

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

En 1984 la American Society For Curriculum Development (ASCD) convocó a una magna conferencia a los expertos más reconocidos en su área que tuvieran que ver con cognición y educación. El objetivo era resumir estrategias y metas que pudieran ser usadas para el desarrollo curricular, el desarrollo de estrategias de enseñanza y programas de aprendizaje dentro de la orientación cognitiva. Formulaciones cognitivas derivadas de este encuentro se resumen en seis postulados que se desglosan como dimensiones del pensamiento relacionadas a la instrucción cognitiva. Estos principios son los siguientes (Jones & Aidol, 1990):

- 1) El uso de procesos metacognitivos.
- 2) La inclusión de procesos cognitivos (conceptualización, procesos de formación conceptual, comprensión, composición, discurso oral, cuestionamiento científico, solución de problemas y toma de decisiones).
- 3) Habilidades de pensamiento como la representación, habilidades de resumen y elaboración.
- 4) Pensamiento crítico.
- 5) Pensamiento creativo.
- 6) La especificación del rol de la información que se manipula.

De este marco de referencia para la construcción de programas cognitivos, se han creado al menos 300 propuestas que se encuentran en uso en la actualidad. Cada una de estas propuestas de instrucción cognitiva varía

dependiendo de su propósito y para quién van dirigidas. Algunos programas son muy rígidos y no pueden ser combinados con otros, pero por otra parte, algunos son muy flexibles y pueden ser incluidos o combinados a disposición de un usuario (Costa, 1991). Varios de estos programas son sólo para adultos o para niños, e incluso algunos no proveen métodos de evaluación. Solshet y Watanabe, (1991) mencionan que todos estos programas pueden ser clasificados en tres grandes categorías:

- Programas ACERCA de las habilidades de un estudiante. Estos programas tienen como objetivo el conscientizar a un estudiante de las habilidades cognitivas que posee y que puede usar en una actividad de aprendizaje. Normalmente se encuentran dentro de esta categoría inventarios de estilos de aprendizaje y cognitivos, así como estrategias e inventarios que resaltan habilidades metacognitivas.
- Programas DE desarrollo de habilidades del pensamiento y aprendizaje. En esta categoría se encuentran programas cognitivos sofisticados que pretenden optimizar la adquisición, integración y refinamiento del conocimiento, (Marzano, Pickering & Brandt, 1990; Marzano, Pickering, Arredondo, Blackburn, Brandt & Moffett, 1992) así como programas para el desarrollo de habilidades del pensamiento, para la toma de decisiones, solución de problemas y emisión de juicios de valor (De Sánchez, 1985).
- Programas PARA el desarrollo de habilidades de pensamiento y aprendizaje. Esta categoría se refiere a los contextos escolares más

apropiados para la aplicación de programas de las dos categorías anteriores (Edgen & Kauchak, 1996). Aquí, teorías como el constructivismo, socioconstructivismo, etc., se usan como facilitadores de los programas cognitivos de instrucción.

Central a estos programas es la medición o evaluación del aprendizaje, o del desarrollo de habilidades del pensamiento. Este aspecto de poder medir lo que se propone por un programa de las categorías descritas, es un problema multifactorial que ha sido atacado desde investigación básica y aplicada. Por ejemplo, la integración de conocimiento declarativo en la memoria y el refinamiento del mismo, puede ser visto desde un aspecto cognitivo educativo en la segunda y tercera dimensión del modelo de dimensiones de aprendizaje de Marzano (Marzano, Pickering, Arredondo, Blackburn, Brandt & Moffett, 1992) (ver figura 1.1).

## DIMENSIONES DEL APRENDIZAJE

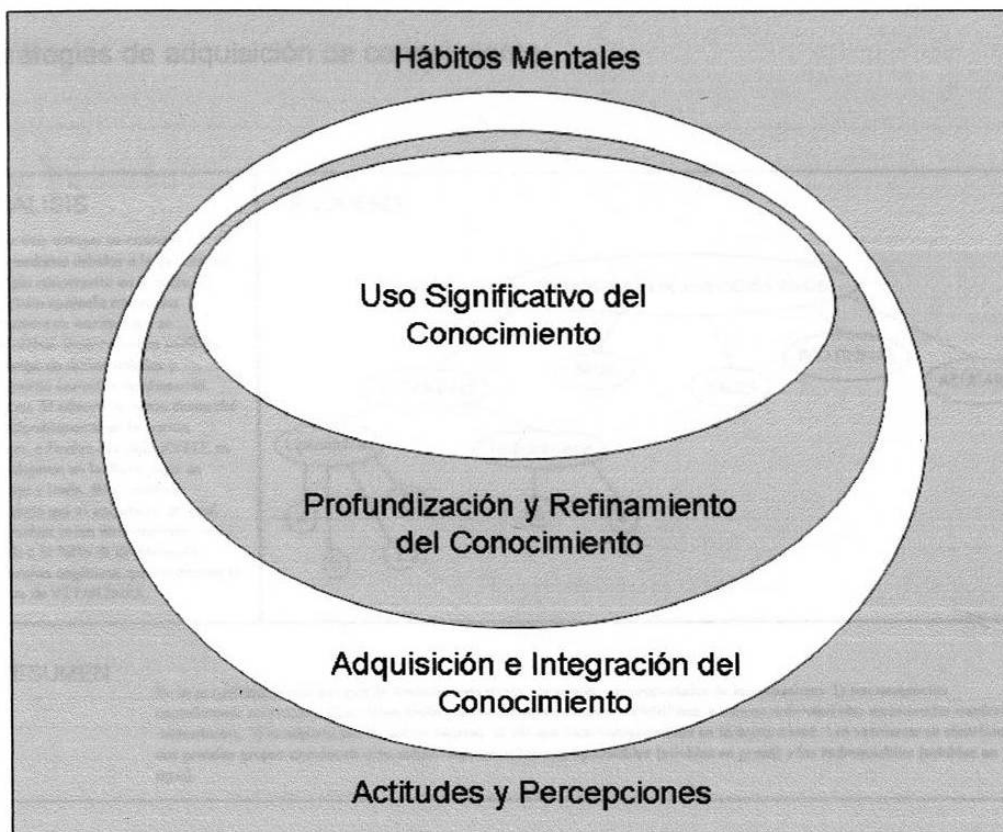


Figura 1.1. Se ilustra el modelo de enseñanza y aprendizaje de las dimensiones del aprendizaje de Marzano (Marzano & Pickering, 1991). Primero se resuelve el problema de las actitudes. Posteriormente se integra nuevo conocimiento ya sea procedural o declarativo, se refina y se hace uso significativo del mismo. Todo lo anterior con el propósito de generar hábitos mentales de aprendizaje.

Tomando el caso del uso de la segunda dimensión del programa de Marzano se propone que es importante que un estudiante adquiera conocimiento declarativo o procedural sobre una temática de interés. Para este propósito dicho estudiante puede usar un formato como el que se ilustra en la figura 1.2.

De relevancia es el hecho de que este formato permite la integración de varias estrategias de adquisición de conocimiento.

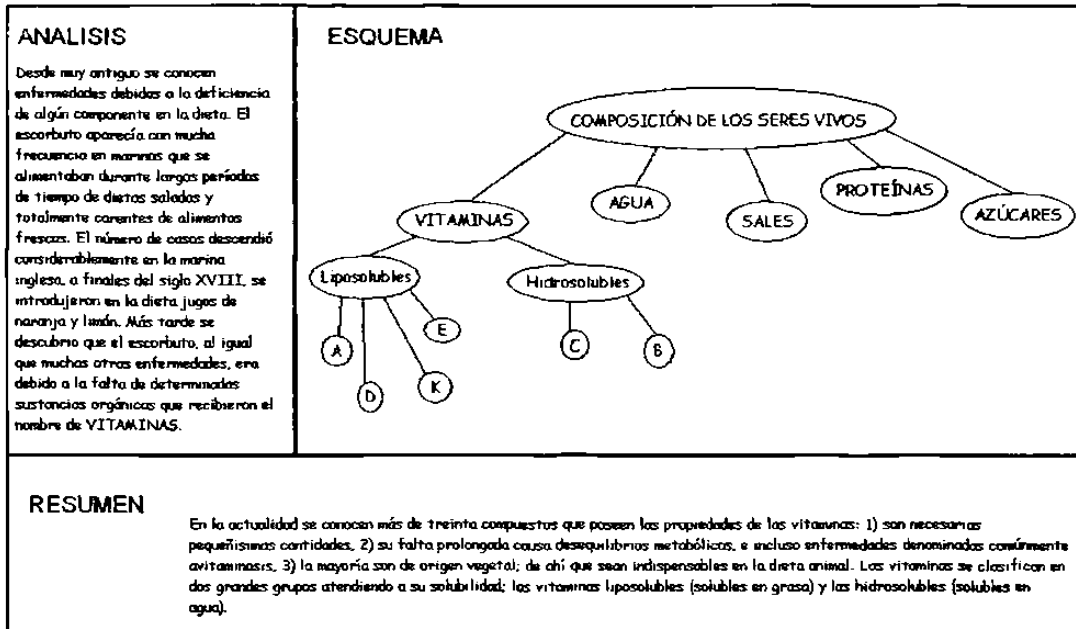


Figura 1.2. Hoja de Marzano. Segunda dimensión: integración del conocimiento.

En específico, el cuadrante superior a la derecha permite incluir herramientas de organización visual de información, como lo es el caso de los mapas conceptuales. Esto abre la puerta a la teoría conectivista de representación del conocimiento, la cual permite el uso de tres familias diferentes de mapas conceptuales:

- Los mapas mentales de generación creativa (Buzan, 1996). Estos mapas tienen por objetivo la generación de ideas y la organización de estas en un espacio visual con el uso de colores, imágenes o cualquier recurso visual que

permita su fácil almacenamiento y recuperación. Un ejemplo se ilustra en la figura 1.3.

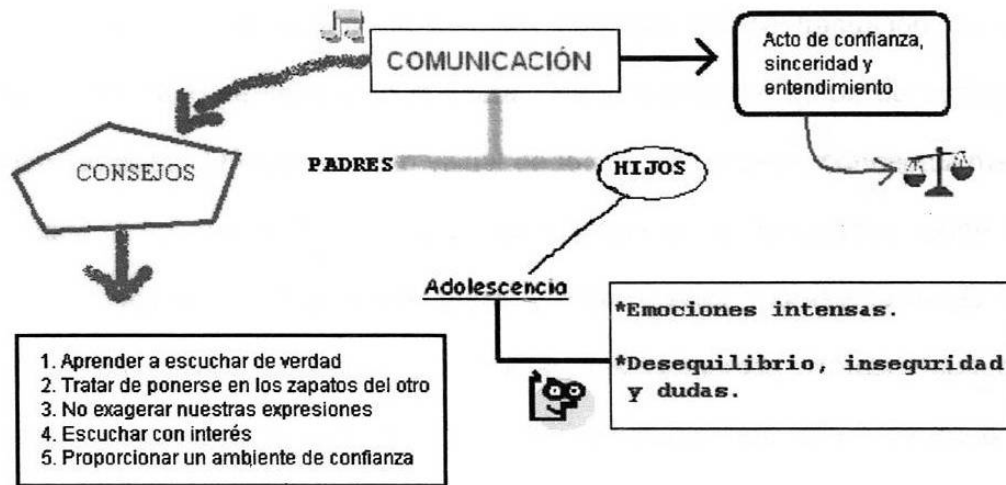


Figura 1.3. Mapa mental de generación creativa.

- Mapas organizadores de información. Tienen como objetivo indicar como es que cierta información debe ser manejada durante la adquisición de una temática nueva. En psicología de la educación existe una gran variedad de este tipo de mapas. Una instancia sería un organizador anticipado de una lección en donde se señala no solo el conocimiento que se cree que trae un lector, sino los nuevos esquemas por adquirir y el momento en que se asume emergen durante la lección. Tengamos el caso de un estudiante de opera en el que se le señala un mapa organizado de información de tres instancias: la obertura, el clímax y la conclusión, de una obra en tiempos específicos de la misma.

- Mapas conceptuales para el desarrollo de habilidades del pensamiento. Estos mapas tratan de inducir en el usuario del uso de habilidades cognitivas como la identificación, categorización, contrastación, jerarquización del conocimiento y procesos de inferencia. La figura 1.4 muestra un mapa burbuja siendo usado para facilitar el proceso cognitivo de contrastación de dos objetos. Primero se señala en la figura 1.4a lo qué es un mapa de burbuja o representación de conocimiento visual de lo que es un perro conceptualmente hablando. La figura 1.4b señala las diferencias y similitudes entre las representaciones mentales de perro y gato, estas representaciones son excelentes cuando se quieren contrastar dos elementos. Nótese, que esta ventaja se pierde cuando se trata de comparar una gran cantidad de elementos. Si por otra parte se quiere inducir el uso de habilidades de pensamiento más complejo, entonces se puede pensar en un mapa conceptual jerárquico. En estos mapas los niveles de jerarquía y el tipo de relación son esenciales para representar grados de abstracción. El concepto de hasta arriba sería el más general, y el de abajo o último representa al concepto menos general.

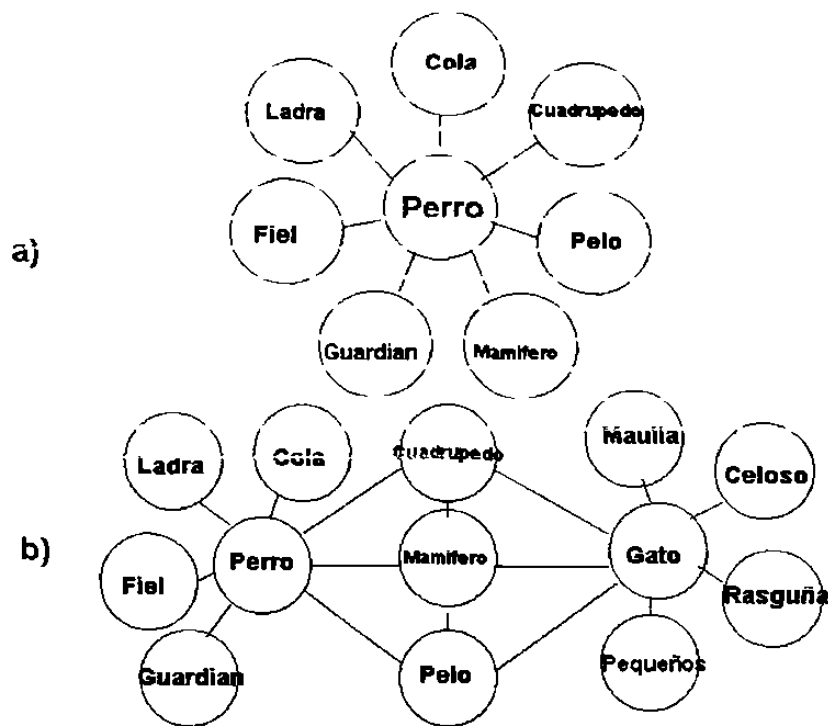


Figura 1.4. Mapa conceptual para el desarrollo de habilidades de pensamiento.

Todas estas capacidades permitidas por la teoría conectivista en la hoja de evaluación tipo Marzano, son complementadas con al menos dos de los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom para el diseño instruccional (Marzano, Brandt, Huges, Jones, Presseisen, Ranking & Suhor, 1988), siendo estos la síntesis y el resumen. Esto es, la hoja Marzano, si así se quiere, puede incluir más elementos cognitivos de Bloom. En realidad la integración y refinamiento del nuevo conocimiento a través de la hoja Marzano es un diseño muy flexible, dado que puede mezclar diferentes estrategias cognitivas para visualizar y a su vez calificar la adquisición del conocimiento.

Desde una perspectiva cognitiva formal, esta forma de señalar la adquisición de conocimiento y su evaluación es incompleta. Por ejemplo, no se especifican



los roles que juegan la atención y la memoria en la adquisición de conocimiento. Más aún, no es claro si técnicas como las de mapas conceptuales o escritos de síntesis y resumen, miden directamente el grado de acomodación cognitiva dado un nuevo conocimiento. Esto es, un mapa conceptual puede ser solamente una herramienta que refleja aspectos de integración de conocimiento, pero no es un indicador directo de la acomodación de esta información en la memoria (tal y como se señalara en la sección del problema a investigar).

Por su parte Holley y Dansereau (1984) señalan una serie de investigaciones en donde se usaron mapas conceptuales como la herramienta principal de adquisición de conocimiento. Estos autores señalan que cuando se usan técnicas de mapas, no sólo como herramientas de enseñanza sino como una forma de evaluar el aprendizaje, la evidencia empírica señala déficit en ambos aspectos. En términos de aprendizaje, la herramienta de un mapa conceptual demanda mucha preparación y como estrategia no es compatible con todas las demás estrategias de éxito promovidas con un ambiente académico. Más que ayudar, interfiere si se usa como única estrategia de aprendizaje. Por otra parte, como ya se señaló un mapa conceptual no posee las capacidades de reflejar diferentes aspectos de la acomodación de nuevo conocimiento. En específico aspectos de organización asociativa, categórica y de relación de esquema son representados de forma completamente diferente a un mapa conceptual (ver por ejemplo Lindsay & Norman, 1997; Brachmán, 1977; Friendly, 1979).

Dado lo anterior, la evaluación cognitiva de un aprendizaje se encuentra en una etapa de cambio en donde están en demanda estrategias alternativas, sensibles y precisas de observar acomodación cognitiva y aprendizaje significativo. A este respecto la investigación básica en cognición presenta una serie de métodos que aún no han alcanzado una implementación práctica dentro del aula escolar, y que pueden ser la alternativa o complemento deseado sobre los métodos tradicionales de evaluación de aprendizaje en comparación a las pruebas de desempeño y estrategias de evaluación cognitiva con mapas conceptuales.

#### Evaluación Cognitiva y Construcionismo

El problema de evaluar cognitivamente la adquisición de nuevo conocimiento en un estudiante se convierte en algo más complejo conforme la tecnología educativa avanza. Casos específicos como lo es la educación a distancia a través de medios virtuales (Internet), tienden a repetir métodos tradicionales de evaluación de desempeño, ya que no existen alternativas que se desarrollen a la velocidad de la tecnología educativa dejando así al margen una gama de posibilidades que ofrece la nueva tecnología. Esto ha ocasionado diferentes esfuerzos académicos que pretenden tomar el desafío de proponer nuevas alternativas de instrucción y evaluación dentro de un marco de desarrollo tecnológico. Tómese como instancia la propuesta constructivista.

Existe en la actualidad una serie de modelos teóricos del aprendizaje bajo el título de teoría constructivista (Díaz Barriga & Hernández, 2002). Básicamente

dichos modelos asumen que para se dé el logro de un aprendizaje, es necesario interactuar con el medio ambiente de una forma activa, significativa y participativa para que un individuo pueda construir su propio conocimiento (Brooks & Brooks, 1993). Una modalidad particular de esta teoría es aquel tipo de constructivismo que implica el uso de tecnología educativa como herramienta para la construcción activa del conocimiento. Por ejemplo Papert (1991) señala que ciertos aprendizajes se ven enriquecidos por el uso de tecnología educativa ya que la experiencia que el uso de dicha tecnología provee a un aprendiz puede ser realizada, amplificada e incluso puede proveer experiencias que de otra forma no serían posibles. Este es el caso de uso de simuladores de vuelo en los que situaciones de crisis o extrema urgencia pueden ser simuladas para proveer de forma consciente a un piloto estrategias de afrontamiento. Ejemplos de la robótica pedagógica también pueden ser traídos a colación en donde robots submarinos capaces de estar en planicies inaccesibles permiten al usuario del robot el conocer y tener experiencias de medios ambientes de interés a sus metas de aprendizaje.

En el caso del aprendizaje en medios virtuales es de relevancia el uso de las computadoras para facilitar el aprendizaje y ampliar la experiencia de adquirir cierto conocimiento. Dentro de la tradición de sistemas computacionales diseñados para lograr este propósito se encuentran los denominados sistemas de instrucción por computadora (SIC), los sistemas inteligentes de instrucción por computadora (SIIC), y los sistemas que emulan ambientes virtuales para el aprendizaje. Todos estos con la capacidad del uso de sistemas multimedia e

hipertexto que amplían la negociación del conocimiento en una actividad constructivista (Jonassen, 1982).

Estos sistemas han evolucionado en prototipos o familias a través del tiempo. Siendo cada familia distinguida por el diseño instruccional, el uso de inteligencia artificial y la forma de evaluación automatizada. Es sin embargo en las formas de evaluación automatizada en donde al parecer dicha tecnología encuentra su mayor atraso ya que es común encontrar después de una instrucción multimedia los sistemas tradicionales del uso de cuestionarios o realización de ejercicios. Nuevas alternativas en esta dirección están en demanda y es el interés principal de la presente investigación presentar propuestas de evaluación automatizada, pero sobre todo si estas están relacionadas a evaluaciones cognitivas del aprendizaje significativo.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Central al concepto de almacenar información en la memoria es el modelo que postula que dicha información se almacena en forma de redes de conceptos. Estas redes son denominadas redes semánticas porque es a través de la activación de los conceptos de la red que un individuo obtiene el significado de un evento (Lindsay & Norman, 1977). La teoría de redes semánticas asume por su parte que al activar un concepto de una red, este concepto activado difunde su actividad preactivando a otros conceptos cercanos en la red. De esta forma los modelos de redes semánticas que asumen transmisión excitatoria introducen el concepto de facilitación semántica, en donde se propone que

conceptos en memoria a largo plazo (MLP) pueden ser activados más fácilmente dada la previa activación de otros conceptos semánticamente relacionados a ellos. Esto se ilustra de forma grafica en la figura 1.5.

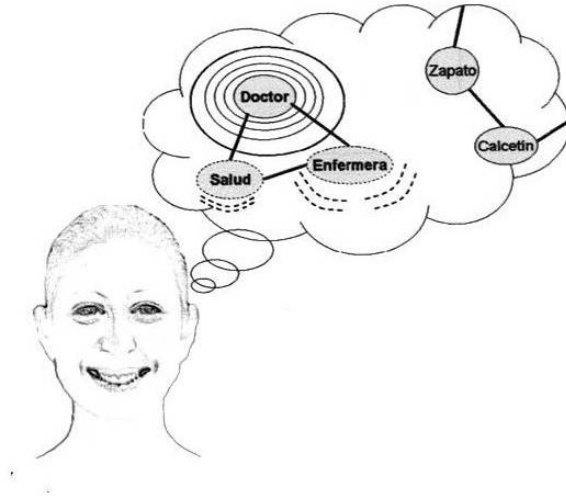


Figura 1.5. Se describe el fenómeno de facilitación semántica en donde conceptos como Enfermera y Salud pueden ser preactivados por transmisión excitatoria de un concepto semánticamente relacionado: Doctor.

Una técnica experimental para estudiar la veracidad de dichos postulados es denominada "Estudios de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical". Un ejemplo típico de esta técnica se describe en la figura 1.6.

Evento experimental	Duración (milisegundos)	Ejemplo
Estímulo de fijación de vista	Hasta que el participante presione una tecla	+
Palabra facilitadora	200 ms	DOCTOR
Intervalo de espera entre estímulos	50 ms	
Palabra objetivo	Hasta que el participante decida	ENFERMERA

Figura 1.6 Secuencia de eventos en experimentos de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical para observar si existe facilitación semántica. El primer estímulo sirve para centrar la mirada. El segundo estímulo es una palabra presentada momentáneamente en el lugar de centración y que el participante tiene que leer en silencio. El tercer estímulo puede ser una palabra bien escrita (por ejemplo ENFERMERA), o una palabra mal escrita (ENHERMERA). La tarea del individuo es decidir si el tercer estímulo es una palabra bien escrita o no (Decisión lexical).

En el caso de la relación DOCTOR-ENFERMERA un participante reconocerá de forma más rápida que enfermera (palabra objetivo) esta bien escrita que en el caso de CALCETIN-ENFERMERA. Esto es así dado que el concepto de doctor (facilitador) preactiva enfermera dada la cercanía semántica entre los conceptos. La literatura de más de 30 años reporta que dependiendo del tipo

de relación que exista entre pares de palabras (facilitador-objetivo) el reconocimiento será más rápido o lento. En específico, conceptos que guardan una relación asociativa como MANTEQUILLA-PAN producen tiempos de reconocimiento más cortos de la palabra PAN que el reconocimiento de la palabra TOMATE en pares de palabras que guardan una relación de categoría como lo es LECHUGA-TOMATE (ambas pertenecen a la categoría de legumbres). Resultados típicos de este tipo de estudios se muestran en la figura 1.7.

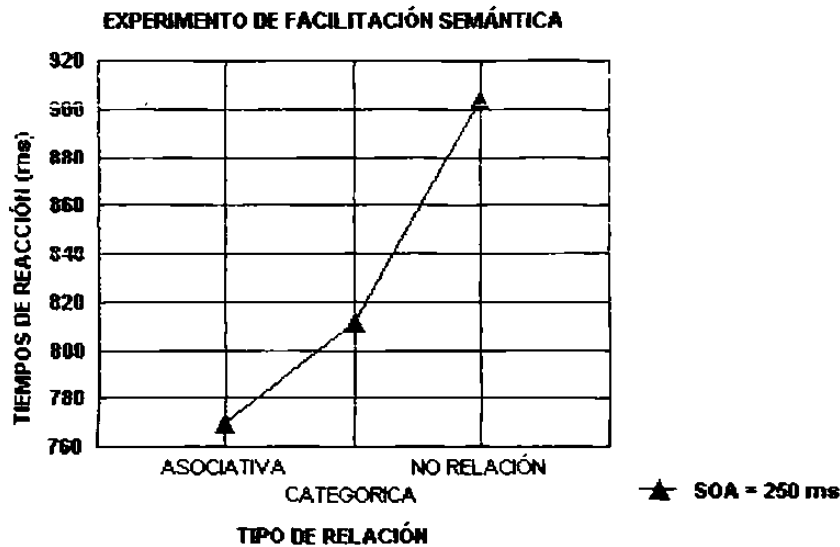


Figura 1.7. Latencias para un experimento de facilitación semántica usando una tarea de decisión lexical (López & Theios, 1996). Palabras relacionadas por una factor de asociación, una categoría y palabras que no guardan relación entre si.

Estos estudios de facilitación semántica pueden ser utilizados para evaluar si un individuo ha adquirido un nuevo conocimiento sobre una temática ya que si un nuevo concepto que se aprende a través de una experiencia educativa no

se integra en memoria a largo plazo de una forma que sea semánticamente apropiada, entonces no es posible obtener efecto de facilitación semántica sobre este nuevo tipo de conceptos. En otras palabras, sin efecto de facilitación semántica es muy probable que no exista lo que Ausubel denomina aprendizaje significativo. Sin embargo, hay que hacer notar que los estudios en redes semánticas contradicen en gran medida los supuestos de Ausubel.

Uno de los primeros modelos de redes semánticas fue el que proponía que la información era organizada por categorías y de forma jerárquica (Collins & Quillian, 1969). La figura 1.8 ilustra de forma gráfica esta idea. Dichos modelos iniciales podían dar cuenta de evidencia experimental que señalaba que participantes de estudios de reacción tardaban más en contestar afirmativamente a la proposición UN CANARIO TIENE PIEL que a la proposición UN CANARIO PUEDE CANTAR. En otras palabras, tal y como se muestra en la figura 1.8 las personas tardaban más en procesar proposiciones acerca de propiedades generales de la categoría (jerarquía alta) que las más específicas (bajas en jerarquía). Trabajo experimental subsecuente (ver por ejemplo Rogers & McClelland, 2004), ha mostrado que la organización de la información en una categoría no es explicable solo por ordenación de jerarquía. Miembros de una categoría pueden estar acomodados por la correlación que guardan con otros miembros de otras categorías, por la experiencia del individuo, por relaciones causales entre los miembros intermedios de la categoría, su factor de tipicidad, etc. Lo que es peor, frecuentemente el comportamiento de los miembros de una categoría tiende a violar predicciones de jerarquía. Por ejemplo, Rips, Shoben y Smith (1973) presentaron evidencia



de que las personas verifican más rápidamente que una gallina es un animal que un ave.

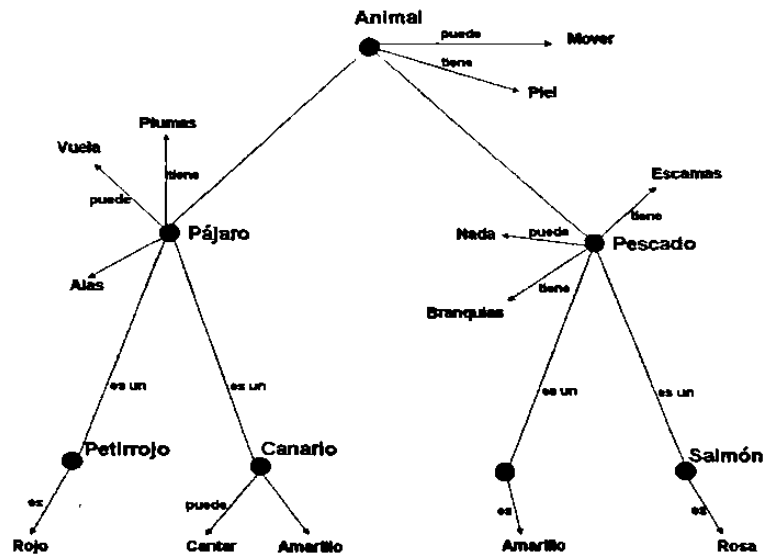


Figura 1.8. Modelos iniciales en Psicología Cognitiva asumían que el conocimiento en memoria a largo plazo esta organizado en categorías.

Ciertamente los modelos de organización de información en categorías son a la luz de la psicología moderna muy limitados y en ciertos contextos no son de fiar. El problema a considerar aquí es que una de las teorías centrales del aprendizaje en ambientes educativos actuales, esto es, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel señala como necesario la integración de nuevo conocimiento en MLP a través del uso de categorías. (Pozo, 1993). En específico, la adquisición de nuevo conocimiento implica ya sea la inserción de información conceptual a nivel supraordinal o subordinal de una categoría (ver

figura 1.9). Todos los problemas señalados a los modelos de categorías del conocimiento son aplicables al modelo de Ausubel.

De esta forma si en realidad se ha de lograr nuevos avances en la teoría del aprendizaje significativo, sobre todo en la forma de evaluar dicho aprendizaje, entonces es necesario considerar nuevos avances de la ciencia cognitiva dentro del contexto del aula escolar. Por ejemplo el concepto de esquema de conocimiento promovido dentro de la psicología cognitiva inicialmente por Piaget en Europa y consolidado por Bartlett en America (López, 2001) fue usado como una explicación alternativa en donde los modelos de categoría pierden poder explicativo. Por ejemplo, teorías causales de la representación del conocimiento asumen que información en una categoría es organizada no solo por las propiedades que cada concepto tiene como miembro de la categoría, sino por una relación causal que une la información dada una experiencia. Por ejemplo, un ave puede volar porque tiene alas. Esta información causal puede explicar porque en estudios de categorización las personas tienden a poner el atributo de color en una jerarquía más alta, cuando se incluye en una categoría de comida de carne que de legumbres. Así, el color en la carne o en la bebida es un indicador de mayor gusto.

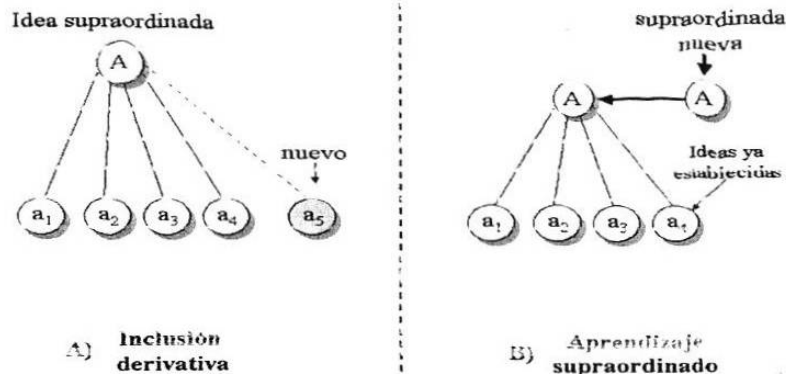


Figura 1.9 Ausubel postula que la información se adquiere y organiza de una forma jerárquica. En dicha jerarquía los conceptos subordinados son conceptos de niveles inferiores a conceptos más generales o supraordinados.

Por su parte un esquema de conocimiento provee de la suficiente flexibilidad no sólo para incluir comportamiento categórico sino también aspectos de causalidad. Por ejemplo, la figura 1.10 muestra la representación conceptual de un esquema que señala el movimiento de un libro por un agente.

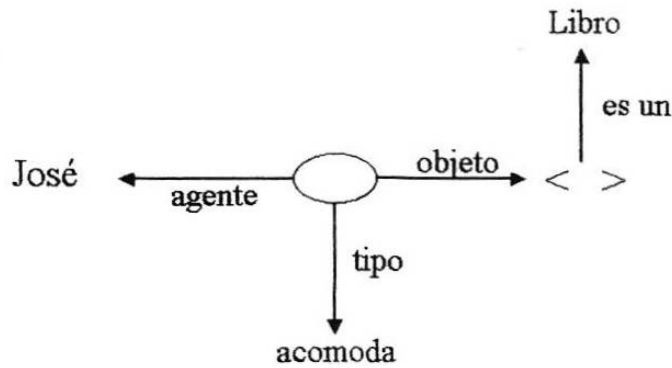


Figura 1.10. Los esquemas de conocimiento tienden a describir eventos o situaciones. En este caso se representa el evento de "José acomodando un libro".

En realidad el constructo de esquema ha sido utilizado como una alternativa teórica a la organización del conocimiento en MLP (Alba & Hacer, 1983, Rumelhart & Ortony 1977). Un interés renovado sobre este concepto se obtuvo en 1986 por Rumelhart y colaboradores, su forma básica sería aún el eje central de teorización en la representación del conocimiento. En particular, lo que estos autores y otros han señalado es la imposibilidad de que nuestro cerebro posea estructuras fijas en formas de esquema. Más bien dichas estructuras conceptuales emergen de la dinámica de activación de información cada vez que son necesitadas. Aunque dicha afirmación no niega la existencia de esquemata en nuestro cerebro, si es cierto que impuso una nueva forma de entender y analizar la forma en como se adquiere y organiza el nuevo conocimiento. En particular el modelo tradicional de máquinas Von Newman, que postulan una máquina serial como modelo explicativo de la conducta

cognitiva, y que ha tenido que dar paso a modelos neurocomputacionales que permiten emular conducta cerebral, en especial el comportamiento de esquemas emergentes.

Por su parte López y Theios (1992, 1996) y López (1996) señalan que es posible detectar y analizar el comportamiento de estos esquemas emergentes. En particular, estudios de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical pueden ser implementados para detectar la existencia de un esquema que emerge. Detallando este concepto, es posible obtener de estudiantes que inician una materia, redes semánticas asociadas por un esquema de la temática por aprender. Después, conceptos que estén relacionadas por el esquema pueden ser elegidos para formar pares de palabras y comparar si estos pares son reconocidos de forma diferente que pares de palabras que no guardan ninguna relación. Dado que al inicio del curso el esquema de interés no ha sido adquirido se asume que los pares de palabras asociados por dicho esquema no tienen significado alguno para el estudiante y los tiempos de reconocimiento de estos pares deben ser iguales a las latencias de pares de palabras sin relación alguna. Sin embargo, al final del curso una vez que los estudiantes integraron nueva información en su memoria, las palabras relacionadas por el esquema deben mostrar latencias significativamente diferentes de las palabras no relacionadas. Este fenómeno es nombrado *facilitación esquemática* y al parecer ya existe alguna evidencia experimental al respecto (Leyva, 2006; Padilla, López & Rodríguez, 2006). La figura 1.11 muestra los resultados de un estudio de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical con más de 100 estudiantes de psicología antes y después

de un curso de la teoría de Piaget. Nótese en especial la condición FE (Facilitador-Esquema: palabras relacionadas por esquema) antes y después del curso. Sus latencias son significativamente diferentes. Además FE después del curso resulto también ser significativamente diferente de los pares de palabras no relacionadas NRPG después del curso. En otros términos, existe la sugestiva posibilidad de tener un indicador de que el conocimiento de una temática se ha incorporado en la MLP de los estudiantes. Dicha integración se asume es integrada en esquemas dinámicos tal y como proponen las teorías conexionistas de memoria.

De esta forma es necesario reconceptualizar los postulados tradicionales del aprendizaje significativo. En particular un estudiante puede pasar un examen sin que en realidad haya integrado información en MLP. Por otra parte la evaluación de un esquema en MLP puede ser difícil de evaluar dado su carácter emergente y dinámico. Por lo mismo, un examen tradicional puede aumentar su poder evaluativo complementándose con un indicador de tiempos de reacción como los descritos para certificar que la información evaluada exista en MLP. Es muy probable que el efecto obtenido en estos estudios de reacción esté fuera del control consciente del estudiante ya que los diseños de los estudios están intencionalmente programados para elicitación de procesos automáticos de la memoria. La probabilidad de que un estudiante haga trampa con respecto a su desempeño en estos estudios es prácticamente nula.

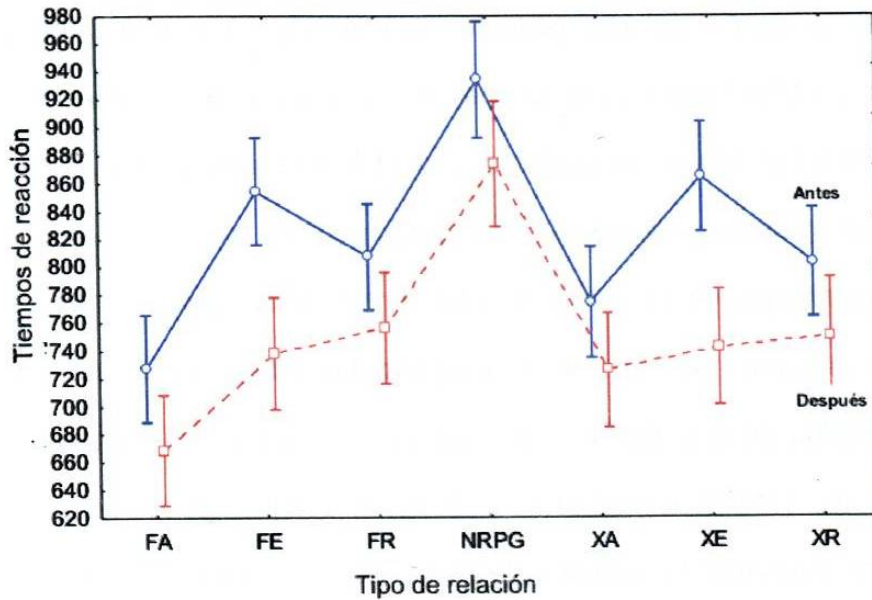


Figura 1.11. Se ilustran las latencias para un estudio de reconocimientos de palabras con tareas de decisión lexical. FE: palabras relacionadas por un esquema de la teoría de Piaget (antes y después de un curso de este autor); NRPG pares de palabras no relacionadas. Otras relaciones fueron exploradas (Padilla, López & Leyva, 2005).

Por demás interesante es el hecho de que estas técnicas cognitivas de evaluación pueden ser automatizadas e introducidas en ambientes educativos en donde los medios de evaluación tienen que realizarse por sistemas computacionales, como lo son algunos medios de aprendizaje en línea. Esta posibilidad, claro esta, implica una unión apropiada entre el propósito evaluativo y la selección apropiada de tecnología computacional.

Los computadores han evolucionado en generaciones. Cada generación tipifica propiedades diferentes de las otras. De particular importancia para la propuesta cognitiva de evaluación que se describirá en el presente trabajo (y quizás para

el futuro de la educación por medios virtuales) son las máquinas de sexta generación caracterizadas por una arquitectura de procesamiento paralelo de la información. Tres grandes familias de computadores pueden ser distinguidas en esta generación: las paracomputadoras, los transputadores y las redes neurales. Estos computadores incrementan día con día su importancia dado que tienden a resolver problemas computacionales que las máquinas seriales son incapaces de solucionar (por ejemplo varios problemas no polinomiales). En especial las redes neurales (inspiradas en el funcionamiento del cerebro) son de interés porque tienden a ser excelentes soluciones computacionales en el área del reconocimiento de patrones de información. Son excelentes sistemas para clasificar patrones en condiciones de alto ruido de fondo o con información incompleta.

De particular interés es la posibilidad de que una red neural pueda ser entrenada con los tiempos de reacción de pares de palabras de un esquema obtenidos de estudiantes que se sabe ya integraron dicho esquema en MLP. El propósito es el de obtener un sistema que pueda clasificar a posteriores estudiantes como poseedores o no poseedores del esquema basado en los tiempos de reacción de los estudiantes en un estudio de decisión lexical del tipo de facilitación esquemática antes señalado. La figura 1.12 señala de forma gráfica un prototipo de esta idea.



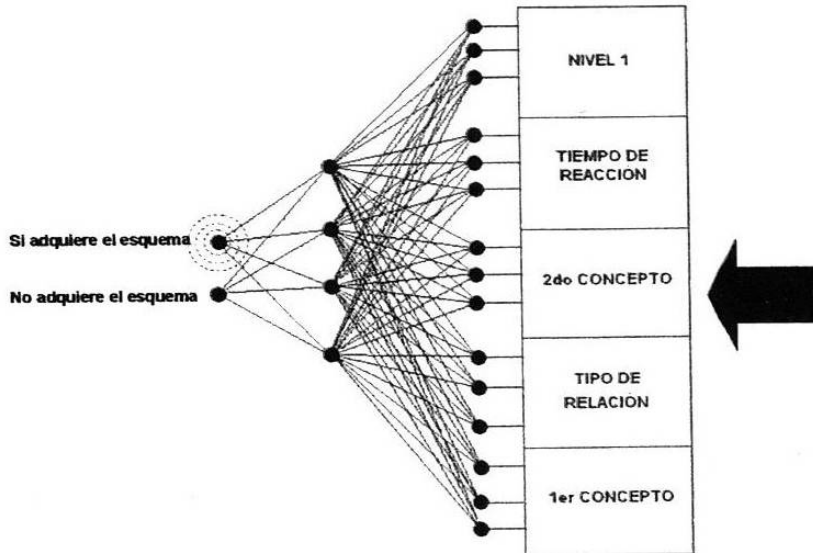


Figura 1.12. Se ilustra una red neural que tiene como propósito clasificar si se adquiere un esquema basado en la presentación de pares de conceptos y un tiempo de reacción relacionado a dichos par.

Descrito lo anterior es posible describir de forma más clara el interés de la presente investigación por elaborar sistemas automáticos que estén a disposición de un usuario, que pretenda evaluar la adquisición de nuevo conocimiento desde una perspectiva del aprendizaje significativo, no como lo propone Ausubel (Driscoll, 1994), si no mas bien dentro de una teoría moderna cognitiva del aprendizaje denominada conexionismo. Desde esta perspectiva la idea de aprendizaje significativo es reinterpretada. En específico, nuevo conocimiento es integrado y distribuido dentro de la conectividad de aparatos neurales en nuestro cerebro. Aquí identificar si se adquirió un conocimiento no depende de si se integro en categorías, si no mas bien, si el comportamiento esquemático distribuido cambio de forma significativa después de un curso con

respecto al inicio de este. El indicador que se propone para identificar dicho cambio esta basado en tiempos de reacción de un paradigma denominado facilitación esquemática. Este interés de implementar un sistema evaluador de adquisición de esquemas a través de redes neurales queda mejor expresado a través de la siguiente pregunta de investigación:

¿Sistemas de redes neurales entrenadas en el reconocimiento de patrones de respuestas de tiempos de reacción en tareas de facilitación esquemática son capaces de discriminar apropiadamente entre aquellos individuos que integraron nuevo conocimiento de un curso de los que no?

De obvio interés en este estudio es el saber exactamente el por que la red neural evaluadora cognitiva es capaz de discernir entre alguien que integró un esquema de alguien que no fue capaz de aprenderlo o que lo aprendió equivocadamente. La tecnología cognitiva que se encuentra a disposición para estos propósitos es variada pero se relaciona al análisis de redes semánticas de información (Friendly, 1979). En particular es de interés a la presente investigación el poder analizar las redes semánticas de una temática de los sujetos que son evaluados por el neurocomputador, ya que estas pueden permitir el análisis cualitativo de la organización de información del esquema que se integra. Desde una perspectiva conexionista esta organización debe ser además emergente, dinámica, y no fija. Para lo que se especula que modelos conexionistas como el que presenta Rumelhart y el grupo PDP en 1986 son ideales para el análisis de los esquemas que se asumen integran los

estudiantes durante un curso. Este interés también se refleja de mejor forma en la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible analizar de forma cualitativa la organización de información de los esquemas que analiza un evaluador neurocomputacional?

## **OBJETIVO GENERAL**

Implementar tecnología educativa que sea capaz de evaluar aprendizaje significativo en la memoria a largo plazo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar si una red neural estilo genético es capaz de reconocer y clasificar individuos que poseen un nuevo esquema de conocimiento usando tiempos de reacción en tareas de reconocimiento de palabras.
2. Implementar un sistema conexionista simulador de esquemas que permita identificar conceptos centrales para la organización de información de redes semánticas generadas por sujetos sobre un tema.
3. Obtener redes semánticas naturales de individuos que han leído sobre un tema.

## HIPÓTESIS

1. Si un individuo integra información nueva en su memoria a largo plazo entonces las latencias en el reconocimiento de palabras relacionadas por esquema de este tema permitirá a una red neural reconocer que dicho individuo ha integrado nueva información sobre el tema.
2. Si un individuo ha sido clasificado como poseedor de nueva información sobre un tema, entonces un análisis cualitativo de cómo organiza la nueva información usando técnicas de redes semánticas reflejará conceptos relevantes en la integración y asimilación de esa temática.
3. Cuando un nuevo conocimiento es adquirido este podrá analizarse a través de redes semánticas naturales de información después de que se ha estudiado una temática.

En general lo que se propone es una forma de evaluación cognitiva de aprendizaje usando tanto indicadores cualitativos como lo son simulaciones computacionales de nuevo conocimiento que se adquiere, así como indicadores cuantitativos que permitan clasificar a un estudiante como perteneciente a la categoría de poseedor de nuevo conocimiento. Dichos indicadores serán teóricamente contextualizados de forma mas detallada en la siguiente sección de marco teórico.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

A continuación se presenta una serie de contenidos teóricos que pretenden contextualizar el tipo de indicadores de relevancia a la presente investigación. En particular se introducirá teoría del procesamiento humano de información para señalar cómo es que estudios de reconocimiento de palabras basados en diseños cuasi experimentales con tareas de tiempos de reacción han permitido estudiar la forma en cómo los humanos tienden a organizar y almacenar información dentro de la memoria a largo plazo. Además dentro del rubro teórico de la representación del conocimiento en la memoria se analizarán los nuevos modelos conexionistas que postulan formas dinámicas y emergentes de organizar información en la memoria. Este marco teórico dará paso a la consideración del tema del aprendizaje significativo. Aquí se contrastarán teorías centrales de la psicología educativa como lo es Ausubel con teorías del aprendizaje basado en esquemas y redes semánticas propuestas por la teoría cognitiva del procesamiento humano de información. Todo lo anterior permitirá finalmente retomar el problema de investigación así como los indicadores incluidos para contestar las preguntas de investigación dentro de una aproximación de la representación del conocimiento.

### **2.1 Sobre la Teoría del Procesamiento Humano de Información**

La teoría del procesamiento humano de información (PHI), tiene como postulados teórico central el de entender al humano como un procesador de información simbólica. Desde esta perspectiva, se entiende el funcionamiento de nuestra

mente y sus habilidades intelectuales como un tipo de computadora en donde se archiva y manipula información simbólica de una forma programada. Esto tiene como propósito el traer toda una metodología de rigor matemático en la medición de los procesos de manipulación de información. Sin embargo, debe estar claro que esta analogía es sólo una herramienta conceptual y que no se sugiere que nuestra mente es en sí una computadora.

En su forma más ortodoxa, el PHI propone que nuestro aparato cognitivo se constituye como un sistema serial en donde la información es procesada por etapas y en donde el procesamiento de la información en cada etapa se encuentran regulado por un procesador central (Massaro, 1993).

Los supuestos básicos del PHI postulan que: 1) los componentes mentales y procesos, que se representan de manera interna por el tiempo y el espacio en que ocurren la entrada y la salida de la información, son importantes para la comprensión de los procesos de aprendizaje. 2) El número de procesos que explican las actividades cognitivas es pequeño. 3) Los procesos trabajan en conjunto y se combinan para facilitar el desempeño de las tareas. 4) El desarrollo cognitivo depende de sistemas de automodificación, para la resolución de tareas de forma más eficiente.

La mente humana trabaja al aplicar procesos básicos a las estructuras simbólicas que representan el contenido de nuestros pensamientos, es decir, representaciones mentales, utilizadas para codificar nuestra experiencia,

procesarla y almacenarla. El objetivo final de esta postura es la construcción de una representación teórica de la secuencia de eventos que ocurre mientras la información estímulo se transforma a través de operaciones preceptuales y cognitivas, en formas codificadas que pueden preservarse en memorias organizadas (Klingler & Vadillo, 2000).

De acuerdo a los teóricos del PHI desde la infancia comenzamos a formar representaciones simbólicas de nuestro medio ambiente y de nuestra conducta como individuos en dicho ambiente. Estas representaciones mentales permiten la organización de la información de acuerdo a las propiedades del objeto representado (Rumelhart & Ortony, 1977).

Con respecto a estas representaciones mentales existen al menos tres diferentes formatos para representar la información en nuestro sistema cognitivo (Rumelhart & Ortony, 1977):

1. el conocimiento procedimental,
2. el conocimiento declarativo,
3. el conocimiento de imágenes.

El conocimiento procedimental es aquel tipo de conocimiento que nos señala o indica el procedimiento (¿cómo se hace?) para realizar alguna tarea. Por ejemplo, el tipo de conocimiento que nos permite conducir un carro o una bicicleta, desplazamos de un lugar a otro sin perdernos, etc. El conocimiento procedimental

también se relaciona a lo que algunos autores conocen como conocimiento condicional, el cual supone un conjunto de reglas condicionales como: "SI... ESTO SUCEDE... ENTONCES PROCEDE CON...". Dicho conocimiento procedimental forma la base de mucha de nuestra conducta.

El conocimiento declarativo (Rumelhart & Norman, 1985; Lindsay & Norman, 1977), nos describe y explica las características y significado de algo (responde a la pregunta ¿qué es un objeto? Por ejemplo, algo que tiene cuatro patas, que tiene cola y ladra ¿qué es? Este conocimiento también se organiza proposicionalmente en la memoria y se le conoce como redes semánticas de conocimiento ya que el significado de un objeto se construye al recorrer la red de conceptos que se asocian y describen las propiedades del objeto.

## **2.2 PHI y la Representación de Conocimiento en Memoria**

La información de nuestro medio ambiente es primero procesada a través de un almacén sensorial en donde la información es codificada en un símbolo que puede ser almacenado de forma temporal en un Memoria a Corto Plazo (MCP). Si la información no es de relevancia la activación de dicho símbolo decaerá hasta que este es perdido de forma permanente. Por el contrario si el concepto es de relevancia para el individuo, entonces este podrá ya sea ser reactivado y seguir permaneciendo en MCP o si se desea así, este pasará a formar parte de una red de conceptos almacenados permanentemente en la Memoria a Largo Plazo (MLP). El procesador central se supone influye de una forma automática e



inconsciente, pero en la actualidad también se le atribuye participación de la autorregulación consciente y a la metacognición, estos es, al conocimiento consciente de nuestras capacidades cognitivas (Mayor, Suengas & Marqués, 1995).

Los estudios de los procesos de asociación compleja en forma de red conceptual en la MLP se denominan análisis de redes semánticas. Dichas redes se conocen como semánticas porque es a través del recorrido y activación de los conceptos de la red el como obtenemos el significado de algo. Estos modelos reticulares encuentran su inicio con Collins y Quillian (1969), y encuentran a sus modelos mas representativos con Anderson (1976), Anderson y Bower (1973), Brachman (1977), Collins y Loftus (1975), Norman, Rumelhart y el grupo de investigación LNR (1977), Lindsay y Norman (1977), y mas recientemente con Feldman (1988), y Rumelhart (1990).

Dichas redes semánticas, tienen sin embargo el propósito de formar la base de organizaciones de conocimiento más complejo llamados esquemas. Este concepto de esquema de conocimiento, se encuentra en el centro de la generación de teoría en la psicología cognitiva moderna. Aún y cuando no existe una definición definitiva, el concepto de esquema (esquemata para el plural), es frecuentemente usado para representar estructuras de datos que contienen grupos de conceptos que constituyen conocimiento genérico acerca de eventos, escenarios, y acciones que han sido adquiridos de experiencias pasadas. Kant (citado en Kintsch & Mross, 1985), originalmente propuso la idea de esquemata como el de estructuras

innatas para organizar nuestra percepción del mundo. Sin embargo, la inclusión de esta noción mentalística en psicología vino primero de Europa con Piaget en 1926 para explicar cómo es que los niños desarrollan el pensamiento a través de la edad. También Bartlett en 1932 (citado en Neisser, 1967) uso el concepto de esquema para explicar cómo los individuos tendían a reconstruir historias basadas en su conocimiento previo. En Estados Unidos el concepto de esquema fue retomado principalmente por investigadores del área de la Inteligencia Artificial para desarrollar y mejorar simulaciones computarizadas de las capacidades cognitivas humanas (Minsky, 1975; Schank & Abelson, 1977)

El nacimiento del concepto de esquema de conocimiento en psicología como una herramienta exploratoria sobre cómo los humanos procesamos y organizamos el conocimiento fue difícil debido al ambiente conductista que predominaba en la época. Esta noción mentalística era considerada como extremadamente vaga, subjetiva, y no observable.

En la época de los setenta, con el creciente interés en las representaciones mentales, el concepto de esquema se consolidó debido a que desde entonces se ha encontrado evidencia experimental que apoyaba su validez psicológica (Brandsford & Johnson, 1973; Anderson & Pichert, 1978), y además versiones modernas como el modelo de "esquemas – etiqueta" (Graesser & Nakamura, 1982), o el modelo de esquemata de procesamiento paralelo distribuido (Rumelhart, Smolensky, McClelland, & Hinton, 1986; Schvanevidt, 1990), juegan un papel central y determinante en las teorías actuales de memoria humana en la

psicología cognitiva (para una revisión completa véase Alba y Hasher, 1983).

Rumelhart y Ortony (1977) listan las siguientes características como las más importantes propiedades de un esquema:

1. Los esquemas tienen variables.
2. Los esquemas pueden ser embebidos en otros.
3. Los esquemas representan conocimiento a todos los niveles de abstracción.
4. Los esquemas representan conocimientos más que definiciones.
5. Los esquemas son mecanismos de reconocimiento que son usados para la evaluación de información que está siendo procesado.

La tercera característica, esto es, que los esquemas pueden representar niveles a todos los niveles de abstracción, desde ideologías y aspectos culturales (por ejemplo Anderson, 1991), hasta el simple significado de una palabra, es lo que permite a los investigadores el explorar una gran variedad de campos de conocimientos. Por ejemplo, en un nivel molar de abstracción, y entendiendo los esquemas como procesos cognitivos activos (característica No. 5), Schank y Abelson (1977) extendieron la idea de esquemata para explicar cómo conocimiento de secuencias de eventos complejos como lo es el comer en un restaurant (lo que envuelve acciones dirigidas a metas, actores y objetos), puede ser representado en estructuras de conocimientos llamados "scripts". Al igual que la esquemata los scripts pueden ser divididos en escenas organizadas jerárquicamente y subscripts. Los elementos de los scripts funcionan como valores

de default y nos permiten inferir lo que no está explícitamente establecido.

Estos esquemas se suponen son usados por los individuos para toda actividad cognitiva, inclusive en aspectos como es la conducta emocional y atribuciones emocionales a otros individuos. Desde esta perspectiva existen estudios que analizan el rol de esquemas de conocimiento como desencadenadores de la emoción. Una instancia de esto es la teoría de Mandler, en donde la disrupción de una expectativa impide la aplicación de esquemas personales o la consecución de una meta. Estas disrupciones pueden crear estados emocionales positivos o negativos.

Los esquemas de conocimiento a su vez pueden ser usados como estructuras de datos que manejan tres tipos de conocimiento declarativo. De acuerdo a Smith y Medin (1981), dichos tipos de información esquemática puede ser clasificado al menos en tres categorías:

a. Esquemata Semántica Clásica.

En este tipo de esquema los conceptos involucrados deben ser necesarios y suficientes para lograr una definición única. Así por ejemplo la representación conceptual de un "cuadrado" debe contener conceptos definidores como: figura cerrada, cuatro lados, longitudes iguales en sus lados, y ángulos iguales de 90 grados. En resumen los esquemas semánticos clásicos deben contener:

1. Un esquema único de representación tipo resumen.
2. Conceptos necesarios y suficientes.
3. Los conceptos definidores deben asociarse unos con otros para formar conjuntos y subconjuntos.

b. Esquemata Semántica Probabilística.

En muchas ocasiones las representaciones unitarias no se ajustan como una buena explicación de un evento u objeto, sino más bien como una probable explicación. Por ejemplo, la representación unitaria de una taza puede ser: (1) objeto concreto, (2) cóncavo, (3) puede guardar líquido, (4) tiene una agarradera, (5) sirve para contener líquidos calientes. Aún y cuando estos definidores pueden presentarse como una definición unitaria es cuestionable si esta representación es válida para todos los tipos de tazas. Las propiedades de la 1 a la 3 parecen ser una descripción válida para todos los miembros de la clase, pero no así las propiedades 4 y 5. Por ejemplo, las tazas en restaurantes chinos no tienen agarradera y no pueden ser usadas para tomar líquidos calientes. De esta forma descripciones unitarias como la de un cuadrado, son válidas en todos lugares mientras que la descripción de una taza es una representación probable.

c. Esquemata Semántica por Ejemplificación

Existen eventos u objetos que no se someten a una representación conceptual unitaria o probabilística. Por ejemplo, la representación esquemática de lo que es

un suicida ha sido difícil de lograr en un ambiente clínico. La clase de gente con tendencias suicidas no puede ser representada por una sola descripción, sino más bien por un conjunto de descripciones, esto es, es necesario conocer las características de diferentes suicidas para poder conocer lo que es un suicida. Este tipo de esquemas se llaman de ejemplificación ya que la tipificación de los miembros determinados de unas clases requiere un conjunto separado de descripciones.

El conocimiento eidético o de imágenes, por su parte y como su nombre lo indica, es el almacenamiento y manipulación de imágenes (Paivio & Csapo, 1973). Por ejemplo, la gráfica de un libro, la cara de un pariente, etc. Dicha capacidad eidética nos permite llevar operaciones mentales para la solución de problemas o tareas que requieren el análisis espacial de objetos, o de un espacio bidimensional o tridimensional.

Todos estos postulados acerca de la organización y almacenamiento de la información en la memoria han sido sujetos a una constante verificación experimental. Dicha forma de verificar estos constructos teóricos han tipificado a la psicología cognitiva como un área científica.

### **2.3 Representación del Conocimiento y Desarrollo Cognitivo según Piaget**

Piaget (1968,1970), fue un biólogo cuyas postulaciones cognitivas señalan que el humano se desarrolla en etapas desde su nacimiento hasta su madurez. Cada

una de estas es cualitativamente diferente de las otras y es secuencial. Observe la figura 2.1.

	<b>Tipos de esquema</b>	<b>Logros cognitivos</b>	<b>Limitaciones</b>
<b>Estado Sensoriomotor</b>	<b>Motor</b>	<b>Permanencia de objeto</b>	<b>Pensamiento basado en hacer cosas.</b>
<b>Estado Pre-operacional</b>	<b>Motor Simbólico</b>	<b>Imitación diferida Juego simbólico Lengua</b>	<b>Dominado por aspectos perceptuales. Carencia de conciencia de la perspectiva de otros. Carencia de reversibilidad. Carencia de compensación.</b>
<b>Estado Operacional</b>	<b>Motor Simbólico Operacional-Concreto</b>	<b>Inclusión de clase Seriación Conservación</b>	<b>Pensamiento sólo en términos concretos. Puede pensar en un máximo de dos atributos a la vez.</b>
<b>Estado Operacional Formal</b>	<b>Motor Simbólico Operacional-Concreto y Formal</b>	<b>Pensamiento en posibilidades Anticipación Pensamiento en forma de hipótesis</b>	

Figura 2.1. Descripción de las diferentes etapas de desarrollo cognitivo de un individuo.

Algunos individuos superan los estados cognitivos más rápido que otros, y otros no son capaces de llegar a la etapa de operaciones formales. En la primera etapa, a través de la acción motora, el niño genera esquemas motores. Estos esquemas le permiten al pequeño interactuar con su medio ambiente, lo cual eventualmente, lo lleva a concluir que los objetos existen independientemente de si éste puede verlos o tocarlos (permanencia de objetos).

En el estado preoperacional, el niño desarrolla estructuras cognitivas llamadas

esquemas simbólicos que le permiten representar tipos de conocimiento, declarativo, procedimental o de imágenes así como el desarrollo de la lengua. Aún y cuando en esta etapa carecen de la capacidad de generar esquemas operacionales, los infantes son capaces de entender que algunas operaciones son reversibles (reversibilidad) y de que al afectar la dimensión de un objeto también se afecta otra dimensión de ellos mismos (compensación). En el estado operacional los niños pueden aplicar operaciones sobre problemas que involucren objetos concretos y no a objetos abstractos. Esto último requeriría de pensamiento hipotético el cual se relaciona al pensamiento de operaciones formales.

Para poder cambiar de un estado cognitivo a otro (maduración), un individuo debe ser capaz de asimilar y acomodar información de su medio ambiente en sus esquemas de conocimiento. Asimilar implica solamente adherir nueva información a un esquema ya existente, mientras que acomodación implica reestructurar un esquema de conocimiento previo. Observe cuan central es la existencia de un esquema de conocimiento para sostener una de la teorías mas importantes en cognición sobre desarrollo cognitivo. Sin la existencia de dicho concepto esta teoría prácticamente es insostenible.

La teoría de Piaget da significado a las etapas de desarrollo. Postula una continuidad y una organización que dirige una serie de conductas que en apariencia no tiene relación. Por lo que debemos suponer que existe un paralelismo entre el aprendizaje temprano y las formas más complejas de aprendizaje del adulto. Podemos hipotetizar que ciertas secuencias del desarrollo



son universales y que una estructura biológica subyace a ellas (Klinger & Vadillo, 2000).

## **2.4 Sobre el efecto de Facilitación Semántica**

Del estudio de los diferentes índices de organización y estructura del recuerdo se ha podido establecer una gran cantidad de avances teóricos en el área de la memoria humana. Se revisa a continuación un modelo clásico del procesamiento humano de información relacionados a esta línea de estudio de la memoria humana.

En 1981 Raijmaker y Shiffrin (citado en Lachman & Lachman, 1979) presentaron un modelo de memoria episódica denominado "Search of Associative Memory" (SAM) para explicar entre otras cosas la forma en como cognitivamente se da el recuerdo. En este modelo, la memoria a largo plazo esta constituida de imágenes que constituyen unidades interconectadas con propiedades permanentes.

De acuerdo a este modelo, cuando un individuo participa en una tarea de recuerdo este construye una serie de claves en la MCP que le permitirá el recuperar información posteriormente. Estas claves se refieren a el tipo de información a recordar (palabras, imágenes, frases completas), posibles categorías (frutas, animales, etc.) y claves contextuales (por ejemplo se trata sobre una lista que acabo de repasar, de una clase de ayer, de un programa de radio que escuche la semana pasada, etc.).

Durante el proceso de recuerdo las claves activan las imágenes de una forma diferencial, esto es, las imágenes se activan según su fuerza de asociación a dichas claves (aquí se supone que se activan sólo las imágenes involucradas en la lista a recordar). Esta interacción entre clave e imagen en memoria puede ser entendida como una matriz de interacción en donde cada celda de la matriz representa un valor de asociación entre un clave determinada y una imagen. Esta matriz de asociación es también denominada estructura de recuperación de información.

El modelo SAM se encuentra entre los primeros modelos formales que intentan proponer mecanismos cognitivos del recuerdo. Extensiones del modelo pueden ser observados para explicar otro tipo de procesos de memoria como lo es el caso de memoria de reconocimiento.

Con respecto al tema de la memoria humana no es sino hasta inicios de los 70s que los tiempos de reacción empezaron a ser usados como un método de estudio en la investigación de la memoria humana dentro de la psicología cognitiva. Con el advenimiento de las computadoras como instrumentos de medición de alta precisión dentro de los laboratorios de psicología que fue posible el consolidar el uso de tiempos de reacción como un estándar dentro del estudio de la memoria humana (véase también Kliegl, Mayr & Krampe, 1994). Desde entonces se han diseñado una serie de ingeniosos métodos experimentales de tiempos de reacción que permiten determinar la forma de procesamiento y capacidad mnemónica.

Sternberg (1969) exploró mecanismos de procesamiento de la MCP en tareas de reconocimiento usando una tarea experimental de tiempos de reacción en la que los participantes tenían que decir si un estímulo que se les presentaba visualmente se encontraba en una lista que recién se les había presentado. Lo que importaba en esta tarea de reconocimiento no era analizar tanto la organización o contenido del material a reconocer, sino más bien la capacidad del sistema para procesar la información (Solso 1998).

Sternberg proponía que una vez que la lista de estímulos era almacenada en la memoria a corto plazo, entonces el decidir si un estímulo posterior pertenecía o no a esta, establece un proceso de comparación que inicia una búsqueda serial en la lista. Sin embargo, no era claro si dicha búsqueda terminaba una vez identificado el estímulo en la lista (auto-terminación), o era necesaria una búsqueda exhaustiva.

En general no debe sorprender que a mayor número de elementos en la lista de búsqueda se obtenga un mayor tiempo de reacción para tomar la decisión de pertenencia de un elemento a la lista. Lo que sería sorprendente es el hecho de que la hipótesis de exhaustividad se mantuviera ya que esto implica un gasto adicional de recurso de información en el acceso de información (Solso, 1998).

Un primer aspecto sobresaliente obtenido por Sternberg es el hecho de que incrementos de elementos en la lista ocasionan un efecto acumulativo en los tiempos de reacción de tal forma que cada elemento añadido ocasiona un

incremento de igual proporción en tiempo de reacción. Este proceso de adición es importante porque es visto como evidencia empírica de la idea de Donders (López, 2002) de un efecto sumativo de etapas de procesamiento. Sin embargo, más sorprendente es el hecho de que la hipótesis de auto-terminación es rechazada, sugiriendo de esta forma un sistema de acceso de información en MCP no tan efectivo. Esto es por supuesto una limitación de procesamiento que tipifica a las personas y permite delinear aspectos estructurales de la MCP.

Los resultados de estudios cronológicos como el paradigma de Sternberg siguen teniendo en la actualidad validez aún y cuando la idea de una búsqueda serial en MCP ha sido criticada. Independientemente de estas críticas lo que se pretende ilustrar es la forma experimental de probar la hipótesis de que la actividad mental conlleva un tiempo real (Lachman, Lachman & Butterfield, 1979), y la creencia inicial en psicología cognitiva de que dicho tiempo se daba en etapas de procesamiento serial donde cada etapa consumía un tiempo que puede ser inferido por métodos de substracción.

El fenómeno cognitivo de facilitación semántica es generalmente visto como uno de los procesos más reveladores de las características de acceso y recuperación de la memoria humana. Este se refiere al hecho de que, si por ejemplo, en una situación experimental dos elementos (palabras, imágenes, etc.) son presentados uno tras otro en sucesión cercana a un observador y una respuesta es requerida sobre el segundo elemento, entonces, la respuesta requerida será más rápida cuando los dos elementos presentados están relacionados que cuando no lo

están. De esta forma, el tiempo que le lleva decidir a un individuo que la palabra "silla" (objetivo) es una palabra bien escrita, toma menos tiempo cuando la palabra "mesa" (facilitador relacionado) le antecede, que cuando la palabra "viento" (facilitador no relacionado) le antecede (Meyer & Schvaneveldt, 1971).

Existen al menos dos grandes categorías de modelos teóricos que pretenden explicar los efectos de facilitación semántica:

1. Modelos mecanicistas: estos modelos basan sus explicaciones en términos de la organización de componentes de trabajo. Un ejemplo de estos modelos es el de estilo de carpeta de almacenamiento (Wyer & Srull, 1980), en donde constructos (palabras, frases, o párrafos) en cada carpeta son almacenados en capas en el orden en el que estos son activados. De esta forma cuando un constructo es frecuentemente activado, la probabilidad de que este sea usado aumenta y por lo mismo es más probable que este permanezca en una capa superior. Dado que elementos asociados son activados con la misma frecuencia entonces estos se encuentran en capas cercanas y al acceder a una capa determinada permite acceder a capas cercanas a esta en menos tiempo dando así un efecto de facilitación de acceso de información. Un modelo mas reciente es el modelo de "clave compuesta" (Ratcliff & Mckoon, 1988; Doshier & Roseadle, 1989). En este modelo la información en la memoria es accedida a través de la información que posee una clave sobre el elemento a buscar y sobre el contexto en el que ocurre. El fenómeno de facilitación semántica identifica al elemento facilitador (palabra, imagen, etc), como la clave que acciona una ruta de acceso de información.

2. Modelos de transmisión excitatoria: este tipo de modelos explica el fenómeno de facilitación semántica como la consecuencia de la activación de niveles de energía de elementos asociados a un facilitador (Higgins, Barg, & Lombardi, 1985). La idea central a estos modelos es el de difusión de activación en donde al activar un elemento en la memoria (por ejemplo un concepto) este esparcirá activación residual a elementos semánticamente cercanos. Este concepto de difusión de energía excitatoria fue primeramente propuesta por Quillian (1969), elaborado por Collins y Loftus (1975), e incorporado en modelos generales de pensamiento humano como el ACT (Anderson, 1976, 1983) y de memoria humana (Anderson & Bower, 1973).

Existe un gran debate sobre cual tipo de modelos (mecanicistas vs. transmisión de activación) son mejores para explicar el fenómeno de facilitación semántica (McNamara, 1992, 1994; McKoon & Ratcliff, 1992). Dada la relevancia en la literatura cognitiva de los modelos difusión de energía y su relación a modelos conexionistas modernos, se expondrá sobre estos modelos observando técnicas experimentales implementadas para la obtención de evidencia empírica que los apoye. Esto tiene también el propósito de detallar el cuidado que se tiene en este tipo de estudios en los procedimientos así como el de resaltar problemáticas experimentales que un investigador en el estudio de memoria humana puede encontrar al incursionar en el área.

Los modelos de memoria semántica (redes semánticas) asumen que la información en la memoria se almacena en forma de nodos conceptuales

interconectados. Los nodos conceptuales se conectan entre ellos si se encuentran relacionados (por ejemplo Mamá-Bebe). Además de acuerdo a la teoría de difusión de activación un nodo inicialmente activado esparce activación a dichos nodos relacionados dejando un camino de nodos activados que conlleva a la creación de un significado. Postulados adicionales de este tipo de modelos son los siguientes:

1. El proceso de activación toma unidades de tiempo medibles (Collins & Loftus, 1975; Anderson, 1976).
2. Ocurre fuera de la consciencia cuando el nivel de activación es iniciado sin intención.
3. No interfiere con el procesamiento de información que se este llevando acabo (Posner & Snyder, 1975).

Una técnica experimental para estudiar la veracidad de dichos postulados es denominada "tarea de decisión lexical". Aunque existe una variedad de formas en las cuales es usada la técnica, en la actualidad es frecuente encontrara que en este tipo de estudios se le presentan a un individuo tres estímulos consecutivos a través de un monitor de computadora. El primer estímulo sirve para centrar la mirada del observador en el lugar donde lo otros dos estímulo van a aparecer, aparece por un breve periodo y desaparece. El segundo estímulo es una palabra que es presentada momentáneamente en el lugar de centración y que el participante tiene que leer en silencio. Al desaparecer el segundo estímulo se presenta el tercer estímulo en el lugar de centración. Este tercer estímulo puede

ser una palabra bien escrita (por ejemplo PERRO), o una palabra mal escrita (PHERRO). La tarea del individuo es decidir si el tercer estímulo es una palabra bien escrita o no, y para esto el participante tendrá a su disposición en el teclado de la computadora una tecla para la respuesta "sí" y otra para la respuesta "no".

Dentro de la literatura de estudios de decisión lexical es normal que se reporten los tiempos usados para los diferentes eventos experimentales. En específico, existen dos valores de importancia a reportar. El primero se refiere al tiempo que transcurre desde el inicio del estímulo facilitador hasta el inicio del estímulo objetivo. Este valor se le conoce como SOA (Stimulus Onset Asynchrony), y dado que las siglas se han convertido un estándar no es común verlas traducidas al español. Este es también el caso del valor temporal que existe entre la terminación del primer estímulo y el inicio del segundo estímulo, y que se denomina ISI (Inter Stimulus interval).

A través de la manipulación del SOA es posible tener diferentes efectos en el procesamiento del estímulo objetivo. Por ejemplo, y como veremos en una sección posterior dicha manipulación puede ser usada para el estudio de información inconsciente. Sin embargo, antes de proceder en este sentido es necesario señalar los controles tan minuciosos que se tienen en la selección de estímulos en este tipo de investigación psicológica.

Nótese primero que algo importante en la selección de estímulos es el tipo de relación que guardan los estímulos entre sí. Dos de estas son la relación



asociativa entre conceptos, así como la relación categórica. Por ejemplo, la relación MANTEQUILLA-PAN se da por la frecuente asociación que se tiene de untar la mantequilla en el pan. Por su parte ANIMAL-PERRO señala el concepto de perro como una instancia de una categoría general que es la de los animales. También existe la combinación de ambos tipos de relación como por ejemplo el caso de LECHUGA-TOMATE en donde ambas legumbres se asocian y pertenecen a la misma categoría (Lupker, 1984).

Consistente con la literatura de facilitación semántica (para un repaso de la literatura léase Neely, 1991), los tiempos de reacción para relaciones asociativas producen mayor facilitación semántica que las relaciones categóricas. Por su parte, los pares de palabras relacionados generan latencias significativamente menores que aquellos pares de palabras no relacionados. Los tiempos de reacción de palabras no relacionadas constituyen la línea base con la que se comparan los demás tiempos de reacción. Cuando se compara pares relacionados con pares no relacionados se dice que se busca por un efecto de facilitación semántica global. Cuando se compara los pares de palabras relacionados contra un control en donde el prime no es una palabra (xxxx-palabra) o no existe se dice que se observa si existe facilitación simple. Finalmente, cuando se comparan palabras no relacionadas con un control se dice que se busca el efecto de inhibición. Sin embargo para propósitos de practicidad solo tomaremos la aproximación de la facilitación semántica global.

Otros factores de relevancia a tomar en cuenta en la selección de los estímulos,

es el tamaño de las palabras a usar y la frecuencia con la que estas son usadas en un determinado idioma. Para cerciorarse de su similitud es necesario contar el número de letras de cada palabra. Después se someten a un análisis estadístico de prueba "t" de estudiante de tal forma que los valores de longitud de las palabras facilitadores se contrastan con respecto a los valores de longitud de las palabras objetivo esperando que no se de una diferencia significativa entre ambos grupos.

Con respecto a la frecuencia de uso de palabra es necesario consultar libros de normas de palabras en las que se pueda observar la frecuencia de asociación que existen entre ciertas palabras (Carroll, Davies, & Richman, 1971) así como para la correcta elección de pares de palabras de relación categórica (Battig & Montague, 1969).

Finalmente, hay que tomar en cuenta que valores de SOA mayores a 500 ms pueden permitir que un individuo use alguna estrategia consciente para tratar de anticipar la posible relación de la palabra (Becker, 1980, 1985).

Si estos cuidados son tomados y si un número adecuado de participantes son tomados en cuenta (alrededor de 30 individuos) es posible obtener el efecto de facilitación semántica.

En los estudios de reconocimiento de palabras como lo es el caso de estudios de decisión lexical, es necesario tener en cuenta la distinción conceptual entre los términos "acceso lexical" y el de "identificación lexical". Por su parte el término de

acceso lexical implica que la representación conceptual que permite la elaboración de su significado también es activada. En contraste el término de identificación lexical sólo se refiere a las propiedades de la palabra sin que esto tenga que ver con la obtención de su significado. De esta forma en los estudios de decisión lexical el estímulo facilitador se supone se refiere al acceso de palabras, ya que se supone este provee el contexto semántico (Schvaneveldt & Meyer, 1973), en el cual se dará solamente la identificación lexical de la palabra objetivo (Balota, Ferraro & Connor, 1991).

Un modelo cognitivo clásico de reconocimiento de palabras es propuesto por John Morton en 1969 (Glass & Holyoak, 1986). De acuerdo a este modelo cuando una palabra es procesada se lleva a cabo primero un análisis visual de las características de esta. Este análisis es usado para escoger un logogen en la memoria (derivado del latín logo que significa "palabra" y genús "nacimiento"). El análisis visual es sometido al mismo tiempo a un análisis fonológico de tal forma que el resultado de dicho análisis también este a disposición para la posible elección del logogen.

En el modelo de Morton el contexto funge como el marco semántico que cada logogen posee, esto es su representación conceptual. Implícito en el sistema esta la idea de que tanto en la identificación lexical como en el acceso lexical el individuo es consciente de la identificación y del significado de una palabra. Dicha suposición teórica se mantuvo por un buen tiempo hasta que Marcel (1980, 1983a, 1983b) presentó una serie de estudios donde presenta evidencia de que es

posible tener el acceso e identificación lexical sin intervención consciente. Usemos esta postura teórica para ilustrar una variación de los procedimientos de decisión lexical.

Básicamente la idea de los estudios de Marcel es la de impedir que el estímulo facilitador en estudios de reconocimientos de palabras tuviera la oportunidad de alcanzar la conciencia. El realizó esto presentando un estímulo posterior al facilitador que interfiriera en el transcurso temporal que le toma al facilitador el alcanzar procesamiento consciente. Este estímulo se le denomina estímulo enmascador y a la técnica de interferencia se le denomina técnica de enmascaramiento. Si el estímulo enmascarador es presentado después del estímulo facilitador, entonces este tipo se le denomina enmascaramiento retroactivo. En contraste, si el estímulo enmascarador es presentado antes del facilitador entonces la interferencia se denomina enmascaramiento proactivo.

Marcel observó que decrementando el SOA entre la palabra facilitadora y el estímulo enmascarador, la detección e identificación del estímulo facilitador decrementa. Este autor postulaba que si la percepción de una palabra puede ocurrir sin conciencia, entonces un enmascaramiento efectivo del estímulo facilitador no debe eliminar el efecto de facilitación semántica.

Los resultados de Marcel muestran que el enmascaramiento del estímulo facilitador no eliminaba el efecto de facilitación semántica, lo cual lo conlleva a concluir lo siguiente (Marcel, 1983b):

1. El significado de una palabra puede ser percibido sin consciencia.
2. La información sensorial es analizada y transformada automáticamente todo el camino hasta que se da el análisis semántico.
3. El efecto del enmascaramiento retroactivo no es el de hacer el análisis de procesamiento visual imposible, sino más bien tiene el objetivo de afectar la recuperación y verificación del registro dejado por el estímulo.
4. Los procesos cognitivos activados por palabras procesadas conscientemente difieren cuantitativamente, cualitativamente o ambos de los procesos elicitados por palabras procesadas inconscientemente.

Variaciones de esta técnica de enmascaramiento en el estudio de procesamiento inconsciente incluyen la participación de enmascaramiento tanto proactivo como retroactivo en donde el propósito del enmascaramiento proactivo es asegurar un estado de procesamiento visual previo al estímulo facilitador (ver también Marmolejo, 1994). Más variaciones en este tipo de estudios pueden ser encontrados en la literatura cognitiva (Fowler, Woldford, Slade, & Tassinay, 1981; Carr, McCauley, Sperber, & Pamallee, 1982; Hines, Czewinski, Sawyer, & Dwyer, 1986), así como críticas a la metodología y propuestas de mejora (Merickle, & Reingold, 1990; Merickle, 1993; Marmolejo, 1988; Marmolejo & Theios, 1988).

Lo importante a señalar aquí es la utilidad de las técnicas de enmascaramiento para intervenir en la identificación y reconocimiento de información lexical. Además, un hecho de relevancia es el fenómeno de que procesamiento complejo se puede dar sin intervención compleja. Como veremos a continuación estas

formas de procesamiento automático pueden ser la causa de muchas patologías emocionales.

## **2.5 La aproximación Conexionista al estudio de la Representación del Conocimiento**

Desde una perspectiva experimental cognitiva surgieron una serie de evidencias empíricas que parecía contradecir supuestos o afirmaciones que se consideraban consolidadas dentro del estudio de la representación del conocimiento. Por ejemplo se asume que en estudios de facilitación semántica la activación de un concepto facilita la preactivación de conceptos semánticamente cercanos. Esto era así dado al fenómeno de difusión de activación. Es por eso que DOCTOR facilita el reconocimiento de ENFERMERA mucho más rápido que el de PERRO. El problema era tratar de explicar por que cuando en estudios de facilitación semántica con tareas de decisión lexical en donde se usaba como facilitador DOCTOR seguido por otro segundo estímulo PERRO para así reconocer la palabra ENFERMERA el efecto de facilitación semántica de DOCTOR a ENFERMERA desaparece (Gough, Alford, & Holley, 1981; Mason, 1989). Esto no debería ser así ya que semánticamente el concepto de perro esta alejado de los otros dos conceptos. La activación de dicho concepto solo debería interferir siempre y cuando este compartiera la misma estructura física que los otros dos conceptos ya que compiten por el derecho de activación sobre esta estructura. Esto contraviene la idea de distancia semántica como un factor de distancia real entre conceptos y sugiere que cuando se estén considerando eventos cognitivos

es necesario tomar en cuenta la estructura física sobre la que se desempeñan. En el presente caso tendría que explicarse como la misma estructura física es capaz de almacenar información de diferente naturaleza semántica en el mismo espacio físico. Es aquí donde los modelos de procesamiento paralelo distribuido vienen a aclarar esta posibilidad. Estos modelos sugieren que si el modelo serial Von Newman (citado en Lachman & Lachman, 1979) es abandonado por uno de procesamiento en paralelo que se inspire en la forma neurocomputacional del cerebro humano es posible explicar como una memoria es superpuesta sobre otra en el mismo espacio físico y como es posible que por mecanismos de competencia cierta información que se activa tienda a inhibir la activación de otro tipo de información aunque esta no sea de semántica cercana.

Como analogía de la distribución y superposición de la información en una arquitectura neuro computacional considere el ejemplo de la mantequilla en un pastel. Ésta no se encuentra en un lugar en específico, sino distribuida en todo el pastel. Ahora bien, supongamos que añadimos vainilla y azúcar, estos ingredientes se distribuirán y se mezclarán en el pastel dándole un sabor diferente. De igual forma se asume que la información en nuestra memoria se superpone de forma distribuida en una misma estructura neural en el cerebro teniendo como consecuencia significados diferentes dependiendo de la experiencia del individuo a través de su vida.

Como ya se ha implicado, para estudiar dichas propiedades de superposición y distribución de la información, investigadores en ciencia cognitiva utilizan una

clase de computadores denominados redes neurales. La figura 2.2 ilustra una arquitectura típica de esta clase de máquinas:

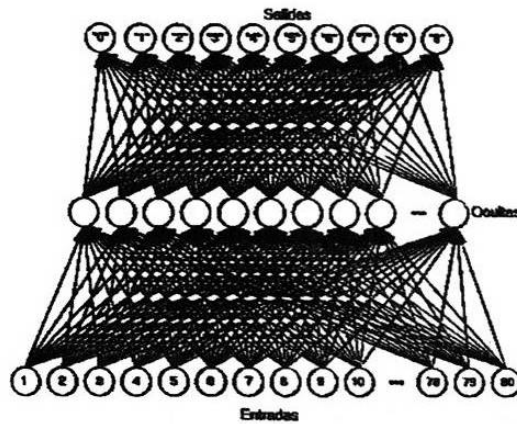


Figura 2.2. Ejemplo de una arquitectura típica de una red neuronal de tres capas.

Nótese que existen tres capas. Las unidades de entrada reciben la información del medio ambiente. Si la red neuronal se encuentra en fase de aprendizaje entonces esta información de entrada es almacenada de una forma distribuida en las conexiones entre los nodos. Dicho "aprendizaje" se logra a través de la modificación de pesos de conexión entre nodos de las diferentes capas de procesamiento.

Un ejemplo del funcionamiento de una red neuronal es el sistema asociador de patrones ilustrado en la figura 2.3:



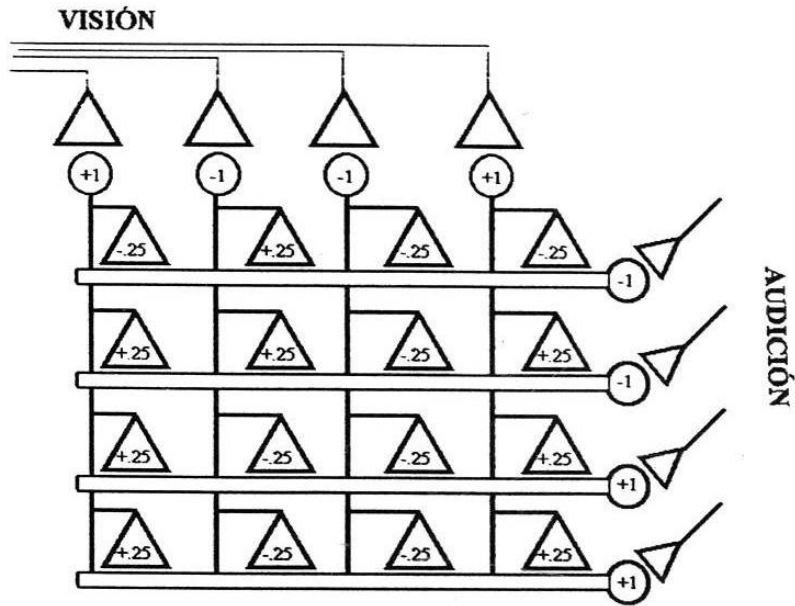


Figura 2.3 Red neural asociadora de patrones (Adaptado de Rumelhart, MacClelland y el grupo PDP 1986).

Nótese de la figura 2.3 que existen dos patrones de información entrante, una auditiva y otra visual. Cuando la estimulación coocurre frecuentemente, la red neural empieza a modificar sus valores de asociación entre nodos de tal forma que, una vez que ha aprendido a asociar ambos patrones, sólo es necesario que en la fase de recuerdo se presente una fuente de estimulación (por ejemplo la auditiva) para activar los nodos correspondientes al otro patrón (visual). Además de estos asociadores, existen una amplia gama de arquitecturas de redes neurales que sirven a diferentes propósitos.

Con respecto a la distribución de información en una red neural esta información puede estar distribuida en las conexiones de la red o puede ser representada de

forma local por nodos de la red. Tal y como se ilustra en la figura 2.4 (McClelland & Rumelhard, 1988). Los nodos de la red representan los nombres de grupos de pandilleros en un barrio peligroso, sus edades, su estado civil, el nombre de la pandilla a la que pertenecen, el tipo de actividad criminal y su nivel académico.

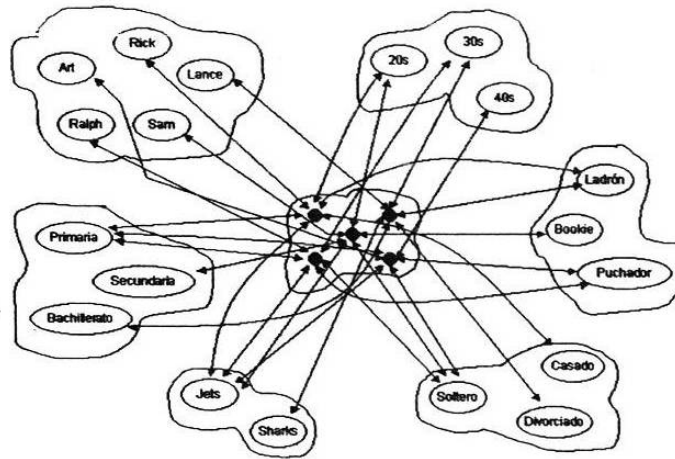


Figura 2.4. Una red neural con información sobre características específicas de una pandilla localizada en nodos. La información sobre la forma en que se relacionan los nodos se distribuye en las conexiones de la red (Adaptado de Rumelhart, y cols., 1986).

En esta red neural el esquema que une los conceptos locales está implicado en la conectividad de la red. De esta forma al activar un nodo local como ladrón, otros nodos se activarán de acuerdo al esquema de lo que es un "ladrón" ejemplificando dicho esquema con la activación de nodos conceptuales como "sharks" y "20s".

La teoría conexionista ha impactado en gran cantidad de postulados centrales de la psicología cognitiva. Por ejemplo, uno de los postulados centrales que ha tenido que ser reconsiderado es el postulado de la teoría del PHI, que afirma que los humanos somos procesadores de información simbólica. En la teoría ortodoxa del PHI se asevera que la información que entra a través de nuestros sentidos es codificada en símbolos para que esta pueda ser manipulada, almacenada o transformada. Sin embargo, la teoría conexionista postula en su forma más radical que los procesos de codificación, y decodificación no son necesarios ya que lo que se procesa no es un símbolo, sino patrones de activaciones que equivalen a la microestructura de un símbolo. Esto se ilustra en la figura 2.5 en donde la tarea es nombrar un elemento visual.

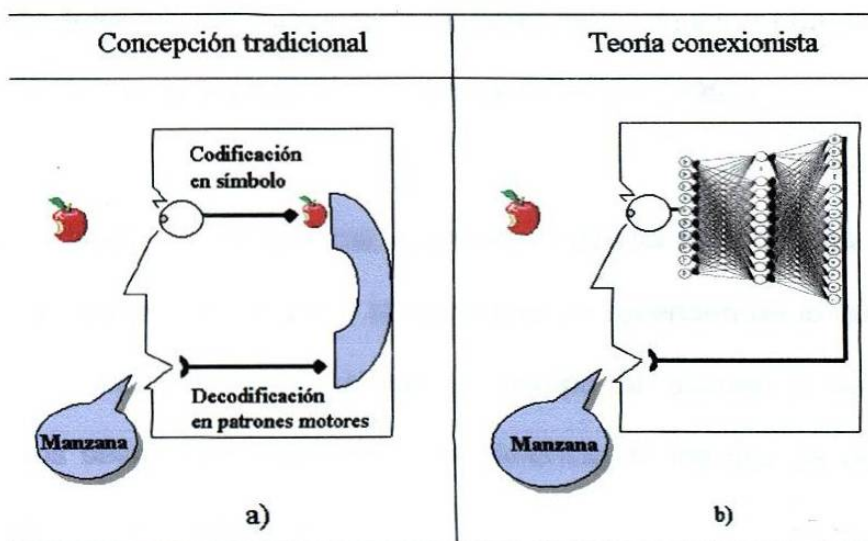


Figura 2.5. La teoría ortodoxa del procesamiento humano de información (a) asume que es necesario codificar la información entrante en símbolos y luego decodificar nuestros conceptos en conducta motora, que en este caso corresponde a la verbalización de un objeto visual. Sin embargo, la

teoría conexionista (b) postula que dichos procesos de codificación son innecesarios en sistemas que emulen el funcionamiento neurofisiológico cerebral (basado en López, 2000).

## **2.6 La aproximación de Ausubel al aprendizaje Significativo**

La teoría de Ausubel se centra principalmente en el aprendizaje significativo, es decir, en la adquisición y retención de conocimiento, en oposición a la memorización de los contenidos de asignaturas escolares. Cabe distinguir el aprendizaje significativo, del aprendizaje de contenidos significativos (aprendizaje con sentido). Ya que en el primero los contenidos tienen sentido potencialmente y pueden ser aprendidos significativamente o no. La segunda, de la cual se ocupa Ausubel, hace referencia al mecanismo humano para adquirir y guardar ideas que existen en los contenidos escolares (Araujo & Chadwick, 1993).

A este aprendizaje, de asignaturas escolares, Ausubel lo denomina aprendizaje receptivo, ya que los contenidos y la estructura se aprenden de lo que establece un profesor o instructor, lo cual ahorra tiempo al alumno y hace que los conocimientos sean más organizados, a diferencia de los que se aprenden por descubrimiento o sin instrucción.

Para Ausubel el término aprendizaje significativo hace referencia a un contenido con estructura lógica propia, y al material que potencialmente puede ser aprendido; lo cual depende de que el sujeto relacione el nuevo conocimiento con

otros conocimientos previamente existentes en su estructura mental, y de que este aprendizaje se lleve a cabo con un objetivo o bajo algún criterio. En este aprendizaje de contenido con sentido, se distinguen el sentido lógico, que es propio de los contenidos, y hace referencia a la no arbitrariedad, la claridad y verosimilitud de los contenidos. Aunado a esto, el sentido psicológico se refiere a la comprensión del sujeto del material, apropiándose del sentido lógico; que se busca sea uniforme para los individuos de una misma cultura, a lo que Ausubel denomina comunidad de sentido.

La teoría de Ausubel distingue dos variables que intervienen en el proceso de aprendizaje significativo: constructos y procesos, a partir de los cuales podemos distinguir variables de entrada o estímulos (contenidos con sentido, claros, estables relevantes) y variables de salida o respuestas (Araujo & Chadwick, 1993).

Los constructos se refieren a la estructura cognitiva o conjunto organizado de ideas preexistentes al nuevo aprendizaje. El funcionamiento de esta estructura depende de tres variables: la inclusión por subsunción, la disponibilidad de subsuntores y la discriminabilidad. La subsunción se refiere a las estrategias cognitivas que permite, a través de aprendizajes anteriores ya estables, abarcar nuevos conocimientos que sean específicos o subordinables a los anteriores, con la subsiguiente discriminabilidad entre los nuevos conocimientos y los conocimientos subsuntores, ya sea para sustituirlos o unirlos.

Los procesos intervienen en la fase de aprendizaje y en la retención del

aprendizaje de contenido verbal con sentido. Estos procesos que Ausubel describe son: reconciliación integrativa, subsunción, asimilación, diferenciación progresiva y consolidación.

Ausubel tuvo un gran impacto en educación cognitiva al proponer su propia versión del aprendizaje dentro del ambiente escolar. Este autor opinaba que la adquisición del conocimiento se daba de una forma receptiva o por descubrimiento. La primera opción (receptiva) se refería al hecho de que el conocimiento se adquiría en su forma final sin ningún esfuerzo por parte del estudiante por construirlo. El aprendizaje por exploración (o descubrimiento) requería una participación activa del estudiante en la construcción de su propio conocimiento. Además Ausubel proponía que para cada tipo de aprendizaje existía la posibilidad de adquirir el conocimiento de la repetición o a través de un aprendizaje significativo. Para aclarar más esta posición obsérvese la Figura 2.6.

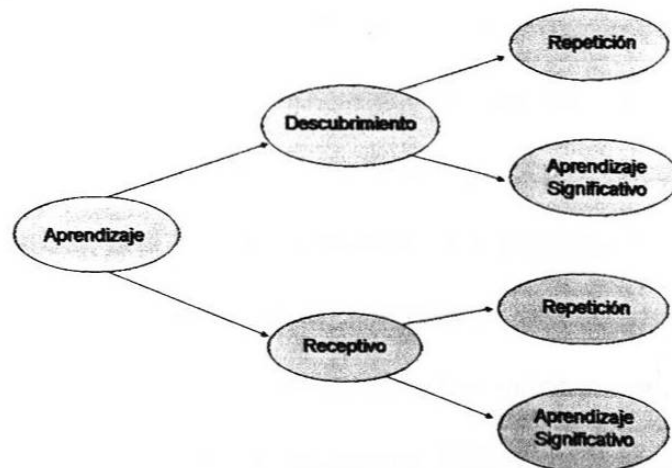


Figura 2.6. Las diferentes formas de aprendizaje de acuerdo a Ausubel.

El aprendizaje significativo es aquel que permite una adecuada integración de un conocimiento nuevo con previas estructuras de conocimiento en el individuo. Aún y cuando los postulados de Ausubel también fueron considerados por otros modelos del PHI (Procesamiento Humano de Información), lo cierto es que la escuela de este autor generó una línea de desarrollo que se mantuvo al margen de muchos de los desarrollos computacionalistas del PHI. De esta forma no es raro el observar a teóricos cognitivos de ambas áreas hablando de lo mismo pero entendiendo cosas muy diferentes. Por ejemplo, conceptos como el aspecto constructivista del aprendizaje, es entendido dentro de la psicología cognitiva como una forma explicativa sobre cómo se elabora el conocimiento en el aparato cognitivo de un individuo, con la integración de nueva información en esquemas previos de una forma distribuida y paralela. Pero en psicología cognitiva educativa se refiere a la forma en cómo un individuo participa de manera activa en el aula escolar para la construcción de una experiencia significativa.

Central al estudio del aprendizaje significativo es la forma de evaluarlo. Sobre todo no es claro cómo la integración de nueva información dentro de los esquemas de conocimiento, en los esquemas de memoria a largo plazo, puede ser identificado y evaluado. Por ejemplo, una forma alternativa a las pruebas de desempeño que se asume pueden evaluar asimilación e integración de nueva información en el conocimiento previo de un estudiante, son los mapas mentales tan como lo propuso Novak (López, 2000). Sin embargo, Holley y Danserau (1984) señalan que el uso de mapas conceptuales para la enseñanza y para la evaluación del aprendizaje, ha sido una herramienta limitada y que puede ser superada por otras

estrategias de aprendizaje y de evaluación. Por ejemplo, organizar visualmente la información que se aprende, en redes de conceptos organizados en jerarquía y por asociaciones causales de agrupación, etc., requiere mucho entrenamiento. Aún y cuando pueden imitar la forma en cómo se asume que se organiza la información en la memoria a largo plazo, en realidad representan una forma idealizada de organización de información por parte de un sujeto, mas que el hecho de que así es como se organiza la información en su memoria. Puff (1979) señala que hay que identificar que organización y estructura no es lo mismo cuando uno se refiere a la memoria a largo plazo. Por su parte Rumelhart y cols. (1986) señalan que en realidad dichas estructuras de conocimiento de la memoria a largo plazo, no existen, sino que emergen espontáneamente por la neurodinámica de la organización de información, en la que se involucra el comportamiento cerebral en un momento dado. Estas características del comportamiento del cerebro no pueden ser reflejados por un mapa conceptual.

El estudio que aquí se presenta contextualiza tres temáticas que se interceptan con el propósito de poder definir las variables y sus indicadores de la enseñanza, a través de instrucción computarizada, así como del área del aprendizaje significativo. En específico, se señala cómo sistemas ya existentes de tecnología educativa denominados sistemas de instrucción computarizada, pueden ser usados para resaltar los esquemas de conocimiento de una temática por aprender. Por su parte, sistemas de evaluación cognitiva propuestos de la teoría de psicología cognitiva pueden ser implementados dentro de dicha tecnología educativa, para fungir como una evaluación cognitiva que sea complemento a las



pruebas de desempeño tradicional. Todo lo anterior estará siempre contextualizado con sistemas de inteligencia artificial denominados redes neurales. Esta tecnología se especializa en el reconocimiento de patrones visuales, aritméticos y en general cualquier patrón de estímulos que pueda enclaustrarse en categorías. Estas temáticas nos permitirán retomar nuevamente el problema a investigar de una forma contextualizada.

## **2.7 El Aprendizaje Significativo desde la perspectiva del PHI**

La psicología cognitiva educativa se diferencia de la psicología cognitiva experimental en la forma metodológica en que aproximan la misma pregunta. Por ejemplo, ya ilustramos que desde una perspectiva educativa la teoría del aprendizaje significativo es interpretada como una organización de la información en jerarquías y categorías. Se dice que es significativa dado que al acomodar y asimilar nueva información en estructuras de datos en la memoria a largo plazo solo se puede lograr siempre y cuando se integre nueva información. Esto es al integrar nueva información, no importa si esta bien ubicada o no dentro de esta forma de organizar la información ya que el hecho de que haya sido colocado supra o subordinal en una estructura de datos le da significado propio a la nueva información. Un significado de la persona que integra a un y cuando haya sido integrado de forma equivocada. Desde una perspectiva de PHI el significado de un evento de la realidad se construye recorriendo la red de información que se relaciona de forma semántica al evento no importa si esta organizada en forma de categorías o de modelos mentales dinámicos de esa realidad que representan. En

otras palabras lo que es significativo depende de la dinámica de activación de redes conceptuales desde esta perspectiva el aprendizaje significativo no es fijo sino algo constructivista y dinámico. Finalmente hay que entender que lo que se trata de evaluar con el término de aprendizaje significativo en la presente investigación es en si el proceso de integración de nueva información más que el hecho de sugerir que se evalúa la estructura y organización de la información. Este interés descarta la posibilidad de que existan evaluaciones deterministas de lo que es el aprendizaje significativo. Más bien se sugiere la posibilidad de encontrar indicadores de la dinámica de asimilación y acomodación de nueva información en las bases de conocimiento que un individuo trae de una temática en específico.

De esta forma un indicador de toda una dinámica de activación de conocimiento puede ser el tiempo de reacción ante tareas experimentales ya que este indicador es un valor global del estado del conocimiento y dinámica del mismo dentro de la memoria a largo plazo. En particular es un indicador de la forma en cómo emergen las relaciones que son requeridas para significar un evento sea este una relación por asociación, categoría, o por esquema. Retomar el interés de poder evaluar si dicha dinámica conceptual refleja la integración de un nuevo conocimiento en un indicador temporal va de acuerdo a los postulados ortodoxos del PHI de que todo evento mental transcurre en un intervalo temporal que tipifica el tipo de recurso cognitivo usado para interpretar un evento (Lachman, Lachman & Butterfield, 1979).

En la presente investigación la naturaleza del evento temporal que se quiere tipificar es aquel que identifica que un nuevo conocimiento ha sido integrado dentro de un esquema previo de información en memoria a largo plazo. Para lograr profundizar de una forma académica a este respecto se procedió a la siguiente metodología.