

Fundamentos biológicos y psicológicos del conocimiento

Constantino Malagón

17 de febrero de 2003

1 Fundamentos biológicos

El cerebro es un órgano de menos de un Kg y medio de peso y con más de cien mil millones de células, cada una de las cuales establece como media un millar de conexiones con sus vecinas, a través de múltiples prolongaciones, de un diámetro inferior a una diezmilésima de milímetro y que pueden llegar a medir más de un metro de longitud. Y todo este complejo entramado da como resultado la capacidad de un ser biológico como puede ser un humano de razonar, sentir, aprender, escapar de una casa en llamas o llegado el caso entrar en ella para salvar a otra persona, emocionarse, comunicarse con sus semejantes o quizá uno de los rasgos, junto con el del lenguaje, más distintivos del ser humano: la capacidad de ser conscientes de uno mismo y de su propia muerte. Así, en una neurona podemos distinguir un cuerpo celular o soma, que actúa como centro metabólico de la célula, y dos tipos de prolongaciones, unas generalmente más largas y finas llamadas axón y otras más cortas y numerosas, en forma de ramificaciones llamadas dendritas. Además de las neuronas, y mucho más numerosas que éstas, existen otro tipo de células nerviosas llamadas células de glía. Su función no es la de transmitir impulsos nerviosos, sino la de envolver a las neuronas proporcionándoles aislamiento eléctrico, servir como soporte físico que permita el crecimiento de éstas, la captación de neurotransmisores y actuar como barrera para protegerlas de los elementos tóxicos de la sangre.

Ramón y Cajal formuló dos hipótesis fundamentales para el desarrollo de lo que luego se conoció como Neurociencia. La primera era que existían lo que él llamaba “ondas nerviosas” que viajaban desde las dendritas al cuerpo neuronal, y de éste al axón, y la otra era que las neuronas se comunicaban entre sí por contigüidad y no por continuidad a través de unas conexiones especializadas llamadas **sinapsis**. Fue a comienzos del siglo XX cuando se pudo registrar la entrada de señales eléctricas que viajaban a través del axón a gran velocidad, y se supo que éstos impulsos eléctricos que se llamaron potenciales de acción o impulsos nerviosos los usaba el sistema nervioso para la transmisión de información. Estos potenciales pueden repetirse dentro de una misma célula, llegando

a frecuencias de 1000/segundo, y ésta información es función de la intensidad de la señal eléctrica y de la frecuencia de disparo (por ejemplo se comprobó que a mayor intensidad de un estímulo se correspondía una mayor frecuencia de impulsos nerviosos dentro de la neurona registrada).

2 Mecanismo intracelular para la transmisión de la señal

Las células nerviosas están recubiertas por una membrana que tiene unas proteínas llamadas canales iónicos. Estas proteínas actúan a modo de poros para ciertos iones en función de su tamaño. Estos iones pueden ser iones de Sodio (Na^+), Calcio (Ca^{2+}), Potasio (K^+) o Cloro (Cl^-). En condiciones de reposo la célula no se encuentra en un estado eléctricamente neutro, debido a la distribución asimétrica de éstos iones, existiendo por tanto una diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la célula (es decir, a cada lado de la membrana) de unos 60-90 mV (siendo el interior electronegativo con respecto al exterior). Como consecuencia de un estímulo que llegue a la célula pueden abrirse éstos canales iónicos dejando entrar o salir aquellos iones a los que sean permeables dichos canales, lo que lleva a la desaparición de la diferencia de potencial por el equilibrio de cargas en un instante dado, es decir, se produce la despolarización de la célula. Este cambio de potenciales lo que llamamos **potencial de acción** o impulso nervioso.

3 Mecanismo de transmisión de la señal entre diferentes neuronas

Desde finales del siglo XX se suponía que la comunicación entre neuronas se realizaba a través de contactos especializados en las diferentes terminaciones de las neuronas llamadas sinapsis. Pero no se sabía si la naturaleza de la señal transmitida era eléctrica o química. La hipótesis de que la despolarización de la terminación presináptica liberaba un neurotransmisor que se difundía hasta la membrana de la célula postsináptica, produciendo a su vez en ésta una despolarización y como consecuencia un potencial de acción fue formulada años más tarde por Bernard Katz. Las terminaciones de las células nerviosas contienen pequeñas vesículas rellenas de neurotransmisor, denominadas vesículas sinápticas. El proceso de liberación de neurotransmisor depende de los iones de calcio presente en el interior de la terminación. Así, cuando se produce la llegada a ésta del potencial de acción desencadenado en el interior de la célula se abren en la membrana de la célula presináptica canales iónicos permeables al Ca^{2+} , dejando pasar a éstos iones al interior de la célula y produciendo la liberación del neurotransmisor que se produce a consecuencia de la presencia de éstos iones (ésto no es exactamente cierto puesto que en estado de reposo se liberan pequeñas cantidades de neurotransmisor debido a la presencia ya de iones de

calcio, y lo que se hace después al aumentarla concentración de calcio es acelerar esa liberación). Cada vesícula contiene un número parecido de moléculas de neurotransmisor, pero la cantidad de éste liberada varía en función de muchos factores. Al llegar a la membrana de la célula postsináptica se abren a su vez unos canales por unión con el neurotransmisor, lo que hace posible que pasen al interior de la célula iones, fundamentalmente de sodio, que despolarizan a la célula. En otros casos el efecto es inhibitor, a través de la activación de canales permeables al Cl^- que producen generalmente una hiperpolarización de la neurona postsináptica.

4 Introducción. Nacimiento de la Ciencia Cognitiva

Una fecha posible de la gestación de la Ciencia Cognitiva podría ser Septiembre de 1948 [1] (otros autores lo sitúan en 1956 [2]) Un grupo de científicos importantes se reunieron en un encuentro bajo el título "Cerebral Mechanisms in Behavior" en el Caltech; este encuentro pretendía servir como foro de discusión en el que científicos como el matemático John Von Newman (que luego desarrolló la arquitectura básica de las modernas computadoras y que lleva su nombre), el también matemático y neurofisiólogo Warren McCulloch (uno de los padres de la Inteligencia Artificial conexionista, basada en las redes neuronales) o el psicólogo Karl Lashley dieron su visión de la relación existente entre sistema nervioso y comportamiento (nótese que la corriente psicológica dominante en esos años era el behaviorismo o conductismo, cuyo máximo exponente fue J. B. Watson).

Von Newman realizó una comparación entre la computadora electrónica y el cerebro (antecedente claro de lo que luego se llamó Inteligencia Artificial); McCulloch habló de su visión acerca de cómo el cerebro procesa la información que le llega de los sentidos (y que es responsable de nuestra visión del mundo que nos rodea) en una conferencia con el título "Why the Mind is in the Head"; y Karl Lashley, en una memorable conferencia titulada "The Problem of Serial Order in Behavior" sentó las bases de lo que luego daría lugar a la psicología cognitiva como opción al conductismo.

Recordemos que el conductismo se basaba en explicar el comportamiento humano, estudiado por comparación con el de los animales en múltiples experimentos, como resultante de la interacción estímulo - respuesta, y bajo dos premisas fundamentales:

1. Aplicar un método público de observación que haga posible que cualquier otro científico que quiera recrearlo, bajo las mismas condiciones experimentales, pudiese hacerlo. Se intentaba poner fin al método de la introspección (*selbstbeobachtung*) que usaban los psicólogos de la época, y sentar las bases de lo que pretendía ser una ciencia experimental.
2. El único aspecto en el que debe basarse cualquier investigación es el comportamiento (*behavior*), sin hacer alusión a conceptos que se consideraban

poco científicos como mente, pensamiento o imaginación. Se trata de *estudiar la conducta como resultado de la acción mente-ambiente. Con esto se consigue un método objetivo de estudio. Así la conciencia tiene una finalidad, la de ser instrumento de adaptación del organismo al ambiente y sólo desde esta perspectiva funcional y evolutiva puede ser estudiada por la psicología*

Y bajo estas dos premisas fundamentales trabajaron aplicando el método conductista científicos como el reseñado Watson, Ivan Pavlov (y su famoso experimento en el que estudiaba el condicionamiento clásico), Edward Thorndike, Edwin Guthrie o B. F. Skinner, que estudió el condicionamiento instrumental. Por ejemplo Edward Thorndike, pionero de la psicología experimental animal intentó demostrar, ya en su tesis doctoral, que las reacciones de los animales pueden explicarse por los procesos asociativos ordinarios, sin necesidad de acudir al pensamiento abstracto, conceptual o inferencial. Y ésto explicaría la mayor parte de los actos realizados por el hombre. Son famosas sus "cajas truco". Un animal, por ejemplo una paloma, podía conseguir comida accionando un dispositivo que abría la puerta. En sus experimentos los gatos intentaban escapar de la jaula arañando los bordes de las paredes, hasta que casualmente empujaban el resorte que abría la puerta. Después volvían a encerrar al gato en la jaula, y éste volvía a arañar las paredes, pero cada vez menos, hasta que al fin, después de varios ensayos iba directo al resorte. El animal había solucionado el problema casualmente por ensayo y error. La repetición de esta práctica llevó a consolidar el hábito.

A la vista de esto puede parecer que la Ciencia Cognitiva sólo tuvo un germen basado en la Psicología; pero además de éste debe señalarse como la semilla que dio origen a la parte computacional lo que Norbert Wiener bautizó en 1948 como cibernética y su concepto de feedback de la información entre un sistema y su entorno. Wiener acuñó en 1948 el término Cibernética para una nueva disciplina en su libro "Cybernetics", que se encargaría del estudio y comparación entre los mecanismos de control en sistemas computacionales y dichos mecanismos en el sistema nervioso humano.

En el año 1943, Kenneth Craik, en su libro "The Nature of Explanation" encontró la pieza que unía la posición conductista y la cognitiva. Efectivamente, se produce una entrada en forma del estímulo proveniente del ambiente, que debe ser traducido a una representación interna (aspecto clave). Esta representación debe ser procesada y manipulada mediante procesos cognitivos (memoria, aprendizaje basada en la información almacenada - o creencias y prejuicios-, razonamiento, lenguaje) y éstas, a su vez, se traducen en acciones como respuesta a ese estímulo.

Pues bien, de eso trataremos nosotros: De cómo un agente inteligente es capaz de recibir esa información (percepción), representarla internamente (conocimiento), tratarla para posiblemente llegar a una conclusión (razonamiento), realizar una acción de acuerdo a ello (acción) y asimilar esa respuesta para futuras presentaciones de ese mismo problema o de otro parecido (aprendizaje). Por último trataremos de una función cognitiva característica del ser humano: el lenguaje.

5 Aportaciones de la Neurociencia

Quizá uno de los neurofisiólogos que más aportó a las Ciencias Cognitivas (cuando todavía nadie había hablado de ella como ciencia) fue Karl Lashley. Fue discípulo de J. B. Watson y sobre todo estuvo influido por Sheperd Ivory Franz, que trabajaba lesionando partes específicas del cerebro con el objeto de (en este caso) demostrar la no localización de funciones en el cerebro. Franz encontró que una lesión en el lóbulo frontal de los mamíferos no afectaba drásticamente a su aprendizaje salvo que la lesión fuese masiva.

Y como substrato de esto la discusión sobre dos formas de explicar el comportamiento específico de un sujeto o como se denomina ahora en Psicología Cognitiva, las funciones cognitivas específicas normalmente de un ser humano (aprendizaje, memoria, lenguaje, razonamiento):

- La localización de esas funciones, es decir, la hipótesis de que funciones específicas residen en áreas neuronales concretas. Se le acusaba a ésta visión de poder caer en el reduccionismo, la teoría que explicaría todas las funciones cognitivas, tanto inferiores como las más superiores (por ejemplo la consciencia) en términos únicamente de principios neuronales.
- El gestaltismo o explicación dada por la psicología de la Gestalt, en la que trata el comportamiento del cerebro como un todo, es decir, se perciben patrones de entrada y el cerebro responde a ellos como una única unidad, sin importar la complejidad del patrón de entrada. A esta capacidad también se le conoce con el nombre de holismo, y holistas a los defensores de estas hipótesis de plasticidad y no localización de las funciones cognitivas.

Lashley introdujo así dos conceptos clave: El concepto de equipotencialidad como la capacidad de cualquier parte o área funcional del cerebro para hacerse cargo o procesar cualquier información que le llegue al cerebro (lo que en términos informáticos se conoce como tolerancia a fallos) Y entroncando con ello el concepto de plasticidad, como la capacidad de procesar información por áreas del cerebro diferentes a la original, cuando ésta ha sido dañada.

El concepto de engrama como la representación discreta de información, conceptos y comportamientos en el sistema nervioso. Lashley era escéptico ante la idea de encontrar un engrama, y pensaba que durante el aprendizaje la información residía en áreas grandes de la corteza cerebral, y que otras áreas pueden desarrollar la capacidad ante patrones de información que nunca han procesado (por ejemplo debido a una lesión)

Otro neurofisiólogo importante, y que medió entre las dos posturas anteriores fue Donald Hebb, quien en su libro *The Organization of Behavior* (1949) propuso que ciertos patrones, como pueden ser las percepciones visuales se construyen gradualmente en largos períodos de tiempo en las conexiones de conjuntos particulares de células, llamados **asambleas de células**.

6 Principios psicológicos de la psicología cognitiva

Podemos diferenciar distintas funciones cognitivas, algunas de las cuales solamente nombraremos y otras las desarrollaremos posteriormente: Así, estas funciones pueden ser:

- **Percepción**, o cómo es la entrada de información sensorial del mundo que nos rodea.
- **Atención**, según James ligado intimamente a la consciencia.
- **Conocimiento**, o cómo representamos esa información proveniente de los sentidos.
- **Memoria**, o de qué forma almacenamos esa información en nuestro sistema cognitivo.
- **Razonamiento**, o cómo tratamos esa información para realizar inferencias y llegar a conclusiones válidas.
- **Aprendizaje**, o cómo asimilar esas estructuras para aplicarlas en situaciones futuras.
- **Búsqueda de soluciones**
- **Acción**, o cual va a ser la respuesta que se va a dar en función quizá del proceso de inferencia realizado.
- **Lenguaje natural**, quizás la función que más nos distingue de los animales.
- **Procesos de consciencia**, o cómo somos conscientes de que tratamos con información, de cómo realizar una metacognición de nuestro sistema cognitivo (si eso es posible) y de cómo puedo saber que yo soy yo y no la persona con la que estoy hablando.

7 Base psicológica del aprendizaje

Básicamente el aprendizaje se define en relación con la capacidad de un individuo de interactuar con su ambiente para lograr unos fines, normalmente relacionados con el principio de supervivencia. Pero el aprendizaje se ha definido de muchas maneras a lo largo de la historia de la psicología, según la corriente dominante de la época.

Según los *conductistas*, cuyo máximo representante fue J. B. Watson, el aprendizaje se definía en términos de la respuesta del individuo a estímulos, normalmente procedentes del medio. Y ésto les llevó a postular la posibilidad de controlar o predecir la conducta de un individuo si se pudiera controlar los eventos

externos que provocan esa conducta. Aparte de este estricto reduccionismo (es decir, que todo se pueda reducir a terminos de estímulo- respuesta), el avance se produjo en el método de estudio: se siguió un método estrictamente objetivo, abandonando así el anterior método de la introspección, y se pretendió que los experimentos, realizados en condiciones de laboratorio, fuesen perfectamente reproducibles por cualquiera que quisiera estudiarlo. Y el objeto de ese estudio debía ser sólo la conducta.

Los psicólogos *cognitivos* actuales lo plantean de diferente forma: lo definen en términos de estructuras mentales y cognitivas, y parten de la hipótesis de que éstas actividades mentales se pueden dividir en componentes separados que interactúan; pero al ser procesos internos la única forma de medirlo es basarse en la conducta del sujeto. Entre estos elementos se incluye la percepción, la atención, el aprendizaje (entendido como el proceso que lleva desde la percepción de estímulos por los sentidos a la aprehensión de éstos), la memoria (como capacidad de representación de lo aprendido, su almacenamiento y su posterior recuperación), el razonamiento (como capacidad de hacer inferencias sobre lo aprendido), el lenguaje (o representación externa del conocimiento), la motivación y la emoción.

Una definición del aprendizaje desde el punto de vista cognitivo podría ser: "Un cambio en la disposición de un organismo para comportarse de una determinada manera como resultado de la experiencia, el estudio, la instrucción, la observación y la práctica". Pero no todo el cambio de la conducta es debida al aprendizaje; por ejemplo la fatiga puede llevar a cambiar la conducta en un momento determinado y por supuesto no se debe al aprendizaje.

Un aspecto muy importante a considerar es si todas las conductas son aprendidas (mediante *construcción* del sujeto a lo largo de su vida y las experiencias pasadas, lo que llevaría al **constructivismo**, cuyo máximo exponente fue Jean Piaget) o tenemos conductas *innatas* (lo que se conoce como **innatismo**). Está claro que hay respuestas innatas, como pueden ser los actos reflejos, los tropismos o movimientos o los instintos (por ejemplo en los animales el proceso de defensa o de construcción de nidos por los pájaros, o en los humanos, com el instinto maternal o el de supervivencia, aunque éstos se pueden ver modificados en función de la experiencia, mientras que en animales parecen inmutables) . Pero hasta qué punto disponemos o no de una base innata cuando nacemos es aún objeto de discusión entre los psicólogos.

7.1 Condicionamiento clásico. Ivan Pavlov

Asociacionismo. Proceso pasivo y por refuerzo. El experimento del perro de Pavlov.

7.2 Condicionamiento instrumental. Edward Thorndike y B. F. Skinner

Asociacionismo. Proceso activo. Ensayo-error. El experimento de la paloma en una jaula y la palanca que debía accionar para llegar a la comida.

7.3 Gestaltismo

Los psicólogos de la Gestalt (palabra alemana que significa forma o configuración) defienden una postura holística del aprendizaje. Éste no es una mera asociación por contigüidad temporal o espacial de percepciones atómicas, sino que estos estímulos recibidos, sean sencillos o complejos, son aprehendidos como un todo, y transformados de forma que el resultado de la percepción de estos estímulos es más que la suma de sus partes.

7.4 Aprendizaje cognitivo

Se parte de una concepción del aprendizaje como un cambio en las estructuras cognitivas, y considera la conducta como una consecuencia de este cambio. A diferencia del asociacionismo activo, en el que se postula un aprendizaje por ensayo-error, se entiende, apoyado por experimentos que lo demuestran, que algunos animales como el chimpancé, puede resolver problemas o situaciones con una sola acción, como si hubiesen previamente reflexionado sobre esa posible acción (quizá en base a una experiencia previa).

Se pueden distinguir varias teorías, pero la más importante quizá sea el constructivismo, propuesto por Jean Piaget.

7.4.1 Aprendizaje activo. Constructivismo. Piaget

El constructivismo se basa en la teoría del desarrollo del pensamiento, formulada por el psicólogo y biólogo Piaget como resultado de sus observaciones de las conductas de los niños (psicología del desarrollo). Según esta teoría el desarrollo del pensamiento lógico sucede en cuatro etapas o estadios.

La primera etapa la denominó *periodo sensomotriz*, y cubre los dos primeros años de la vida del niño. Durante este estadio el niño adquiere una comprensión básica del espacio y el tiempo. Aprende por ejemplo que un objeto sólo puede ocupar un espacio al mismo tiempo, que un objeto pueda existir aunque no lo perciban o que determinadas acciones producen determinadas consecuencias.

La segunda etapa o estadio se llama *preoperacional*, y comprende desde los dos hasta los siete años, aproximadamente. Durante esta etapa se desarrolla gradualmente el lenguaje y la capacidad de pensar en forma simbólica.

La tercera etapa o estadio se llama *operaciones concretas*, y comprende desde los siete años a la adolescencia. Los niños empiezan a solucionar problemas lógicos, a ponerse en el lugar de otra persona o a hacer inferencias transitivas (si un palillo A es mayor que una B, y por separado se le presenta un palillo C mayor que el B, deducir que el A es menor que el C)

La etapa final es la de las *operaciones formales*, que comprende la adolescencia, y en ella pueden reflexionar sobre su propio pensamiento, resuelven problemas abstractos y desarrollan un pensamiento que podríamos llamar social.

En cada etapa del desarrollo una persona tiene su propia representación del mundo. Dentro de éstas yace un número de estructuras cognitivas básicas llamadas *esquemas*. Para Piaget, un esquema es un patrón organizado de

comportamiento que la persona utiliza para pensar y actuar en una situación. Y estos esquemas se modifican según transcurre la vida y va viviendo nuevas experiencias, y éste es el punto clave: el aprendizaje se debe realizar en base a las experiencias, es decir, el niño debe aprender experimentando y modificando así sus esquemas de forma activa, no recibiendo pasivamente unas enseñanzas por parte del maestro.

8 Base psicológica de la memoria

8.1 Evolución histórica del estudio de la memoria

8.1.1 El trabajo de Ebbinghaus (1879)

El estudio experimental de la memoria tiene su punto de arranque en el trabajo del filósofo alemán Herman Ebbinghaus (1879-1880). Publicó sus trabajos en *Über das Gedächtnis* (Sobre la memoria). El método experimental consistía en someterse a sí mismo a pruebas estrictamente controladas, intentando memorizar sílabas sin sentido (DUX, TIL, PEL,...-para no ayudarse del significado-, es decir, para no poder usar reglas mnemotécnicas). Leía las sílabas a una tasa constante de 150 sílabas por minuto, a la misma hora del día, habiendo comido lo mismo, ...(riguroso control de las condiciones experimentales). Descubrió lo que llamó **método de los ahorros**, o tiempo que había necesitado de menos para reaprender una lista. Por ejemplo, si en el primer aprendizaje necesitó 1,071 seg, y en el reaprendizaje le bastaron 382 seg., le sobraron 689 seg., es decir, un 64,3%. Por este método estableció su famosa curva del olvido. Ebbinghaus interpretó este olvido como decaimiento de la huella por el paso del tiempo.

8.1.2 El enfoque de Barlett (1932)

En su obra *Remembering* (1932), criticó el trabajo de Ebbinghaus por considerarlo artificial y alejado de situaciones reales y cotidianas. Usó el material que Ebbinghaus había rechazado (prosa, dibujos, poemas). Utilizó dos métodos:

1. **Reproducción serial:** Una persona cuenta una historia a otra, esta a otra,... Luego se compara la última versión a la primera.
2. **Reproducción repetida:** Una persona lee una historia y después debe contarla en sucesivas ocasiones. Entre las historias dejó intervalos de 15 minutos, 6 meses y 2 años y 6 meses. Lo que sucede al cabo del tiempo era que las reproducciones eran cada vez más breves (eso me ha pasado a mí en clase), se omitían detalles o elementos que no encajaban con las expectativas de los sujetos. Se producían transformaciones de unas palabras a otras más familiares, se cambiaba el orden de los acontecimientos y lo que es más relevante, el contenido de las experiencias se distorsionaban hasta hacerlo compatible con las experiencias culturales de los sujetos (negro-blanco). Así postuló que se almacenaban de forma esquemática y luego se reinterpretaba.

8.1.3 El modelo conductista

Basaron su estudio del aprendizaje, como ya sabemos, en la relación estímulo-respuesta; la **asociación** entre estímulo y respuesta viene dado implícitamente por la contigüidad temporal. Y la retención(memoria) es la persistencia de estas conexiones a lo largo del tiempo.

8.2 Distinción entre memoria a corto plazo y memoria a largo plazo. Evidencias

8.2.1 Evidencia neuropsicológica

Paciente H.M. H.M. sufría una epilepsia severa, y en 1953 fue sometido a una intervención quirúrgica que le hizo mejorar notablemente de la epilepsia pero le supuso sufrir una epilepsia profunda que le hacía olvidar los sucesos diarios con la misma rapidez con la que se producían. Así era incapaz de recordar nombres o reconocer las caras de los médicos y enfermeras que lo visitaban diariamente, leía una y otra vez las mismas revistas que acababa de leer, o no reconocía su propia foto. Pero en cambio H.M. retenía los viejos recuerdos, tenía un buen vocabulario, cociente intelectual,... Cuando le pedían que recordase una lista de dígitos, y éstos no superaban la capacidad de memoria a corto plazo era capaz de repetir los dígitos y mantenerlos durante varios minutos; ahora bien, si se le impedía repetirlos o si la cantidad de dígitos supera su amplitud, toda esa nueva información se perdía inmediatamente.

8.2.2 Evidencia cognitiva. Curva de posición serial.

Se le presentan a un grupo de sujetos normales una lista de palabras para que las retengan, e inmediatamente después se le pide que recuerden en el orden que quieran (recuerdo libre). La probabilidad de recordar cada palabra en función del orden que ocupa en la lista tiene forma de U y se llama curva de posición serial. En él se pueden ver los siguientes efectos:

1. **Efecto de primacía:** Los sujetos recuerdan bien las palabras del principio y especialmente bien las palabras del final. Se ha explicado apelando a una mayor repetición y a que dichas palabras son protegidas en la MLP de posibles efectos de interferencia.
2. **Efecto de recencia:** El excelente recuerdo de las palabras del final de la lista se debe al llamado efecto de recencia o cercanía, que ha sido atribuido al hecho de que tales palabras son recuperadas directamente desde la MCP.

8.2.3 Efecto diferente que tienen distintas variables

1. El número de palabras (o la tasa) afecta al recuerdo de las palabras de la porción de primacía, pero no a la de recencia.

2. La introducción de una actividad distractora al final de la lista (por ejemplo, contar hacia atrás de cuatro en cuatro) reduce drásticamente el recuerdo de las palabras del final de la lista (MCP) y no tienen efecto sobre las del principio (MLP)

Nota: En realidad se recuerdan **chunks** (grupos de items), es decir, pueden ser tanto 7 letras como 7 palabras o 7 grupos de tres números (como en el teléfono). También han habido intentos de demostrar la naturaleza unitaria de la memoria, entre los que cabe destacar los influyentes trabajos de Melton en 1963.

8.3 Diferencias entre la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo

En la MCP almacenamos recuerdos recientes, y el principal método para no olvidar es la repetición. Esta repetición puede ser oral, cuando lo repito en voz alta, o implícita, cuando lo repito mentalmente. Se estima además que el tiempo de permanencia de la información en la MCP si no lo hemos repetido es de medio segundo, aunque esto también depende de la motivación y la significación de la información. La capacidad como ya hemos dicho se estima en 7 chunks.

La MLP contiene una gran cantidad de información de hechos lejanos, y su recuerdo puede durar desde unas horas hasta toda la vida.

Endel Tulving, un psicólogo canadiense distinguió entre dos tipos de memoria o de forma de almacenar información en la MLP: la **memoria episódica**, que almacena un conocimiento de carácter autobiográfico o personal, y la **memoria semántica**, que almacena el conocimiento general que poseemos del lenguaje (reglas sintácticas) y del mundo (como por ejemplo que las sillas sirven para sentarse). Aunque se nombran por separado presentan una gran conexión, desde el momento que hablamos del lenguaje. Una evidencia de esta separación es que pacientes amnésicos que olvidan recuerdos personales o autobiográficos no presentan ese problema con su lenguaje (aunque esto no pueda ser presentado como una prueba definitiva). Estos dos tipos de memoria forman lo que se llama **memoria declarativa**, en la que entran conocimientos como "Madrid es la capital de España", es decir, "¿qué es un objeto?". Además, al mismo nivel que ésta tenemos la **memoria procedimental**, que incluye el saber "¿cómo hacer algo?"

8.4 Las memorias sensoriales

Se supone que hay una memoria por cada sentido, pero sólo se han estudiado en profundidad la auditiva y sobre todo la visual.

8.4.1 Memoria sensorial visual o icónica

Su estudio comenzó por cuanto podía verse en una única exposición breve. Y llamó la atención que los sujetos dijeran que habían visto más letras de las que podían recordar. La cuestión era dilucidar si lo habían visto todo y no

podían recordarlo (2) o no les había dado tiempo a verlo todo (1). Se estudió experimentalmente mediante dos experimentos:

1. **Técnica del informe total** - se les presenta a los sujetos un conjunto de letras en un tiempo muy breve y se les pedía que recordasen todas las que pudieran. El promedio era de 4 o 5 letras.
2. **Técnica del informe parcial** - Lo estudió Sperling en 1960. Para comprobar (1) utilizó el informe total aumentando el tiempo de exposición, pero vió que no aumentaba el rendimiento, luego (1) no era la hipótesis correcta. Para verificar (2) se le presentaban al sujeto durante 50 ms tarjetas con 12 letras, ordenadas en tres filas de 4 letras cada una. Cada exposición iba acompañada de un sonido de alguna de estas tres frecuencias, 2500, 650 y 250 Hz, y al oír ésto debían repetir la 1ª, 2ª o 3ª fila. Los sujetos tenían disponible un promedio de 9,1 letras, superior al normal en el informe total, Es decir, la hipótesis (2) era correcta, tiene mucha capacidad pero decae muy rápido.

8.4.2 Memoria sensorial auditiva o ecóica

Por ejemplo, alguien me dice una frase muy complicada; en un primer momento no lo entiendo pero puedo recordarla, repetirla en voz alta despacio y analizarla.

8.5 Teorías del olvido

8.5.1 El olvido a corto plazo

Lo mostraron independientemente Brown (1958) en Inglaterra y Peterson (1959) en EEUU, con un experimento que se conoce con el nombre de paradigma o tarea de Brown-Peterson.

Empieza presentando al sujeto 3 ítems, por ejemplo SMB. A continuación el sujeto inicia una tarea distractora que puede durar de 0 a 18", Esta tarea la inicia el experimentador presentando al sujeto un número de 3 cifras, por ejemplo 476; el sujeto había sido instruido previamente para que contara hacia atrás de 3 en 3 (mucha distracción pues requiere mucha concentración). En un momento se le interrumpe y se le pedía que los recordase. Luego se repitió la experiencia. Los resultados eran un 70% después de 3" de contar hacia atrás, y de sólo un 5% después de 18".

Peterson y su mujer lo interpretaron en base al **decaimiento de la huella**, en contraposición a la **teoría de la interferencia**, en la que se olvida cuando se presenta un material similar al dado: letras-letras. Así postularon una MCP cuyo olvido es producto del decaimiento y una MLP cuyo olvido se produce por interferencia.

8.5.2 Interferencia

1. **Interferencia proactiva (IP)**: se produce cuando los materiales más viejos perturban el aprendizaje de materiales nuevos. Por ejemplo ésto

ocurre cuando cambian el sentido de una calle por la que pasas cada vez que vas a casa.

2. **Interferencia retroactiva (IR)**: se produce cuando los materiales nuevos perturban el aprendizaje de materiales viejos . Por ejemplo cuando cambio el número de teléfono me cuesta mucho aprenderlo (IP), y una vez aprendido me cuesta mucho recordar el viejo (IR)

9 Base psicológica de la representación del conocimiento

¿Cómo está representado el conocimiento en nuestro cerebro? Esta pregunta todavía no tiene respuesta. En principio se manejan dos hipótesis: la información proveniente de los sentidos se almacena de forma distribuida, y al recuperar la información intervendrían varias partes del cerebro. Esta visión se desprende de los modelos de procesamiento distribuido paralelo o IA conexionista, desarrollada por McClelland, Rumelhart y el grupo PDP, y toma un punto de vista holista de la información. La otra hipótesis es que la información esta localizada en una o diferentes neuronas; así, una neurona o un grupo sería la encargada de representar por ejemplo el concepto de coche, o la letra "e". A pesar del elevado número de neuronas que existen en el cerebro resulta difícil aceptar esta posición, pues las combinaciones entre signos de cualquier tipo (ya nos refiramos a letras, conceptos, etc) superarían el número de éstas. Lo que intentaremos explicar es cómo traducir o representar los estímulos percibidos (que al fin y al cabo es información sobre hechos del mundo que nos rodea -o ambiente, en un *lenguaje de representación* que permita almacenarlo y recuperarlo en caso de necesitar esa información.

Podemos representar el conocimiento de varias formas:

- Simbólicamente, es decir a través de símbolos que se combinan; estos símbolos pueden representar conceptos más o menos complejos. Esta representación la podemos hacer basándonos en un lenguaje formal como la lógica de primer orden, o mediante otros mecanismos como las reglas de producción, las redes semánticas o los marcos (frames) de Marvin Minsky.
- Si partimos del enfoque conexionista el conocimiento, como ya hemos dicho, está representada en cada una de los nodos de la red neuronal, que lo adquirió en el proceso de entrenamiento presentándole un cierto patrón de entrada y modificando sus pesos, y si es aprendizaje supervisado la salida deseada.

Una característica fundamental del cerebro es su capacidad para generalizar a partir de casos particulares en función de la semejanza respecto de ciertos atributos. A este proceso de formación de conceptos, en el que a partir de un objeto percibido se le abstrae de ciertos atributos, y teniéndole en cuenta otros se generaliza y se le agrupa con otros objetos que presentan esas mismas propiedades

comunes se le llama **categorización**. Y a partir de unas características diferenciadoras somos capaces de separar objetos parecidos que incluso pueden estar dentro de una cierta categoría. Por ejemplo, sabemos que una naranja y una mandarina pertenecen a la categoría o a la clase de las frutas, pero sabemos distinguir una de otra por el tamaño, por ejemplo. Y dentro de todos esos objetos podrá haber uno o un conjunto de ellos que representen más típicamente a esa categoría: a estos conceptos se les llama *prototipos*.

Normalmente se diferencian entre varias clases o niveles de categorías: el nivel subordinado o específico, el nivel básico o genérico y el nivel superordinado

- *Nivel superordinado*, donde se encuentran las categorías más genéricas, como *animales* o *frutas*.
- *Nivel básico*, donde se encontrarían los objetos de esas categorías, como *león* o *naranja*
- *Nivel subordinado*, donde se encontrarían conceptos tales como *pastor alemán*. El cómo están representados los conceptos en la memoria es algo que no se sabe exactamente.