada, el cual requiere de un nuevo proceso de consolidación o reconsolidación, a través una nueva síntesis de proteínas.

En la investigación sobre la reconsolidación también se ha encontrado que en tareas de evitación pasiva, para cuya consolidación se requiere del hipocampo, la administración de un inhibidor de la síntesis de proteínas directamente en el hipocampo, inmediatamente después de la recuperación de una memoria consolidada no produce efecto alguno en la memoria (Dudai, 2004). Por lo cual se plantea que el proceso de extinción probablemente se deba a un re-aprendizaje más que a un des-aprendizaje, con el consiguiente proceso de nueva síntesis de proteínas que a nivel sináptico se da al formarse la nueva memoria. Dudai (2004) enfatiza el hecho de que al menos en este tipo de protocolos de memoria declarativa, la memoria original parece no entrar en un estado de inestabilidad durante el proceso de recuperación.

De acuerdo a Dudai (2004), Frankland y Bontempi (2005) y Lamprecht y LeDoux (2004), las evidencias de consolidación de la memoria a largo plazo se manifiestan a través de cambios fisiológicos y estructurales, que van desde procesos de facilitación e inhibición en las sinapsis, hasta la aparición de cambios morfológicos, como el surgimiento de nuevos botones sinápticos o el desarrollo de nuevas espinas dendríticas.

De acuerdo a Lamprecht y LeDoux (2004), se han realizado estudios en cultivos de células hipocampales, a las que se les ha aplicado estimulación de

alta frecuencia para provocar LTP, con lo cual se puede inferir cómo se manifiesta la LTP en el hipocampo, fenómeno que se asocia con cambios morfológicos en las espinas dendríticas. Los primeros cambios en las espinas dendríticas empiezan a manifestarse a partir de los 2 minutos posteriores a la estimulación y tienen una duración de hasta 23 horas (Lamprecht y LeDoux, 2004; Toni *et al.*, 1999). También se ha observado un incremento en el número de botones sinápticos múltiples que forman sinapsis sobre las espinas de neuronas del hipocampo, 24 horas después del condicionamiento parpebral, en un experimento de aprendizaje asociativo (Lamprecht y Ledoux, 2004).

Existe evidencia de que procesos como el aprendizaje producen cambios morfológicos a nivel de sinapsis (Abraham y Williams, 2003), y que cambios similares se producen experimentalmente a través de LTP (Abraham y Williams, 2003; Frankland y Bontempi, 2005; Lamprecht y LeDoux, 2004). Esta similitud ha sido considerada como una razón suficiente para considerar al LTP como un modelo experimental para estudiar el aprendizaje, ya que no sólo se ha encontrado que produce cambios morfológicos similares a nivel de sinapsis, sino que también se ha demostrado que LTP puede ser desactivada a través de nuevas experiencias de aprendizaje, posteriores a la estimulación (Abraham y Williams, 2003).

Bajo ciertas condiciones se ha encontrado que la LTP producida en el giro dentado (estructura que forma parte de la formación hipocampal, la cual está formada por células granulares que reciben información de la neocorteza y envían información al hipocampo) se estabilizan, pudiendo durar meses y en un

caso hasta un año (Abraham y Williams, 2003). Las condiciones necesarias para que se presente este fenómeno requieren que no se perturbe al animal entre 30 y 60 minutos antes y después de la aplicación de la estimulación, la cual deberá observar un patrón suficiente de aplicación de trenes de estímulos capaces de producir tal duración (Abraham y Williams, 2003).

En la corteza cerebral también se presenta el fenómeno de LTP, sin embargo a diferencia de los experimentos en el hipocampo, para conseguirlo es necesario aplicar una serie de estimulaciones de alta frecuencia distribuidas a lo largo de varios días, presentándose entonces LTP con duración de hasta 4 o 5 semanas (Trepel y Racine, 1998, citados por Abraham y Williams, 2003). De acuerdo a Abraham y Williams (2003), esto contribuye a confirmar la hipótesis de que los procesos de aprendizaje mediados por la corteza cerebral son más lentos, con lo cual se controla el almacenamiento de nueva información sin interferir con la información anterior (Abraham y Williams, 2003; Frankland y Bontempi, 2005; Viskontas, McAndrews y Moscovitch, 2000).

## 5. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO

Después de revisar el tema de la consolidación quedan aún muchas preguntas por responder, sin embargo existen también claras evidencias que permiten a los investigadores plantear las líneas que habrán de seguirse en adelante, que en ocasiones podrán resultar o parecer contradictorias con el contexto histórico existencial que guardan en este momento las investigaciones sobre la memoria.

- Sabemos que existe una clara evidencia de cambios que se dan a nivel celular e intracelular de las diversas estructuras cerebrales cuando se llevan a cabo los procesos de aprendizaje y adquisición de memorias, sin embargo, aún no sabemos de manera exacta cómo estos procesos se traducen en almacenamiento y expresión de memoria.
- También hemos encontrado sólidas evidencias sobre el proceso de consolidación en la cual se involucran diversas estructuras cerebrales, dependiendo del tipo de memoria que se trate, y que conforman sistemas que gradualmente van transfiriendo el almacenamiento y la recuperación de unas estructuras a otras. Pero aún es insuficiente la información sobre las vías que se utilizan, la forma en que se dan estos procesos, la duración de los mismos, y sobre la función que tienen las diversas interconexiones de las estructuras que participan en cada sistema.
- Es contundente la evidencia sobre la función que tiene el LTM en la adquisición y en la consolidación de la memoria declarativa, así como en

la posterior consolidación de la memoria en la corteza cerebral. Sin embargo, no sabemos exactamente cómo se da este proceso gradual, ni cuáles son los factores que resultan indispensables para que una memoria se consolide o no.

- Otra pregunta interesante que queda es qué pasa con la información que alguna vez se almacenó, se deteriora, se substituye por otra, o simplemente se convierte en nueva información al volverse a mezclar con nueva información.
- También sabemos que a través de los estudios realizados mediante resonancia magnética funcional se ha obtenido importante evidencia sobre el funcionamiento de la memoria con seres humanos al igual que con la electrofisiología; sin duda actualmente ambas son poderosas herramientas con las que contamos para el estudio de la memoria en sujetos humanos.

Con base en todo lo anterior he diseñado un experimento que nos pueda permitir verificar si existe una diferencia significativa en la tasa de almacenamiento de información en función del tipo de codificación que se utiliza para adquirir la información, así como los tiempos de consolidación de la información adquirida en función de los tiempos observados en que se producen cambios morfológicos a través de la LTP (Lamprecht y LeDoux 2004; Toni *et al.*, 1999), esta referencia temporal nos permitirá comparar si en un proceso de aprendizaje con seres humanos coinciden los tiempos de consolidación observados morfológicamente en la LTP, y aunque no es parte del alcance de este trabajo, también resultaría interesante llevar a cabo una

medición mediante resonancia magnética funcional de la actividad que registran las diferentes áreas del LTM (Amaral, 1999; Cohen *et al.*, 1999) involucradas en cada una de las diferentes modalidades de adquisición de la información.

El presente diseño experimental propone la formación de dos grupos asignados a una condición experimental diferente. En la primera condición los sujetos serán expuestos a una lista de palabras sin ninguna instrucción previa a la cual llamaremos **Condición de Aprendizaje Incidental (CAI)**, y en la segunda condición experimental, a los sujetos se les pedirá que memoricen las palabras de la lista que le serán presentadas, por lo que estarán en una **Condición de Aprendizaje Explícito (CAE)**.

Existen evidencias de estudios con tareas visomotoras como la predicción del clima (Squire y Zola, 1996), a través de la cual se realiza un proceso de aprendizaje que enfatiza el uso de la memoria no declarativa, mostrando rendimientos similares para sujetos que presentan daño en el LTM y sujetos sanos, esta misma tarea visomotora llevada a cabo a través de un proceso de aprendizaje mediante la asociación de pares en la cual se enfatiza el uso de la memoria declarativa, muestra ya diferencias en el desempeño entre sujetos con daño en el LTM y sujetos sanos (Poldrack *et al.*, 2001), pero también sabemos que dependiendo del tipo de aprendizaje involucrado la cantidad de información almacenada puede variar (Neath y Surprenant, 2003; Salamon, 2002). Sin embargo, ahora queremos saber si además de la cantidad de información que se logra consolidar, en función de la modalidad de adquisición

de la información, también existe alguna diferencia en los tiempos de consolidación, o en ambas condiciones experimentales la consolidación se comporta de manera similar de acuerdo a las evidencias de cambios morfológicos presentados en la LTP (Lamprecht y LeDoux 2004; Toni *et al.*, 1999).

Para llevar a cabo nuestro objetivo los sujetos serán expuestos a una lista de palabras, de acuerdo a la modalidad de adquisición de información que le corresponda a su grupo a través de una presentación visual, posteriormente mediante recuerdo libre elaborarán una lista de las palabras que recuerden, en el periodo previo al ensayo y durante el tiempo que transcurra entre la presentación de las palabras y la elaboración de la lista los sujetos participarán en una tarea visomotora, para tratar de evitar que se involucren en otro proceso cognitivo que pueda interferir con la adquisición de la información.

## 6. PROPUESTA EXPERIMENTAL

### 6.1 Hipótesis

A) La cantidad de palabras que recuerden los sujetos del grupo cuyo aprendizaje se de manera explícita será significativamente superior a las recordadas por los sujetos cuyo aprendizaje se de de manera implícita: CAE>CAI.

B) Las palabras recordada a los dos minutos será inferior a las recordadas inmediatamente después de la presentación: T2<T1

C) No existirá una diferencia significativa entra las palabras recordadas dos minutos después de su presentación y las recordadas 24 horas después, para ambas condiciones experimentales, como se infiere de las evidencias que existen en cambios morfológicos observados en neuronas asociados a la consolidación de memoria a largo plazo después estimularlas a través de LTP (Lamprecht y LeDoux 2004; Toni *et al.*, 1999).

### 6.2 Diseño

Se utilizará un diseño mixto de 2X3: donde el factor entre sujetos es la condición de aprendizaje implícito grupo CAI y la condición de aprendizaje explícito CAE. El factor intrasujetos son los ensayos de recuerdo libre realizados en tres tiempos diferentes; inmediatamente después de la

presentación de los estímulos (T1), a los dos minutos (T2) y a las 24 horas (T3).

ENSAYOS / GRUPOS	T1	T2	T3
CAI	x	x	x
CAE	x	x	x

## **7. MÉTODO**

### **7.1 *Sujetos***

Participarán 40 sujetos de entre 21 y 29 años de edad, diestros, con visión normal o corregida a lo normal, con estudios de nivel medio o superior, los sujetos serán seleccionados de manera aleatoria debiendo dar su consentimiento después de haber sido informados, los sujetos que participen recibirán un apoyo pecuniario por su participación. Su coeficiente intelectual será el correspondiente a su edad, medido con la escala de inteligencia de Weschler (WAIS, por sus siglas en inglés); esta prueba se aplicará en una primera sesión. Los sujetos carecerán de trastornos psiquiátricos o neurológicos y serán reclutados de manera voluntaria. Los sujetos se integrarán de manera aleatoria a cada una de dos condiciones experimentales (10 hombres y 10 mujeres): Condición de Aprendizaje Incidental (CAI) y Condición de Aprendizaje Explícito (CAE). Inicialmente se analizarán los grupos para asegurarnos que no existan diferencias significativas en cuanto a edad y coeficiente intelectual.

### **7.2 *Estímulos***

Se usarán sesenta palabras en español trisílabas con una alta frecuencia de uso, obtenidos de diferentes diccionarios de frecuencia en español, que represente objetos de uso cotidiano. Las palabras se presentarán en color negro sobre un fondo gris claro, para resaltar el contraste en una pantalla de computadora y evitar postimagen. Las palabras tendrán alrededor de 4° de

ángulo horizontal visual y de 1° de ángulo vertical visual. Para la tarea visomotora, se presentarán cuatro imágenes geométricas diferentes, asociada cada una a un botón de un tablero de respuestas.

### **7.3 Variables**

Variables Independientes:

- 1) Condición de aprendizaje implícito y explícito.
- 2) Intervalos de tiempo entre cada medición de la información consolidada. inmediata, dos minutos y 24 horas después de la consolidación de la información.

Variables Dependientes

- 1) Número de palabras recordadas en la medición de la información memorizada en cada condición experimental por cada sujeto, inmediatamente al término de la presentación de las palabras, a los dos minutos y a las 24 horas.

### **7.4 Procedimiento**

El experimento se llevará a cabo dentro de una cámara aislada de ruido, con una iluminación baja que permita que resalte la información de la pantalla de la computadora en la cual se presentarán los estímulos. Los sujetos se sentarán a 100 cm de distancia del monitor. Al alcance del brazo derecho de los sujetos se colocará una caja para registrar sus respuestas. Ambos grupos serán entrenados inicialmente en una tarea visomotora, que consiste en presionar una tecla diferente de acuerdo a la imagen geométrica que se les presente.

El experimento consta de tres fases: adquisición de la información, periodo de latencia y periodo de recuperación de la información memorizada.

En el periodo de adquisición a cada sujeto se le presentarán individualmente 25 palabras en letras mayúsculas, seleccionadas de manera aleatoria. Cada

palabra estará visible durante un segundo, al término del cual se quedará la pantalla en el color de fondo y se le pedirá al sujeto que repita la palabra en voz alta para confirmar que realmente detectó el estímulo y que oprima un botón de la caja para presentarle la siguiente palabra. Concluida la presentación de las palabras se le pedirá al sujeto que escriba todas las palabras que recuerde haber visto en la lista que se le presentó (tarea de recuerdo libre). Después de entregar la lista se le pedirá que realice la actividad visomotora, la cual consiste en oprimir el botón que corresponda a cada una de las figuras geométricas que se le presentan en la pantalla (con lo cual trataremos de evitar que el sujeto ocupe su memoria en otros procesos que puedan interferir con la consolidación), hasta que transcurran dos minutos desde el momento en el cual terminó de escribir la primera lista de palabras recordadas, para dar tiempo a que se lleva a cabo el proceso de consolidación, al finalizar los dos minutos se le pedirá que realice una segunda una lista con aquellas palabras que recuerde (tarea de recuerdo libre), ensayo que se volverá a repetir a las 24 horas posteriores a la presentación de la lista durante la fase de adquisición con lo cual obtendremos la tercera lista de palabras.

A los sujetos en la condición experimental CAI no se les dará ninguna instrucción al inicio del experimento, hasta que se les pida que escriba las palabras que recuerden, mientras que a los sujetos en la condición experimental CAE se le dirá previo al inicio del experimento, que se les presentará una lista de palabras que deberán memorizar.

A continuación presento un esquema que resume las diferentes fases del procedimiento:

FASES	ADQUISICIÓN	RECUPERACIÓN	LATENCIA	RECUPERACIÓN	RECUPERACIÓN
GRUPOS CAI & CAE	ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN (PRESENTACIÓN DE LAS 25 PALABRAS)	Recuperación de la información al terminar la presentación de la lista de palabras (T1).	LATENCIA (EJECUCIÓN DE LA TAREA VISOMOTORA DURANTE DOS MINUTOS)	Ensayo RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN A LOS DOS MINUTOS (T2)	RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN A LAS 24 HRS (T3)

## 7.5 *Análisis de datos*

Se realizarán Análisis de Varianza (ANOVA) mixtos de 2X3. El factor entre grupos es el grupo (CAI vs. CAE) y el factor intragrupo es el intervalo de tiempo de medición de la información consolidada. Se considerarán las diferencias significativas, con un nivel de  $P < 0.05$ . Para determinar de los resultados significativos en dónde se encuentran el efecto tanto del factor intragrupo como de la interacción de los factores, se empleará la prueba *post hoc* Tuckey (Mendenhall, McClave y Madelaine 1977).

## 8. Conclusiones

Este diseño experimental nos permitiría en un primer momento determinar cuál es el nivel máximo de palabras codificadas que se obtuvo en cada una de las condiciones experimentales, obteniendo así la tasa de información almacenada. Además, con las mediciones subsecuentes, obtendremos la tasa de la información consolidada en la memoria a largo plazo.

Una primera diferencia en la tasa de almacenamiento será la debida al fenómeno de recencia dado que en la primera medición, los sujetos aún recordarán palabras almacenada en su memoria a corto plazo y a los dos minutos sólo recordarán palabras almacenadas en su memoria a largo plazo. También espero que los resultados marquen diferencias significativas entre los tipos de aprendizaje implícito y explícito, dado que los fenómenos de potenciación a largo plazo son diferentes en el hipocampo y en la neocorteza.

Como hemos visto en la literatura revisada, un proceso que involucra a la memoria implícita, en la presente propuesta experimental, caso de la condición CAI, asumimos que el proceso de aprendizaje se da a través de la memoria no declarativa, por lo que requiere de mayor tiempo para consolidar la información, y se perfecciona a través de las subsecuentes repeticiones, mientras que un proceso que involucra a la memoria declarativa está vinculado a factores como la capacidad de memoria y aquellos procesos que puedan interferir con los procesos de consolidación, razón por la cual esperamos una mayor tasa de almacenamiento de información en las condición CAE.

Cabe destacar que en ambas condiciones el proceso de recuperación de la información se hace a través de la memoria explícita. Sin embargo, la manipulación experimental propuesta aquí se centra en la forma en que se codifica la información. Nuestro interés consiste en evaluar si la consolidación y la recuperación de información se modifica en función de diferentes tipos de aprendizaje o adquisición de la información, es decir, la adquirida de forma explícita o la adquirida de forma implícita.

Haciendo una inferencia de los experimentos realizados en neurociencias esperamos que la información consolidada observada en la medición realizada a los dos minutos de la fase de codificación nos arroje la tasa de consolidación en concordancia con los hallazgos hechos en los experimentos que se reportan en cultivos de células hipocampales estimuladas mediante LTP (Lamprecht y LeDoux, 2004; Toni *et al.*, 1999): a los dos minutos se empiezan a observar los primeros cambios morfológicos, presentándose el mayor número de cambios a las 23 horas (Lamprecht y LeDoux, 2004; Toni *et al.*, 1999). Estos trabajos muestran que la información almacenada a los dos minutos es prácticamente la misma que se registrará a las 24 horas, por lo que la medición realizada 24 horas después no deberá mostrar diferencias significativas con la realizada a los dos minutos. Una de las aportaciones de este experimento es determinar si en función de la consigna de adquirir la información explícita o implícitamente, varía una tasa de almacenamiento a los 2 min o a las 24 hrs.

Sería más enriquecedor si se puede realizar una investigación que mediante el uso de imágenes funcionales obtenidas por resonancia magnética y de electroencefalografía nos permita analizar la participación de las diferentes estructuras del cerebro y los tiempos asociados a la solución de la tarea, respectivamente, que se involucran tanto en la adquisición de la información como en la recuperación de la misma.

Estos resultados se pueden llevar al campo de la psicología cognoscitiva y estudiar como afecta a este mismo experimento la modalidad y la calidad de la información presentada a los sujetos, y hasta que punto las tasas de recuperación entre una condición de aprendizaje y otra pueden variar significativamente o no. De la misma forma se pueden revisar si se presentan fenómenos como la hipermnesia que consiste en la recuperación creciente de la información a lo largo de ensayos sucesivos (López, 2006), haciendo diseños que incluyan intervalos de tiempo breves y regulares después de la medición realizada a los dos minutos.

## REFERENCIAS

1. Abel, T. y Lattal, K.M. (2001). Molecular mechanisms of memory acquisition, consolidation and retrieval. ***Current Opinion in Neurobiology***, **11**, 180-187.
2. Abraham, W.C. y Williams, J.M. (2003). Properties and Mechanisms of LTP Maintenance. ***Neuroscientist***, **9(6)**, 463-474.
3. Álvarez, P. y Squire L.R. (1994). Memory consolidation and the medial temporal lobe: A simple network model. ***Neurobiology***, **91**, 7041-7045.
4. Amaral, D.G. (1999). Introduction: What is where in the Medial Temporal Lobe? ***Hippocampus***, **9**, 1-6.
5. Baddeley, A.D. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. ***Neuroscience***, **4**, 829-839.
6. Baddeley, A.D. y Logie, R.H. (1999). Working Memory: The multiple-component model. En A. Miyake y P. Shah (Eds.), ***Models of Working Memory: Mechanisms of active maintenance and executive control***. Nueva York: Cambridge University Press.
7. Bliss, T.V.P. y Lomo, T. (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. ***Journal of Physiology***, **232**, 331-356.
8. Bruce, V.H. y Pihl, R.O. (1997). Forget "drinking to forget": enhanced consolidation of emotionally charged memory by alcohol. ***Experimental and Clinical Psychopharmacology***, **5**, 242-250.
9. Castellucci, V.F., Carew, T.J. y Kandel, E.R. (1978). Cellular analysis of long-term habituation of the gill-withdrawal reflex of *Aplysia californica*. ***Science***, **202**, 1306-1308.
10. Cohen, N.J., Ryan, J., Hunt, C., Romine, L., Wszalek y T., Nash, C. (1999). Hippocampal System and Declarative (Relational)Memory: Summarizing the Data From Functional Neuroimaging Studies. ***Hippocampus***, **9**, 83-89.
11. Coenen, A.M.L., Van Luijckelaar y E.L.J.M. (1997). Effects of benzodiazepines, sleep and sleep deprivation on vigilance and memory. ***Acta Neurologica Belgica***, **97(2)**, 123-129.
12. Colle, H.A. y Welsh, A. (1976). Acoustic masking in primary memory. ***Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior***, **15**, 17-32.
13. Craik, F.I.M. y Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. ***Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior***, **11**, 671-684.
14. Diamond, M.C., Lindner, B., Johnson, R., Bennett, E.L. y Rosenzweig, M.R. (1975). Differences in occipital cortical synapses from environmentally enriched, impoverished, and standard colony rats. ***Journal of Neuroscience Research***, **1**, 109-119.
15. Dudai, Y. (2002). Molecular bases of long-term memories: a question of persistence. ***Current Opinion in Neurobiology***, **12**, 211-216.
16. Dudai, Y. (2004). The Neurobiology of Consolidations, or, How Stable is the Engram?. ***Annual Review of Psychology***, **55**, 51-86.
17. Eichenbaum, H. y Cohen, N. J. (2001). ***From Conditioning to Conscious Recollection: Memory Systems of the Brain***. Nueva York: Oxford University Press.

18. Ferrándiz, P. (1997). *Psicología del Aprendizaje*, Madrid, Editorial Síntesis.
19. Frankland, P.W. y Bontempi B. (2005). The Organization of Recent and Remote Memories. *Neuroscience*, **6**, 119-130.
20. Hauptmann, B. y Karni, A. (2002). From primed to learn: the saturation of repetition priming and the induction of long-term memory. *Cognitive Brain Research*, **13**, 313-322.
21. Kalat, J.W., Maki, R.H. y Maki, W. (2001). *Introduction to Psychology*. Toronto: Wadsworth.
22. Kim, J.J., Clark, R.E. y Thompson, R.F. (1995). Hippocampectomy impairs the memory of recently, but not remotely, acquired trace eyeblink conditioned response. *Behavioral Neuroscience*, **109**, 195-203
23. Knowlton, B. J., Squire y L. R., Gluck, M. (1994). Probabilistic classification learning in amnesia. *Learning and Memory* **1**, 106-120.
24. Kubie, J.L., Suhterland, R.J. y Miller, R.U. (1999). Hippocampal lesions produce a temporally graded retrograde amnesia on a dry version of the Morris swimming task. *Psychobiology*, **27**, 313-30
25. Lamprecht, R. y LeDoux J. (2004). Structural Plasticity and Memory. *Neuroscience*, **5**, 45-54.
26. Lavenex, P. y Amaral, D.G. (2000). Hippocampal-Neocortical Interaction: A Hierarchy of Associativity. *Hippocampus*, **10**, 420-430.
27. Liebert, R. M. y Neale J. M. (1984). *Psicología General*, México: Editorial Limusa.
28. López, N. (2006). *Cómo Fatigar la Memoria*. Tesis de Licenciatura inédita. Universidad Nacional Autónoma de México.
29. Martin, S.J., Grimwood, P.D. y Morris, R.G.M. (2000). Synaptic plasticity and memory: an evaluation of the hypothesis. *Annual Review in Neuroscience*, **23**, 649-711.
30. Martinez, J.L. y Kesner R.P. (1988). *Neurobiology of Memory and Learning*, San Diego: Academic Press.
31. Meeter, M. y Murre, J.M.J. (2004). Consolidation of Long-Term Memory: Evidence and Alternatives. *Psychological Bulletin*, **130(6)**, 843-857.
32. Mendenhall, W., McClave J.T. y Madelaine, R. (1977). *Statistics For Psychology* (2a edición), Massachusetts: Duxbury Press.
33. Milekic, M.H. y Alberini, C.M. (2002). Temporally graded requirement for protein synthesis following memory reactivation. *Neuron* **36**, 521-25
34. Milner, B., Squire, L.R. y Kandel, E. (1998). Cognitive Neuroscience and the Study of Memory. *Neuron*, **20**, 445-468.
35. Nader, K., Schafe, G.E. y LeDoux, J.E. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature*, **406**, 722-26
36. Neath, I. y Surprenant, A. M. (2003). *Human Memory : An Introduction to Research, Data and Theory* (2a edición), Toronto: Wadsworth.
37. Poldrack, R. A., Clark, J., Paré-Blagoev, E.J., Shohamy, D., Crespo Moyano, J., Myers, C. y Gluck, M.A. (2001). Interactive memory systems in the human brain. *Nature*, **414**, 546-550

38. Salamon, E. (2002). Mechanisms of knowledge learning and acquisition. *Medical Science Monitor*, **8(7)**, 133-139.
39. Schacter D.L. y Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? En D.L. Schacter y E. Tulving (Eds.), *Memory Systems 1994*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Press.
40. Scoville, W.E. y Milner, B. (1957). Loss of recent memory alter bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, **20**, 11-21.
41. Squire, L.R. y Zola, S.M. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America*, **93**, 13515-13522.
42. Squire, L.R., Stark, C.E.L. y Clark, R.E. (2004). The Medial Temporal Lobe. *Annual Review in Neuroscience*, **27**, 279-306.
43. Toni, N., Buchs, P. A., Nikonenko, I., Bron, C. R. y Muller, D. (1999), LTP promotes formation of multiple spine synapses between a single axon terminal and a dendrite. *Nature*, **402**, 421–425.
44. Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology* , **53**,1-25.
45. Viskontas, I. E., McAndrews, M.P. y Moscovitch, M. (2000), Episodic Memory Deficits in Patientes with Unilateral Temporal Lobe Epilepsy and Excisions, *The Journal of Neuroscience*, **20(15)**, 5853-5857.
46. West, R.W. y Greenough, W.T. (1972). Effects of environmental complexity on cortical synapses of rats: Preliminary results. *Behavioral Biology*, **7**, 279-284.
47. Wixted, J.T. (2004a). On Common Ground: Jost´s (1897) Law of Forgetting and Ribot´s (1881) Law of Retrograde Amnesia. *Psychological Review*, **111**, 864-879
48. Wixted, J.T. (2004b). The Psychology and Neuroscience of Forgetting. *Annual Review of Psychology*, **55**, 235-269.