

**Christian Hederich Martínez**  
**Ángela Camargo Uribe\***

## **PSICOLOGÍA COGNITIVA EN LA IDEA DEL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### **Conocer la cognición. Breve historia de la psicología cognitiva**

La pregunta gnoseológica acerca de la forma en que nosotros, seres vivos de la especie humana, podemos *conocer* algo, ha sido formulada ancestralmente. Posiblemente desde el momento en que el primer ser humano tomó conciencia de su propio pensamiento, se preguntó acerca de la naturaleza de esta sorprendente facultad: la posibilidad de conocer la realidad.

La filosofía, a partir de la antigua Grecia, indaga insistentemente por respuestas al interrogante básico del conocimiento. A partir de Aristóteles, prácticamente ningún sistema filosófico elude las preguntas acerca de qué es lo que podemos conocer, y en qué medida lo podemos lograr. Sin embargo, las dificultades para hacer este abordaje no son nada pequeñas. Al fin, cuando pretendemos *conocer* acerca de nuestras propias posibilidades y modos de conocer, estamos trascendiendo nuestro lenguaje y adoptando otro, un lenguaje de segundo orden (o de segundo “tipo”, en el sentido de la Teoría de los Tipos de B. Russell), en donde podemos *conocer* acerca de lo que conocemos. Se inicia así una sucesión de metalenguajes de la que no podremos escapar.

En contraste con el desarrollo filosófico sobre el tema, desde una perspectiva científica lo que sabemos acerca de nuestros procesos de pensamiento tiene una historia muy reciente, y sus hallazgos son aún incipientes. Tal y como Eysenk y Keane (1990) anotan, lo que hoy sabemos sobre nuestro entorno físico hasta llegar al cosmos supera, en mucho, lo que hoy sabemos sobre la facultad que nos ha permitido lograrlo: la facultad cognitiva.

Con todo, pueden rastrearse antecedentes remotos de la actual psicología cognitiva en las ideas de William James (1890), con su teoría de la diferenciación entre la memoria “primaria” (presente psicológico) y memoria “secundaria” (pasado psicológico). Estas ideas fueron recuperadas en los años 70 por los psicólogos cognitivos con la postulación de memorias de corto y largo plazo en el sistema cognitivo. Más adelante profundizaremos este modelo.

En 1932 Edward Tolman, en pleno auge del conductismo, planteaba a partir de sus experimentos en el aprendizaje de laberintos por ratas la presencia de “mapas cognitivos” en aquellas, esto era, representaciones internas del laberinto no asociadas con respuestas motoras aprendidas. El planteamiento resulta

---

\* Profesores de la Universidad Pedagógica Nacional.

sorprendente si se tiene en cuenta que Tolman se mantenía como un psicólogo comportamental riguroso, y por tanto adscrito a una tendencia de corte empirista que no puede admitir la postulación de procesos internos de tipo “mental” que, por su naturaleza, no resultan directamente observables.

En contraste con la tendencia empirista, la tendencia racionalista para el abordaje del fenómeno cognitivo, que constituye un antecedente mucho más directo de la psicología cognitiva moderna, postulaba la posibilidad de representar los estados internos del sujeto cognoscente haciendo uso para ello de modelos lógicos o matemáticos. Piaget y la escuela de Ginebra, Vigotsky y la escuela soviética, y Bruner en Norteamérica fueron los representantes más destacados de la reacción racionalista al empirismo comportamental, todos ellos inscritos en la llamada psicología genética.

Para Piaget, el desarrollo cognitivo, esto es: la progresión del pensamiento del niño hasta llegar al del adulto, podía describirse por una sucesión escalonada de etapas, cada una de las cuales podía representarse por medio de estructuras lógico-matemáticas específicas. El pensamiento característico del niño en la etapa de las “operaciones concretas” (entre los 7 y los 11 años, aproximadamente), por ejemplo, puede ser descrito por ocho “agrupamientos lógicos”, cuatro de ellos de clases y cuatro de relaciones, cuatro aditivos y cuatro multiplicativos (Piaget, 1972; Ensayo de lógica operatoria).

Paralelamente con el trabajo de Piaget, Vigotsky y Bruner, apoyados por Noam Chomsky desde la lingüística, avanzaron de forma notable enfatizando aspectos diferentes del proceso cognitivo y asignando una enorme importancia al lenguaje, importancia que no le era asignada en la obra piagetiana. Para Vigotsky, el lenguaje es la condición social de la aparición y desarrollo del pensamiento. El trabajo de Bruner, enfatiza los procesos de representación cognitiva subrayando el papel primordial del lenguaje en esta representación, con lo cual logra asignarle al pensamiento una condición socio-cultural determinante, en tanto el lenguaje es un producto de la cultura. Por su parte, el trabajo de Chomsky ocupa un papel central en esta línea de investigación cognitiva. En esencia, Chomsky postula la existencia de una facultad lingüística innata y exclusiva de la especie humana, que permite la representación del conocimiento a través de signos verbales. Esta posibilidad de representación del conocimiento, según Chomsky, corresponde a un sistema de reglas de construcción de oraciones, es decir, a una gramática. Dentro de la perspectiva chomskiana, el lenguaje es pues un fenómeno cognitivo y como tal puede y debe ser estudiado por una psicología cognitiva.

A partir de Piaget, la investigación cognitiva se orientó en dos tendencias claramente distintas, conocidas como la tendencia *neopiagetiana* y la *postpiagetiana*. La línea neopiagetiana, que agrupa los más fieles seguidores de Piaget, mantienen que el maestro tenía razón en relación con el gran cuadro de desarrollo que se inicia con el nacimiento y va hasta la adolescencia a través de estadios de desarrollo, cada uno con su propia “estructura” característica. Los desarrollos más actuales de esta línea de trabajo amplían la perspectiva

piagetiana original para comprender áreas no estudiadas como el desarrollo de capacidades artísticas, e incluso algunas declaradas por Piaget como “virtualmente intocables” tales como el desarrollo afectivo<sup>1</sup>.

En contraste con la línea neopiagetiana, la tendencia de los llamados postpiagetianos mantiene un enfoque radicalmente diferente para la comprensión del proceso cognitivo humano, conocido como el enfoque de los psicólogos del “procesamiento de la información”. Esta tendencia, con raíces históricas muy recientes en gracia a la relativa novedad del computador electrónico, mantiene que los procesos cognitivos humanos pueden ser comprendidos como secuencias de operaciones de procesamiento de la información.

Las diferencias entre estas dos tendencias son múltiples y muy complejas. Para algunos, el diálogo entre estas dos concepciones de la cognición es prácticamente imposible. Otros encuentran elementos comunes en estas dos tendencias, tales como el interés compartido por los procesos de representación cognitiva. Lo cierto es que, aún con este tipo de intereses comunes, el abordaje conceptual y metodológico del fenómeno cognitivo es esencialmente diferente en estas dos tendencias. En el presente artículo expondremos las características básicas de la psicología cognitiva postpiagetiana, o del procesamiento de la información.

### **Supuestos básicos de la psicología del procesamiento de la información**

En esencia, la psicología del procesamiento de la información se fundamenta en una metáfora que identifica el sistema cognitivo humano, localizado básicamente en el cerebro, con una especie de computador. Esta analogía se extiende, desde la identificación de las instancias de recuerdo y operación de símbolos con la arquitectura de memoria de los computadores, hasta la semejanza entre los procesos cognitivos humanos con programas computacionales.

Aunque existen diferentes niveles de énfasis en aspectos específicos de la metáfora del cerebro como computador, en general, todos los investigadores de esta línea de trabajo, coinciden en una serie de puntos básicos. Eysenck y Keane (1990) formulan estas premisas así:

- El individuo es un sujeto autónomo que interactúa con el mundo exterior. De esta interacción captura información sensorial del mundo externo.
- Su mente es un sistema de procesamiento simbólico multipropósito. La información sensorial es representada mentalmente por medio de símbolos, material con el cual se llevarán a cabo tareas cognitivas de diferente índole.

---

<sup>1</sup> En esta línea. H. Gardner (1992) destaca los trabajos de R. Case de la Universidad de Stanford y R. Fischer de la Universidad de Harvard.

- Los símbolos son procesados y transformados en otros símbolos. Una vez los símbolos son representados o evocados, el procesamiento modifica los símbolos operándolos entre sí de múltiples formas, y transformándolos en otros.
- La investigación psicológica tiene como tarea identificar y describir los procesos y representaciones simbólicas que subyacen a toda actividad cognitiva humana.
- Los procesos cognitivos toman tiempo. En la realización de una tarea cognitiva, los diferentes procesos se organizan de forma coordinada. Es posible identificar niveles de complejidad de una tarea por medio de la medición de los tiempos de respuesta a las subtareas que la componen.
- La mente procesa con capacidades limitadas. Estas limitaciones pueden ser estructurales (capacidad y velocidad de procesamiento) o de recursos (fuentes de información disponible).
- El sistema de procesamiento depende de un sustrato neurológico, pero los sistemas simbólicos de los que se vale no están limitados por éste. El sustrato neurológico posee una infinita posibilidad de construcción simbólica, si bien ésta necesariamente se limita a la construcción de un número relativamente pequeño de sistemas simbólicos específicos, dentro de todos los posibles.

### **Enfoques metodológicos**

La investigación del procesamiento de la información se ha desarrollado en la integración de tres tipos de enfoques metodológicos claramente distinguibles: 1) los estudios de tipo neuropsicológico, que ponen su énfasis en el estudio del cerebro como base física del pensamiento; 2) el de los estudios de tipo experimental, que examinan tareas cognitivas sin pretender realizar modelos computacionales de la tarea; y 3) los estudios de modelamiento computacional, también llamados estudios en ciencia cognitiva, que enfatizan la analogía cerebro-computador hasta sus últimas consecuencias.

### ***El aporte de estudios neuropsicológicos***

Potenciados por el reciente desarrollo de instrumentos de observación de la actividad cerebral, el aporte de estudios neuropsicológicos para la comprensión de la actividad cognitiva se ha multiplicado en los últimos años.

En general, los estudios neuropsicológicos de la cognición se han realizado en pacientes con algún tipo de lesión cerebral, e involucra la determinación de aquellos procesos cognitivos que se mantienen intactos después de la lesión, frente a aquellos que se han alterado como consecuencia directa de la misma.

Tal y como lo señala Valle Arroyo (1992), en el fondo, los estudios neuropsicológicos son estudios de tipo experimental, en los cuales, a diferencia de

los estudios clásicos en los que es posible controlar las variables consideradas, aquí estas condiciones son proporcionadas por circunstancias arbitrarias o accidentales de la naturaleza (experimentos naturales). En este caso la naturaleza proporciona condiciones mucho más radicales de las que es permitido obtener en el laboratorio. De forma alternativa, una buena parte de los trabajos experimentales han sido realizados sobre animales de laboratorio, algunos de los cuales son los estudios ya clásicos sobre el canto de pájaros (Marler y Peters; Nottebohm; referenciados por Gardner, 1983), aprendizajes elementales en moluscos (Kandel, 1982; referenciado por Gardner, 1983), la percepción visual en macacos (Zeki, 1992), o influencias hormonales sobre el comportamiento de ratas (Meaney, Williams; citados por Kimura, 1992), entre otros.

Una de las suposiciones centrales de los estudios neuropsicológicos es que existe una relación directa entre la estructura anatómica y fisiológica del cerebro y la estructura y funcionamiento de la mente. Este isomorfismo entre la mente y el cerebro supone una cierta tendencia localizacionista, dentro de la cual se busca ubicar regiones anatómicamente definidas con procesos específicos allí ubicados. Esta tendencia es sólo parcial y “localmente” confirmable en la medida en que, si bien algunos procesos permanecen claramente asociados con alguna zona, otros se producen por la activación coordinada y simultánea de muchas zonas diferentes.

A manera de ilustración, uno de los campos mejor estudiados en estudios neuropsicológicos es el de la percepción visual. Hoy sabemos, por ejemplo, que, dentro del área comprometida directamente con el procesamiento de la información visual (corteza estriada o corteza visual primaria), pueden distinguirse varias zonas claramente identificables, en las cuales se procesan por separado diferentes cualidades de la imagen. Aspectos como el color y forma son procesados en la zona llamada V4, que se distingue claramente de la zona V5, en donde se procesa específicamente el movimiento. Algunas zonas reúnen e integran la información procesada por otras (zonas V1 y V2). Esto revela, entre otras cosas, que, en el campo de la percepción visual, el cerebro humano, en tanto procesador general, subprocesa pequeñas tareas en “paralelo”, siendo integrada la información resultante por unidades centrales, físicamente separadas de aquellas subregiones especializadas (Zeki, 1992).

El aporte de los estudios neuropsicológicos es fundamental para la construcción de la psicología cognitiva, en la medida en que estos arrojan la evidencia más clara y contundente para la contrastación de las hipótesis y modelos sobre el funcionamiento del sistema cognitivo. Por esta razón a lo largo de todo este artículo recurriremos insistentemente a la evidencia neuropsicológica que pueda apoyar o socavar los modelos que, sobre los procesos cognitivos, son formulados por la psicología del procesamiento de la información.

### **Estudios experimentales**

Indudablemente, y sin que en ello tenga que ver la tendencia teórica asumida en un estudio, el gran problema de los psicólogos cognitivos estriba en la selección de indicadores observables relevantes para la comprensión de la actividad cognitiva humana. En el caso de los estudios experimentales de la cognición, este problema resulta especialmente crucial.

Tal vez el método más antiguo para la observación de la actividad cognitiva es el conocido como “método de la introspección”, con una antigua tradición que se remonta a los enfoques iniciales del Estructuralismo de W. Wundt, en la segunda mitad del siglo XIX, y más aún puede rastrearse hasta Aristóteles, quien planteaba que este era el único método posible para el estudio del pensamiento. En general el método de la introspección permite la construcción de “protocolos” de una tarea dada por los reportes constantes de sujetos que están, en ese momento, llevándola a cabo.

Las críticas a este método son muchas y tienen una larga historia. Además de la evidente subjetividad de este tipo de reportes, subjetividad que en el contexto de la investigación cognitiva moderna se ha reducido en buena medida, el hecho evidente es que en un contexto experimental el sujeto no solo está resolviendo la actividad planteada por la tarea específica, sino que también está ejecutando su reporte, lo cual es, en sí, otra tarea cognitiva adicional a la tarea que se desea observar. En esta medida, la observación de la ejecución de la tarea estudiada no puede hacerse de forma aislada, por lo que no se pueden discriminar los efectos recíprocos de las dos tareas ejecutadas. Al margen de este tipo de críticas al método, que poseen sin duda una base real, el método de la introspección ha probado su utilidad para el esclarecimiento de ciertos procesos de razonamiento y solución de problemas.

Al margen de la introspección, uno de los abordajes más directos de la observación de la actividad cognitiva es la observación de los niveles de competencia (entendidos como los niveles de éxito) mostrados por diferentes individuos en la resolución de una tarea concreta.

A pesar de la aparente simplicidad de este tipo de medición y de sus limitaciones evidentes, la observación de las competencias individuales puede ser una buena fuente de datos en estudios en los que experimentalmente se induce al error. Este tipo de estudios permiten discriminar las condiciones ambientales sobre las cuales los sujetos logran respuestas más, o menos ajustadas a la tarea, y deducir así el tipo de información tomada por el sistema cognitivo en la toma de decisiones relacionada con la tarea estudiada. Este constituyó el método preferencial de muchos trabajos realizados dentro de la tradición de la Psicología de la Gestalt realizados alrededor de la década de los 30, sobre temas como la percepción, la atención y la memoria.

Un ejemplo de este tipo de trabajos es el realizado por H. Witkin sobre percepción de la verticalidad (1948). En sus trabajos, Witkin observó la presencia constante de dos diferentes modalidades de uso de la información disponible para la determinación de líneas verticales. Por un lado, estaban aquellas personas que utilizaban la información presente en el campo visual para la determinación de la verticalidad. Así, un móvil podía alinearse con la dirección vertical estableciendo su paralelismo o perpendicularidad con otras líneas presentes en el campo visual como una esquina de la habitación, el piso, o el marco de un puerta, por ejemplo. Por el otro lado encontramos un grupo de sujetos que no recurren a la información visual para la verticalidad sino que privilegian a información interna de tipo kinestésico provocada por el registro de la dirección del peso (dirección de la gravedad) en el oído interno. A la primera modalidad de procesamiento de la verticalidad se le denominó *dependiente del campo visual* y a la segunda, por contraste, *independiente del campo visual*.

Más tarde, estas modalidades perceptuales de dependencia o independencia fueron vinculadas con muchas características distintivas del funcionamiento cognitivo entre las que se pueden citar diferencias en las capacidades perceptuales generales como la capacidad de reestructuración perceptual, la modalidad de construcción de conceptos, el tipo de información priorizada para la resolución de problemas, e incluso con diferencias de comportamiento social de los sujetos (estilo de interacción social). Consideradas en esta dimensión general, estas modalidades de uso de información que trascienden el ámbito perceptual, son consideradas actualmente como modalidades generales de procesamiento de la información, y son conocidas bajo la denominación de los *estilos cognitivos de sensibilidad/independencia del medio*<sup>2</sup>.

La investigación neuropsicológica ha validado en muy buena medida el modelo de la sensibilidad-independencia del medio. De acuerdo con los datos, los sujetos independientes del medio tienen mayores niveles de especialización funcional en sus hemisferios cerebrales, éstos se presentan más lateralizados y existe en ellos una mayor definición de la dominancia hemisférica (mayor asimetría hemisférica). En contraste, los sujetos sensibles al medio presentan menores niveles de especialización funcional y menor dominancia hemisférica. El funcionamiento de una zona no inhibe de forma tan fuerte el funcionamiento de otras, manteniéndose globalmente un nivel de actividad más generalizado y, si se quiere, más difuso, menos concentrado.

Hoy en día la investigación en los estilos cognitivos de sensibilidad-independencia se encuentra en plena vigencia. Entre los desarrollos actuales puede mencionarse, por ejemplo, los trabajos sobre patrones orgánicos de la sensibilidad-independencia (Pascual Leone, 1990). Una descripción detallada de los estilos cognitivos de diferentes grupos de población en Colombia y de algunas de las variables relacionadas con ello puede ser encontrada en un trabajo re-

---

<sup>2</sup> Para una descripción detallada de este enfoque, veánse nuestros trabajos referenciados en la bibliografía.

cientemente publicado por nuestro grupo de investigación (Hederich, Camargo, Guzmán y Pacheco, 1995).

Para conducir con los métodos experimentales de observación de la actividad cognitiva vale la pena examinar brevemente el llamado “método de la sustracción”, mucho más estrechamente vinculado con la idea del procesamiento de la información. Este método, propuesto inicialmente por Donders (1868; referenciado por Eysenck y Keane, 1990), presupone que la duración de una etapa de procesamiento puede medirse comparando el tiempo que se toma un sujeto para resolver una versión de la tarea que incluye el procesamiento en cuestión, con una segunda versión de la tarea idéntica a la primera, pero que no la incluye. La diferencia en los tiempos de ejecución corresponde a la duración de la tarea estudiada. Este método fue especialmente utilizado por los psicolingüistas chomskianos para verificar la realidad psicológica de la noción gramatical de *transformación*. Demostraban así, por ejemplo, que para la comprensión de una oración negativa (una oración que expresa una negación lógica: *María no habla*), era necesario primero construir la correspondiente oración afirmativa (*María habla*), y luego aplicar la transformación de negación a esta oración (Camargo y Hederich, 1996).

Por su naturaleza, el método de la sustracción requiere de la cuidadosa determinación de todos los subprocesos implicados en la realización de una tarea cognitiva. Esto puede implicar una enorme complejidad, particularmente en el estudio de tareas superiores. Por otro lado, en sus formas originales el método presupone que el procesamiento de la tarea es *discreto* y *serial*: El proceso completo se inicia con un primer subproceso, que debe completarse antes de iniciar el que le sigue, y así sucesivamente hasta completar la tarea. Este supuesto, que puede asumirse para ciertos tipos de tareas, es evidentemente incorrecto para muchas otras que requieren procesamientos más complejos realizados *en paralelo* en donde varios subprocesos se realizan de forma simultánea y parcialmente independiente.

### **Estudios en “ciencia cognitiva”**

La diversidad de los enfoques metodológicos que hemos descrito para la psicología cognitiva ha sido, más que conflictiva, enormemente fructífera. Hoy en día podemos describir un fenómeno cognitivo desde su base neuropsicológica, develar sus manifestaciones comportamentales en diferentes situaciones experimentales y, en algunos casos, expresar este fenómeno en un algoritmo o un procedimiento heurístico computacional. Este último es el aporte de la “ciencia cognitiva” a la construcción de la psicología cognitiva: el modelamiento computacional de diferentes tareas cognitivas.

Un examen rápido de la contribución de la ciencia cognitiva a la comprensión de la cognición humana, tema objeto de la psicología cognitiva, muestra que los modelamientos computacionales de la cognición se han establecido de multitud de formas diferentes.



En primer lugar, pueden mencionarse los trabajos elaborados sobre “sistemas de producción”, programas de computador capaces de actuar inteligentemente en tareas complejas como jugar ajedrez o traducir textos. Uno de los trabajos clásicos en esta línea es el del Solucionador General de Problemas, programa que puede resolver problemas de naturaleza general si dispone de una base de conocimiento adecuada (Newell y Simon, 1958).

Otro de los enfoques que vale la pena mencionar dentro de los trabajos en ciencia cognitiva es el de los modelos de *redes semánticas*, que pueden describir la representación interna de la información aprendida por medio de diferentes formas de asociación (contigüidad temporal, similitud, contraste,...). Este tipo de modelos, usualmente construidos con métodos empíricos en sujetos humanos midiendo, por ejemplo, velocidad de reconocimiento de palabras escritas, han sido exitosamente utilizados en la construcción de bases de conocimiento utilizadas por los sistemas de producción ya mencionados (Anderson, 1983; referenciado por Eysenck y Keane, 1990).

En lo que sigue, describiremos con algún detalle dos modelos computacionales particularmente interesantes en una introducción a la ciencia cognitiva, detallando en ellos el aporte de estudios neuropsicológicos y experimentales: 1] los modelos de sistemas generales de procesamiento de la información simbólica, y 2] los modelos de redes neuronales, que permiten trabajar a niveles anteriores a la constitución del símbolo mismo con “segmentos subsimbólicos”.

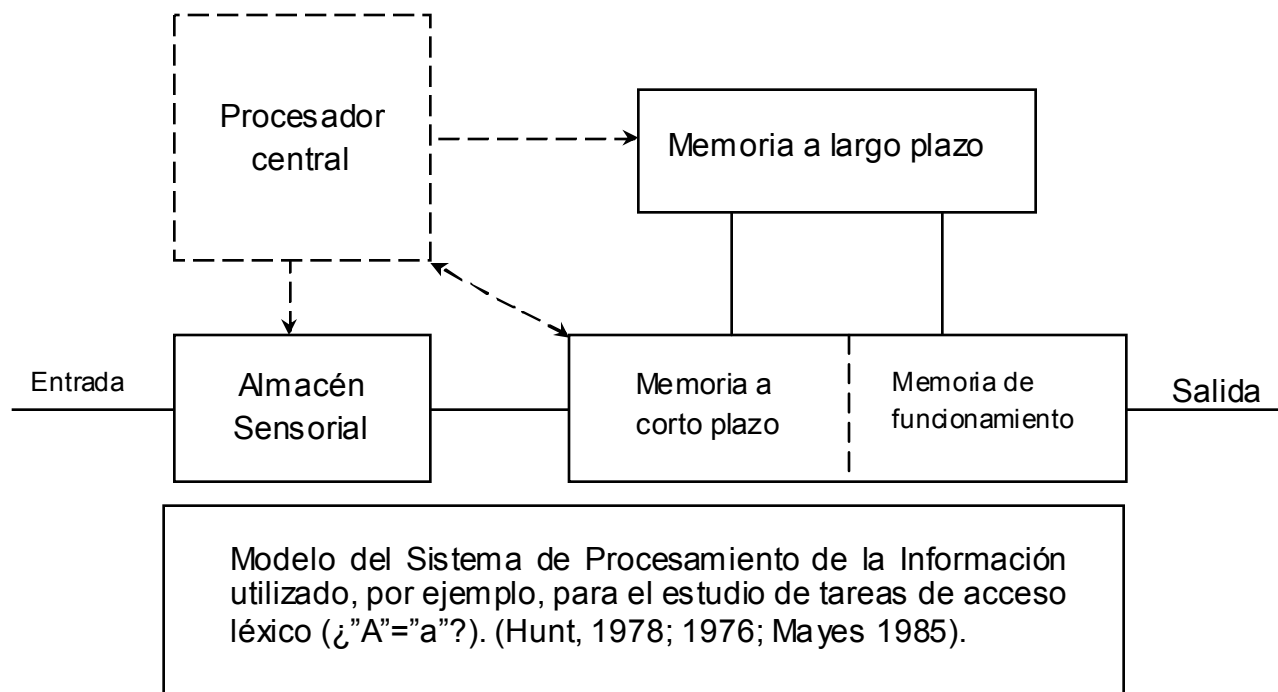
### **Modelos del sistema de procesamiento de la información: el problema del reconocimiento simbólico**

En el momento en el que la actividad cognitiva ocurre, por ejemplo cuando leemos un texto, seguimos una conversación, o simplemente pensamos en algo, inevitablemente recibimos información simbólica del mundo exterior y utilizamos información que ya conocíamos, haciendo multitud de comparaciones y operaciones con la información proveniente de estas dos fuentes.

Razonando en este sentido, desde los momentos iniciales de desarrollo de la psicología cognitiva los teóricos propusieron la diferenciación de varios tipos de memoria, utilizando para ello un modelo de “tipo espacial” para el almacenamiento de la información simbólica. De acuerdo con este modelo, dentro del sistema de procesamiento de la información pueden identificarse una serie de bloques de memoria, como espacios en los que mantenemos un cierta cantidad de información durante un periodo variable de tiempo. Los modelos más comunes para la descripción de la estructura de memoria diferencian memorias de tipo “sensorial”, “de corto plazo” y “de largo plazo”, entre otros (Véase fig. 1).

La memoria sensorial, o Almacén Sensorial de Corto Plazo (ASCP), puede ser conceptualizada como la permanencia física de la información registrada en los sentidos. En el momento en que el estímulo sensorial es recibido, para lo cual este estímulo debe estar presente en el ambiente durante un período mínimo de tiempo, la información es físicamente registrada. Tal registro puede ser observado

en la activación de las unidades receptoras comprometidas (por ejemplo las células de la retina). La activación de estas unidades persiste en el sistema sensorial durante un corto período de tiempo, que puede ser medido por el tiempo que demora la actividad de las unidades receptoras en disiparse una vez ha cesado el estímulo que provocó su excitación.



Dada la enorme cantidad de información que es captada por los órganos de los sentidos en un momento cualquiera de tiempo, usualmente se asume que el almacén sensorial a corto plazo tiene una capacidad virtualmente infinita para el almacenamiento de la información. Esta extraordinaria capacidad está en necesaria consonancia con los muy breves tiempos en que esta información puede ser mantenida en el sistema, que no resultan mayores de 2 segundos, dependiendo del sentido comprometido. A partir de este tiempo, la información se pierde por desvanecimiento temporal (Mayer, 1985).

Este proceso de pérdida de la información puede ser evitado a partir del desencadenamiento de procesos de *atención*, a través de los cuales la información presente en el almacén sensorial puede ser trasladada a un segundo bloque de memoria, conocido como "Memoria de Corto Plazo" (MCP). Para comprender este proceso, supongamos por ejemplo, un instante de la actividad lectora repetido innumerables veces cada vez que abordamos un texto: en algún momento del proceso visual que acompaña la lectura, dentro del campo perceptual ha sido registrado un signo gráfico con la forma "A": Los procesos de atención han bloqueado otra información presente en la memoria sensorial, y el signo "A", que hasta ahora se ubicaba en el ASCP, se hace presente en la memoria de corto plazo.

Lo que sabemos de la capacidad de la memoria de corto plazo ha quedado ligado al artículo clásico de G.A. Miller (1956) *The magic number seven, plus or minus two*. De acuerdo con el autor, la memoria de corto plazo se limita a conservar hasta siete unidades aisladas de información conocidas como *chunks*, si bien algunos datos indican que esto también depende del tamaño de los *chunks particulares* a recordar (Simon, 1974). Por otro lado, se considera que la información presente en algún momento en la memoria de corto plazo puede ser perdida por la entrada de nueva información en este espacio de memoria. En ausencia de repaso, la información presente es desplazada de este bloque de memoria por la nueva información recibida.

El lugar de almacenamiento de la información previamente conformada es conocido como “Memoria de Largo Plazo” (MLP) o, en términos de James (1890) “pasado psicológico”. Dada la enorme magnitud de la memoria humana, la capacidad de la memoria de largo plazo es considerada por los teóricos como virtualmente ilimitada. Acerca de la forma en que la información allí almacenada pueda ser perdida, se considera, también de forma virtual, que su retención es permanente (la información está presente en el sistema), si bien en muchos casos no puede ser hallada por su escaso vínculo con la señal que intenta evocarla.

Dentro de nuestro ejemplo de la identificación del signo gráfico “A”, una vez este se retiene en la memoria de corto plazo, en este momento el sistema cognitivo busca una interpretación del signo comparando la disposición gráfica “A” con las estructuras gráficas ya conocidas y previamente almacenadas en la MLP. La presencia de una enorme cantidad de estructuras gráficas en la memoria de largo plazo exige la disposición de un proceso de búsqueda y comparación de las estructuras gráficas almacenadas allí, con la estructura gráfica recibida visualmente y presente en ese momento en la MCE. Este proceso de búsqueda concluye con la identificación de la estructura gráfica almacenada “A”, la cual aparece asociada con su decodificación fonética, su *nombre*, y las otras estructuras gráficas que le representan (por ejemplo “A”, “a”, “a”, ..), entre otras cosas. La letra “A” ha sido evocada en la memoria de largo plazo.

Dentro de los modelos de arquitectura del Sistema de Procesamiento, ocupa un lugar muy importante la llamada “Memoria de Funcionamiento” (MF), identificada en muchos trabajos con la “Memoria de Trabajo”, y diferenciada en otros. Este bloque de memoria queda representado por el lugar en el que diferentes símbolos recuperados en la memoria de corto plazo pueden ser operados y transformados de múltiples formas. Para continuar con el caso de nuestro ejemplo, si al registro de la letra “A”, le sigue el registro e identificación de otras letras, “M”, “O”, en la memoria de funcionamiento, las decodificaciones fonéticas de esta sucesión de letras van “ensartándose” en una unidad articulada de sonidos que forman sílabas, y así sucesivamente. Si lo que se solicita es, por ejemplo, la resolución de tareas de “emparejamiento nominal” (los signos “A” y “a” tienen el mismo nombre, lo cual no sucede con los signos “A” y “b”), los nombres de los dos signos gráficos registrados deben ser primero recuperados en la MLP y después comparados en la MF, de donde se obtiene la respuesta.

En muchos modelos se diferencia la Memoria de Funcionamiento de la “Memoria de Trabajo”, conceptualizando esta última como aquella que retiene el plan general de la actividad y el control global del proceso de recepción, búsqueda, y evocación del símbolo, si bien la terminología no es siempre consistente en todos los modelos. Por ahora, recordaremos que la complejidad de este tipo de sistemas supera las pretensiones del presente escrito, por lo que globalizamos este control general del proceso en una especie de “procesador central”, que se representa en la gráfica con líneas intermitentes subrayando así su naturaleza general en este contexto. Baste mencionar que modelos mucho más complejos que el presentado para el problema del emparejamiento nominal han sido exitosamente aplicados para la tarea general de comprensión del texto, dentro de la cual la decodificación fonética es un subproceso de muy bajo nivel.

En general, la evidencia neuropsicológica ha apoyado desde hace bastante tiempo muchos puntos de este tipo de modelos de la estructura de memoria humana. Brenda Milner, del Instituto Neurológico de Montreal (citada por Kandel y Hawkins) relata el caso de un paciente quien, a partir de la extirpación de la porción medial de los lóbulos temporales, perdió la capacidad de formar conceptos nuevos en la memoria a largo plazo. El paciente podía, por ejemplo, conversar normalmente con sus médicos, si bien en cada nueva conversación éstos le tenían que ser formalmente presentados, pues el sujeto no conseguía recordarlos. A pesar de esta dificultad, el paciente podía recordar con facilidad la información que había adquirido con anterioridad a la cirugía. Para este caso, los procesos de transmisión de la información de la memoria de corto plazo a la de largo plazo parecen haber sido interrumpidos, si bien los procesos de búsqueda y evocación de información en la MLP, y de transmisión a la MCP continúan intactos. La evidencia sobre diferentes tipos de amnesia es, también, una confirmación de este tipo de modelos. Para el caso más común, el paciente ha perdido la posibilidad de ubicar ciertos eventos en la memoria de largo plazo, si bien su capacidad de almacenamiento y recuerdo de nuevos eventos sigue intacta.

### **Sistemas que aprenden de la experiencia: los modelos de redes neuronales**

Un modelo particularmente interesante del enfoque de ciencia cognitiva, es el constituido por el diseño de sistemas que aprenden de la “experiencia”, como es el caso de las redes neuronales.

Los modelos de redes neuronales intentan representar algunos procesos cognitivos manteniendo una analogía con la estructura física y el funcionamiento neurológico del cerebro humano. En un momento dado, una neurona puede estar activada, o no estarlo. Para el caso de una neurona activada, esta activación es transmitida a través de una fibra larga llamada axón, la cual se divide en multitud de ramificaciones que se conectan con otras neuronas. En la extremidad de cada rama, la estructura de sinapsis convierte la actividad procedente del axón en efectos eléctricos que propenden por la activación o la inhibición de la nueva neurona. La segunda neurona recoge así multitud de señales de otras neuronas. Cuando las señales excitadoras que una neurona recibe alcanzan suficiente

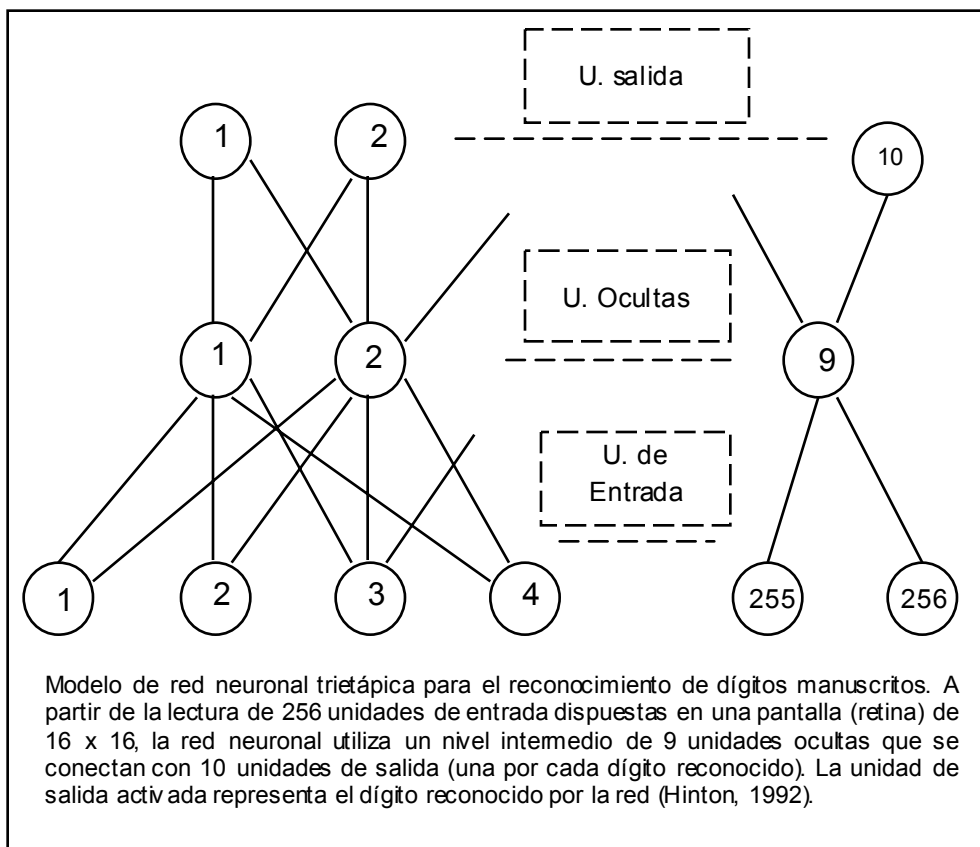
intensidad respecto de las señales inhibitoras, la nueva neurona se activa, y emite a su vez un impulso de actividad eléctrica a lo largo de su axón continuando el proceso.

Los modelos de redes neuronales artificiales parten de un modelo conceptual de neurona, entendida como una unidad que como en el caso del cerebro humano puede estar activada, o desactivada. Para el caso de una unidad activada, su estado es transmitido a otras unidades, de forma análoga a la sinapsis, con diferente intensidad (modelada por un coeficiente de ponderación o peso), y propiciando su activación (peso de signo positivo) o inhibición (-). Las unidades que le siguen recogen así multitud de señales activadoras o inhibitoras. El valor de la totalización de todas las entradas de una unidad decide su activación, la cual será transmitida de nuevo a las unidades que le siguen.

Evidentemente, los modelos de redes neuronales no intentan reproducir en toda su complejidad la geometría de axones y dendritas presente en un cerebro humano. La información entra a la red en algunos de sus puntos o nodos (llamados unidades de entrada) y propagan un nivel de activación en unidades que se interconectan con estos (unidades ocultas), y así sucesivamente hasta que se logra la activación de una serie de unidades dispuestas en el último nivel, llamadas unidades de salida. Vale la pena observar que, desde una perspectiva macro, que estas unidades de salida pueden pensarse como en puntos de entrada (nodos) de otras redes. Se conformarían así redes de redes con posibilidades mucho mayores.

Una de las características más interesantes de las redes neuronales es que puede conseguirse que estas aprendan de la experiencia. El logro de este aprendizaje es llevado a cabo por intermedio de los llamados "algoritmos de retropropagación". En éstos, el cálculo del error en las respuestas de las unidades de salida es computado para modificar los pesos de las conexiones de las unidades dispuestas en el nivel anterior. Estas modificaciones provocan, con la repetición del algoritmo, subsecuentes modificaciones en los pesos de las conexiones con las unidades del nivel anterior, y así sucesivamente. Actuando de esta forma, los investigadores han logrado redes neuronales que pueden reconocer patrones manuscritos de letras o números (ver figura 2 para un ejemplo de una red que reconoce dígitos manuscritos), sumar, aplicar correctamente leyes gramaticales (Rumelhart, 1989), e incluso predecir tasas cambiarias de divisas o identificar células precancerosas (Hinton, 1992).

Los estudios neuropsicológicos han apoyado la investigación en redes neuronales evidenciando, por ejemplo, que el algoritmo de retropropagación es útil en la explicación de las funciones de ciertas neuronas de la corteza cerebral. Así, se ha mostrado que existe una fuerte semejanza entre las respuestas de las unidades ocultas de una red neuronal dispuesta para responder a estímulos visuales y las respuestas de neuronas auténticas responsables de la conversión de información visual de la retina en formas más apropiadas para las áreas visuales localizadas más profundamente en el cerebro (Andersen y Zipser; referenciados por Hinton, 1992).



A pesar de los espectaculares logros de los modelos de redes neuronales en la simulación de procesos inteligentes, las objeciones a este modelo han sido múltiples. Baste citar las objeciones relacionadas con la imposibilidad biológica de la retropropagación, las bajas velocidades alcanzadas por el algoritmo cuando la red excede cierto tamaño, la necesidad que este tipo de modelos tienen de un “instructor” que permanentemente esté retroalimentando las salidas de la red (instructor que evidentemente no es siempre necesario para el caso de personas reales), y la sensibilidad que este tipo de redes tienen a la pérdida de algunas unidades, característica que no es compartida por el cerebro, que usualmente no se resiente por la pérdida de algunas neuronas.

Estas objeciones a los modelos de redes neuronales han provocado sistemas cada vez más ajustados a lo que observamos en el cerebro humano, si bien su explicación detallada excede en mucho las pretensiones del presente artículo. Baste mencionar que en la actualidad se dispone de varios procedimientos de aprendizaje no supervisado, y de métodos que no requieren unidades de salida ni retropropagación. De igual forma se han postulado métodos de “codificación demográfica” de la información, que permiten que una red no se resienta en mayor medida con la pérdida de algunas unidades aisladas. Por supuesto, persiste sin embargo la pregunta acerca de la similitud entre las redes neuronales artificiales y las representaciones y procesos reales en un cerebro vivo. Al respecto sólo cabe

anotar la esperanza persistente de los investigadores en redes neuronales en el sentido en que por esta vía de investigación, "...antes o después, los estudios computacionales del aprendizaje en redes neurales artificiales acabarán por converger en los métodos descubiertos por la evolución" (Hinton, 1992:112).

## **Discusión y conclusiones**

A lo largo de nuestra exposición, se ha expuesto brevemente la historia de la psicología cognitiva, caracterizándose dos tendencias predominantes: la tendencia neopiagetiana, que mantiene el enfoque genético y aborda los problemas del desarrollo de la función cognitiva, y la tendencia postpiagetiana, o psicología cognitiva del procesamiento de la información.

A partir de este punto se expusieron los presupuestos básicos de la tendencia de procesamiento de la información, y tres enfoques metodológicos para la investigación: el enfoque neuropsicológico, el experimental y el de la ciencia cognitiva. Sobre este último enfoque, se expusieron dos modelos de funcionamiento cognitivo: el modelo de sistema de procesamiento de la información y el modelo de redes neuronales, que ilustran la interacción entre los métodos neuropsicológicos, experimentales y científico cognitivos en torno a tareas específicas.

Este recorrido puede aportar al lector no experto en el tema un marco muy general sobre la situación actual del mismo. En este último apartado, vale la pena discutir acerca de las posibilidades y limitaciones del enfoque cognitivo.

Indudablemente la forma en que comprendemos y la amplitud de nuestro conocimiento de la cognición humana se ha ampliado de forma revolucionaria en los últimos 25 años, de forma cada vez más productiva. Lo que sabemos hoy, sin embargo no es mucho frente a lo que ignoramos sobre un tema de tanta complejidad. La pregunta es, en qué medida los enfoques que hoy utilizamos siguen y seguirán manteniendo vigencia para el estudio de la cognición?

Al respecto del primero de los grandes enfoques, el genético o neopiagetiano, sus aportes han sido invaluable en la comprensión del desarrollo de la función cognitiva desde la infancia hasta la edad adulta. Los aportes piagetianos en la distinción de los estadios de desarrollo sigue siendo en general válida, si bien existen múltiples propuestas de modificación, desde aquellas que amplían el desarrollo más allá de las operaciones formales, hasta las que proponen una sucesión de estadios bastante más continua que la muy discreta piagetiana. Este enfoque no consigue sin embargo caracterizar la actividad cognitiva en tareas específicas. Posiblemente el énfasis que la tendencia genética hace del desarrollo infantil ha contribuido a la escasa descripción que esta tendencia hace de tareas cognitivas específicas como resolver un problema, jugar ajedrez o leer.

El estudio de este tipo de tareas, tanto en aprendices como en expertos ha sido abordada por la tendencia postpiagetiana de procesamiento de la información, con resultados muy notables, algunos de los cuales introducimos.

Un factor que le da enorme fuerza a esta tendencia es el énfasis que hace en los procesos ocurridos en el cerebro humano como base física del procesamiento de la información. Los estudios experimentales, por su parte, han desarrollado métodos de observación de diferentes tareas y subtareas cognitivas que contrastan las hipótesis de forma rigurosa.. Sobre esta base, los estudios de ciencia cognitiva han propuesto modelos que además de orientar la interpretación de la evidencia experimental, han permitido traspasar la barrera de lo humano para situarse en el terreno de lo artificial.

Lo que ha permitido este avance tan significativo es la metáfora cognitiva del cerebro como un computador. En la medida de este avance, la metáfora del cerebro debe reconocerse como válida, en la medida en que una metáfora puede serlo, esto es, en tanto resulta científicamente productiva. Sin embargo, tal y como lo anota Vasco (1986), a pesar de la utilidad y productividad de tal metáfora, ésta misma terminará convirtiéndose, en el futuro, en un “obstáculo epistemológico” en el sentido expuesto de Bachelard; una conceptualización que resulta necesario abolir por sus efectos más negativos que positivos en el incremento del conocimiento científico sobre el tema.

Al respecto sólo puede mencionarse que, en cierto sentido, este es el destino ineludible de cualquier modelo conceptual del mundo: el servir inicialmente de potenciador del conocimiento que construimos sobre el tema, y finalmente convertirse en un obstáculo que debe ser superado para permitir avances posteriores. ¿Qué tan lejano está ese momento? Personalmente creo que, por ahora, la productividad de esta metáfora permite suponer que su fin está aún bastante lejano.

Deben eso sí reconocerse algunas limitaciones de este enfoque para la comprensión de fenómenos que hoy sabemos estrechamente relacionados con actividad cognitiva tales como la dimensión afectiva, el compromiso cognitivo presente en actividades como la de interacción social, o la influencia de factores sociales y culturales en la cognición. Algunos de estos elementos están siendo trabajados en la actualidad en la investigación sobre estilos cognitivos, por ejemplo. Sobre otros, existen mayores desarrollos en investigaciones elaboradas en la línea neopiagetiana. Algo parece claro: muy pocas veces en la historia hemos asistido a una revolución científica comparable a la revolución cognitiva que hoy vivimos. Nunca habíamos comprendido tanto sobre nuestra propia función cognitiva y, con seguridad, este logro está llamado a modificar radicalmente la forma en que nos conceptualizamos y definimos como miembros de la especie humana. “Pienso, luego existo” da paso a ‘Soy como me pienso’.



## REFERENCIAS

- ANDERSON. JR. (1983) *The architecture of cognition*. Boston: harvard liniversity Press.
- CAMARGO. A. HEDERICH, C (1996) *La psicolinguística cognitiva*. Revista folios. Segunda Época. No. 6. Segundo Semestre de 1996.
- EYSENCK. M.W.: KEANE, MT. (1990) *Cognitive Psvchology. A student's Handbook*. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers (LEA).
- DONDERS. FC. (1868) *Over the snelheid van psychische processen, onderzoekingen gedaan in het psychologish lahoratoriurn der utrechtse hoogeschool: Teede reeks*. 11. pp 92-120.
- GARDNER. H (1993) *La mente no escolarizada. Cómo piensan los niños y cómo deberían enseñar las escuelas*. Madrid: Paidós.
- HEDERICH. C.: CAMARGO. A. (1993) *Diferencias cognitivas y subculturas en Colombia*. Santafé de Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional - CIUP-.
- HEDERICH, C; CAMARGO, A; GUZMAN, L; PACHECO, J.C. (1995) *Regiones Cognitivas en Colombia*. Santafé de Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional -CIUP-. Colciencias.
- HUNT, E. (1976) *Várieties of Cognitive Power*. En: L.B. Resnick (ed) *The Nature of Intelligence*. Hillsdale, N.J. Erlbaum.
- HINTON. G.E. (1992) *Redes neuronales que aprenden de la experiencia*. En: *Investigación y Ciencia*. No.194, pp 105-112.
- HUNT, E. (1978) *Mechanics of verbal abilitv*. *Psychological Review* 85, 109-130.
- JAMES, W. (1890) *Principies of Psi chology*. New York: Holt.
- KANDEL, E.R. (1982) *Steps toward a molecular grammar for learning: Explorations in to the nature of memory*. Ponencia expuesta en el simposio del bicentenario de la escuela de medicina de Harvard. 11 de octubre, pág 9.
- KANDEL, E.R.: HAWKINS, R.D. (1992) *Bases biológicas dei aprendizaje y de la individualidad* En: *Investigación y Ciencia*, No.194, pp 49-57.
- KIMURA, D. (1992) *Cerebro de varón y cerebro de mujer*. En: *Investigación y Ciencia*, No.194, pp 76-84.

LINDSAY, PH.; NORMAN, D.A. (1977) *Human information processing*. New York: Academic Press.

MAYER, R.E. (1985) *El futuro de la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

MILLER, G.A. (1956) *The magic number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. Psychological Review 63. 81-197.

NEWELL, A.; SHAW, J.C.; SIMON, H.A. (1958) *Elements of a theory of human problem solving*. Psychological Review, 65, pp. 151-166.

PIAGET, J. (1972) *De la lógica de niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Ed. Buenos Aires.

PASCUAL LEONE, J. (1989) *An organismic process model of Witkin's field dependence-independence*. En: Cognitive Styles and Cognitive Development. Vol. 3.

SIMON. H.A. (1974) *How big is a chunk?* Science, 183, pp 482-488.

TOLMAN. E.C. (1932) *Purposive Behavior in animals and men*. New York: Appleton-Century Crofts.

VALLE ARROYO, F. (1991) *Psicolinguística*. Madrid: Morata.

VASCO, C.E. (1986) *La metáfora del cerebro como computador en la ciencia cognitiva*. En: Primer Simposio Colombiano "Informática, Educación y Capacitación". Abril 7-9 pp 2-13.

WITKIN. H; ASCH, Q. (1948) *The effect of training and of structural aids on performance in three tests of space orientation*. Informe No.80 División de Investigación de la Administración Aeronáutica Civil. Washington D.C.

ZEKI, S. (1992) *La imagen visual en la mente y en el cerebro*. Investigación y Ciencia. No. 194.