

EL USO DE REDES SEMANTICAS NATURALES PARA
EL ANALISIS DE MECANISMOS INHIBITORIOS EN
MATRICES DE PESOS DE ASOCIACION EN MODELOS
CONEXIONISTAS DE ESQUEMAS DE CONOCIMIENTO



TESIS

MAESTRIA EN CIENCIAS
EN AUTOMATIZACION CON ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS INTELIGENTES

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

POR:
HECTOR ALFREDO LOYA ZAPIEN

MAYO DE 2000

**EL USO DE REDES SEMÁNTICAS NATURALES PARA EL
ANÁLISIS DE MECANISMOS INHIBITORIOS EN MATRICES
DE PESOS DE ASOCIACIÓN EN MODELOS
CONEXIONISTAS DE ESQUEMAS DE CONOCIMIENTO**



T E S I S

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN AUTOMATIZACIÓN CON ESPECIALIDAD EN
SISTEMAS INTELIGENTES**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

POR:

HÉCTOR ALFREDO LOYA ZAPIÉN

MAYO DE 2000

**EL USO DE REDES SEMÁNTICAS NATURALES PARA EL
ANÁLISIS DE MECANISMOS INHIBITORIOS EN MATRICES
DE PESOS DE ASOCIACIÓN EN MODELOS
CONEXIONISTAS DE ESQUEMAS DE CONOCIMIENTO**

POR:

HÉCTOR ALFREDO LOYA ZAPIÉN

T E S I S

**Presentada a la División de Graduados en Electrónica,
Computación, Información y Comunicación**

Este Trabajo es Requisito Parcial para Obtener el Título de

Maestro en Ciencias

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

MAYO DE 2000

Dedicatoria

A Dios,

por darme la gracia de la vida, de afrontar problemas y dificultades;
pero también momentos gratos y dichosos.

A mi familia,

mis padres: Héctor y Margarita; mis hermanos: Mario y Elva; a Yaya (mi tía Graciela),
tíos y tías, primas y primos que de alguna forma siempre estuvieron
apoyándome y dándome ánimos para lograr esta meta. Sin
olvidar al Smoky.

A mis familias adoptivas y amigos

A Letty y Pocho, mis padres adoptivos. A Mónica y a su preciosa bebé.
A Pochito, que de Ponchito sólo tiene el diminutivo.

A Charo y Quica, mis compadres y familia adoptiva; a Lalito Parra (Charo),
Felipe, mi ahijado; Víctor (el Pollo) y Mayté.
No olvidemos a Nina

A mis amigos,

Diana Mireya (BB), por tanto y tanto apoyo que me brindó de mil y una formas.

Carlos Valles, que estuvo allí en el momento más difícil de mi vida.

Al **Grupo Parral**, por aquellas inolvidables lunadas y pláticas
de mejorar el mundo con todas nuestras armas: Amor,
Paciencia, Inteligencia, Ciencia, Fe y Esperanza.

A **Erick Muñiz** y **Héctor Cañizares**, que siempre estuvimos
juntos en el estudio y la diversión.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis, Dr. Ernesto López, por su gran apoyo y confianza en mí. ¡Mil gracias Ernesto!

Al Director de la EGE de la UV, el Dr. Antonio Millán por aceptarme como Asistente de Investigación en el Centro de Investigación en Educación, bajo la dirección de la Mtra. Alma Elena Gutiérrez L., ¡Gracias a ambos! De verdad que aprendí muchas cosas interesantes.

Al Dr. Francisco Javier Cantú, Director del Centro de Inteligencia Artificial (CIA); al Dr. Hugo Terashima, Coordinador de la Maestría. A Carlos, Doris y Ana, y a todos los chicos y chicas del Club de las Gelatinas; y a los que no pertenecen a este club, pero que me adoptaron en el suyo: Simón Gómez (Nerd), Fernando Valles, Jaime “Jimmy” y su tocayo Jaime, al tocayo Héctor Manuel y los demás del grupo de control.

A los amigos de estudios, diversión y mil cosas en Monterrey City: A la gente de Parral, Chihuahua; Gerardo Sandoval, Ricardo García y Luis Vidal. A los “extranjeros”, Miguel Casillas (Tula, Hgo.), Edmundo Mendoza (México, D.F.), Rafael Huerta (Monterrey, N.L.)

Y a los que de alguna forma no apunté pero saben que los tengo presente.

¡Gracias a Todos!

EL USO DE REDES SEMÁNTICAS NATURALES PARA EL ANÁLISIS DE MECANISMOS INHIBITORIOS EN MATRICES DE PESOS DE ASOCIACIÓN EN MODELOS CONEXIONISTAS DE ESQUEMAS DE CONOCIMIENTO

Resumen

Héctor Alfredo Loya Zapién

ITESM, Campus Monterrey, 2000

Asesor: Dr. Ernesto Octavio López Ramírez

La presente investigación constituye un estudio en ciencia cognitiva que pretende implementar una herramienta cognitiva que permita analizar propiedades emergentes (desde una perspectiva conexionista) de esquemas de conocimiento humano. Se utiliza una herramienta psicológica para generar definiciones conceptuales que permitan construir una red semántica y obtener (a través del desarrollo de un sistema computacional) la matriz de pesos de asociación necesaria para el funcionamiento adecuado de modelos conexionistas similares al postulado por Rumelhart et al. en 1986. A diferencia del modelo de Rumelhart et al., Schvaneveldt (Schvanelveldt, 1990), López y Theios (López y Theios, 1992), la técnica usada en esta tesis explora diferentes dominios de conocimiento y en consecuencia se analiza el balance de los signos de las matrices de pesos de asociación entre conceptos en dichas áreas de conocimiento. El objetivo es ver si la validez mostrada por estudios previos en esta área se generaliza a otros dominios de conocimiento. En esta investigación, participaron 18 trabajadores del Sorteo Tec, quienes generaron redes semánticas sobre el esquema de Servicio al Cliente. Después se desarrolló un sistema computacional que permite elaborar las matrices de pesos de asociación entre conceptos, que son la base para la red neural. Posteriormente, se analizaron gráficas de superficie de matrices de asociación de

conceptos de una red neural que simula el esquema de conocimiento de “Servicio al Cliente” antes y después del curso sobre este tema. Los resultados indican que aún en esta área de conocimiento, una alta negatividad (90 %) en los valores de asociación entre conceptos en la matriz se mantiene; aún y cuando después del curso la interconectividad entre conceptos de la red aumenta. Esto corrobora los estudios presentados por el modelo SASO de López y Theios en 1992; López (López, 1996), y además da más evidencia sobre la idea de que la alta negatividad de asociación es un hecho psicológico que permite la discriminación de información a través de un mecanismo inhibitorio.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Resumen	iii
Índice general	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes teóricos: Redes Semánticas y Teoría de Esquemas	2
1.2 Problema de investigación	6
1.3 Objetivos de investigación	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	7
1.4 Hipótesis	7
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 La teoría del Procesamiento Humano de la Información (PHI)	9
2.2 Los sistemas de memoria humana	14
2.3 La representación del conocimiento	17
2.4 Sobre el análisis de Redes Semánticas para el estudio de la organización del conocimiento en la memoria humana	20
2.4.1 La aproximación conexionista al estudio de la memoria humana	25
2.4.2 Los modelos conexionistas de esquemas de conocimientos	34
CAPÍTULO 3. MÉTODO	43
3.1 Tipo de estudio	44
3.2 Participantes	44
3.3 Instrumentos y materiales	44
3.3.1 La técnica de Análisis de Redes Semánticas Naturales	45

3.3.2 El sistema computacional para la generación de la matriz de pesos de asociación entre conceptos	48
3.4 Procedimiento	50
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	52
4.1 Sobre el sistema computacional para la generación de la matriz de pesos de asociación entre conceptos	53
4.2 Sobre el intento de ejecutar la red neural con la matriz de pesos de asociación obtenida del sistema computacional	55
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
5.1 Conclusiones	59
5.2 Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	76
Anexo A. Resultados de 2 simulaciones por López y Theios	76
Anexo B. Pantallas del sistema computacional en ejecución	80
Vita	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de diferentes arquitecturas de redes neuronales (Adaptada de Nelson y Illingworth, 1991)	28
Tabla 2. Descriptores de CUARTO (40)	35
Tabla 3. Estados Finales alcanzados por la red de Rumelhart et al.	36
Tabla 4. Resultados de los experimentos de activación de Schvaneveldt	39
Tabla 5. Conceptos a definir usados en la construcción de la red neural de López y Theios (1992)	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación motora del movimiento de una sonaja	10
Figura 2. Ejemplo de sobregeneralización de conocimiento	11
Figura 3. Ejemplo de sobrediscriminación de un objeto	12
Figura 4. Ejemplo de la transmisión de un esquema de conocimiento a un escucha	13
Figura 5. El modelo de cajas de almacenamiento y manipulación de información basado en la propuesta de sistema de memorias de Atkinson y Shiffrin	15
Figura 6. Dos formatos de reglas de producción de lenguaje	19
Figura 7. Ejemplo de una red semántica	20
Figura 8. Ejemplo de una arquitectura típica de una red neural de tres capas	27
Figura 9. Red neural asociadora de patrones	28
Figura 10. Ejemplo de una red neural con información sobre pandilleros y características de los mismos localizada en nodos. La información de cómo se relacionan estos nodos está distribuida en las conexiones de la red	31
Figura 11. La teoría del PHI (a) asume que es necesario codificar la información entrante en símbolos y luego decodificar nuestros conceptos de 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	32
Figura 12. Diferentes niveles de explicación de procesos cognitivos (Adaptado de Mars, 1982)	33
Figura 13. El prisma de ciencia cognitiva describe los diferentes niveles de explicación incluidos en ciencia cognitiva	34
Figura 14. Cómputo de índices de valores de organización semántica	46
Figura 15. Valores necesarios para calcular distancia semántica	48
Figura 16. Valores de asociación entre conceptos para la matriz de pesos de la red neural	51

Figura 17. Diferencia de interconectividad en la red semántica de empleados de Sorteó Tec antes (A) y después (B) del curso de Servicio al Cliente	54
Figura 18. La proporción de valores positivos con respecto a los negativos fue que en ambos casos los primeros no excedieron un 10 %	55
Figura 19. Diferencia de valores negativos y positivos entre el modelo (a) de Rumelhart et al. (1986) y el de SASO (b) de López y Theios (1992)	60
Figura 20. Aún en áreas de conocimiento altamente interconectado como la Geometría, existe una gran conectividad negativa	61

En este capítulo se sientan las bases teóricas de las Redes Semánticas y la Teoría de Esquemas, desde sus inicios con Kant (en 1983) pasando por (Piaget, 1926), (Bartlet, 1932), (Minsky, 1975), (Schank y Abelson, 1977) entre otros. Haciendo su recorrido desde el área de la psicología cognitiva hasta sus aplicaciones en inteligencia artificial.

Los grandes protagonistas de esta serie se dieron en los años de 1977, con Rumelhart a través del modelo de procesamiento paralelo distribuido de esquemas (PDP, en sus siglas en inglés). Posteriormente, proponiendo una mejora al modelo de Rumelhart aparece (Schvaneveldt, 1990) con una idea de evitar que se presupusiera algún tipo de esquema en particular.

Finalmente, se hace patente una tercera propuesta dada por (López y Theios, 1992), quienes sugieren que es el tipo de tarea de definición el factor relevante para dar validez psicológica a los resultados de las simulaciones.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes teóricos: Redes Semánticas y Teoría de Esquemas

El concepto de esquema está en el centro teórico de la psicología cognitiva moderna. Aunque no se cuenta con una definición única, el concepto de esquema frecuentemente se refiere a una forma de representar estructuras de datos que contienen grupos de conceptos los cuales constituyen el conocimiento genérico sobre eventos, escenarios, y acciones que han sido adquiridas por experiencias pasadas. Kant en 1963 (citado en Kintsch y Mross, 1985), originalmente propuso la idea de esquema como estructuras innatas para organizar nuestra percepción del mundo. Esta noción mentalística dentro de la psicología cognitiva vino primero de Europa con (Piaget, 1926) para explicar cómo los individuos desarrollan procesos de pensamiento a través de su desarrollo cognitivo. También (Bartlett, 1932) usó el concepto de esquema para explicar cómo las personas tienden a reconstruir historias de sus conocimientos previos. En América el concepto de esquema fue retomado por investigadores del campo de la Inteligencia Artificial para mejorar simulaciones computarizadas de capacidades cognitivas humanas (Minsky, 1975; Schank y Abelson, 1977).

El inicio del concepto de esquema en psicología como una herramienta explicativa de cómo organizan y procesan la información los humanos en la memoria fue difícil debido al contexto teórico dominante dentro del cual nació. Estas nociones mentalistas fueron consideradas como imprecisas, subjetivas e inobservables.

Sin embargo, en la psicología cognitiva de los 70s, con el interesante crecimiento dentro de las representaciones mentales, el concepto de esquema fue restablecido. La evidencia experimental para esta realidad psicológica fue acumulada

desde entonces (Bransford y Johnson, 1973; Anderson y Pichert, 1978), y las versiones modernas como el modelo de esquema+etiqueta (Graesser y Nakamura, 1982) o el modelo de procesamiento paralelo distribuido de esquemas (PDP, siglas en inglés) por (Rumelhart, Smolensky, McClelland y Hinton; 1986), juegan un importante rol dentro de las actuales teorías de la memoria humana. Además, la aplicación del concepto de esquema en campos referentes a la psicología educacional ha generado una intensa oleada de investigación. Tal es el caso de las técnicas de comprensión de textos llamadas estrategias de aprendizaje espacial (Holley y Danserau, 1984) y los mapas conceptuales de conocimiento (Hyerle, 1996).

(Rumelhart y Ortony, 1977) listaron las siguientes características como las propiedades más importantes del concepto de esquema:

- (1) Los esquemas tienen variables.
- (2) Los esquemas pueden estar incluidos unos dentro de otros.
- (3) Los esquemas representan conocimientos de todos los niveles de abstracción.
- (4) Los esquemas representan conocimientos y no definiciones de vocabulario.
- (5) Los esquemas son dispositivos de reconocimiento usados para evaluar la forma en como conocimiento previo se relaciona a la información que está siendo procesada.

La tercera característica, que se refiere a que los esquemas pueden representar conocimientos de todos los niveles de abstracción, esto es, que va desde ideologías y realidades culturales (Anderson, 1990) hasta el significado de una simple palabra, han permitido a los investigadores explorar una amplia variedad de dominios de conocimientos. Por ejemplo, en un nivel de abstracción molar y entendiendo el concepto de esquema como un proceso activo (característica no. 5),

(Schank y Ableson, 1977) extendieron la idea de esquema para explicar las secuencias de eventos complejos como es el ir a comer a un restaurante (lo cual involucra acciones dirigidas, actores y objetos) puede ser representado por estructuras de conocimiento llamadas guiones ("*scripts*", en inglés). Al igual que los esquemas, los guiones pueden estar incluidos dentro escenas organizadas jerárquicamente y subguiones. Los guiones son elementos que funcionan con valores intrínsecos y que nos permiten inferir lo que no está explícitamente establecido.

La mayoría de las investigaciones sobre la teoría de esquemas han sido dirigida a niveles molares de abstracción (para una revisión completa ver Alba y Hasher, 1983). Esto es así porque en el nivel de análisis molecular, los procesos complejos de asociación en la memoria a largo plazo se describen mejor como si fueran definiciones de diccionario así como por la interconexión entre conceptos. Este campo de investigación molecular se le conoce como estudios de análisis de memoria semántica. Existe una amplia tradición de investigación sobre memoria semántica que ha perdurado desde hace 25 años en la psicología cognitiva. Empezó con el modelo de red semántica de (Collins y Quillian, 1969) y los modelos más representativos se encuentran en (Anderson, 1976), (Anderson y Bower, 1973), (Brachman, 1977), (Collins y Loftus, 1975), (Lindsay y Norman, 1977) y más recientemente con (Feldman, 1988) y (Rumelhart, 1990).

De acuerdo a (Rumelhart y Norman, 1985) aún en el nivel de análisis de red semánticas las propiedades de un esquema pueden ser analizadas e investigadas. Una contribución teórica en esta dirección fue realizada por (Rumelhart, Smolensky, McClelland y Hinton, 1986). Estos autores presentaron una red neuronal de satisfacción de hipótesis limitada que simula el esquema para "CUARTO". Ellos

propusieron un modelo PDP, donde los conceptos fueron unidades locales (como una red semántica) y su relación esquemática fue distribuida entre las unidades. Los pesos de conexión entre conceptos tuvieron implícitamente la habilidad de generar estados de conceptos activados que correspondían a un esquema.

Para implementar su modelo, los autores le pidieron a participantes de un estudio seleccionar conceptos descriptores de cuartos (por ejemplo: techo, ventana, chimenea) que mejor describan ejemplos relacionados con el esquema a definir (objetivo), esto es, CUARTO. Otros conceptos objetivos fueron OFICINA, COCINA, etc. Aquí, la co-ocurrencia o no co-ocurrencia de dos conceptos dados como descriptores para los esquemas relacionados reflejó la probabilidad bayesiana que un descriptor (X_j) llega a ser activada por otro descriptor (X_i) dado (vea también Hinton y Sejnowsky, 1983). Este valor de probabilidad refleja su peso de asociación en la red. La idea central de este tipo de simulaciones computacionales era que al activar (grapar) un(os) concepto(s) en la red, otros conceptos relacionados a los conceptos activados se activaban también en diferentes grados de intensidad dependiendo de su grado de relación de esquema que existe entre ellos.

Esta red neural mostró que al activar un concepto en la red ocasionaba que otros conceptos se activaran siempre cuando éstos últimos tuvieran una relación de esquema con el primero, lo cual sugirió que estas simulaciones pueden tener una validez psicológica. Por ejemplo, al activar el concepto HORNO se activaban conceptos como cafetera, tostador, refrigerador, taza, etc. y no se activaban conceptos como alfombra, máquina de escribir, televisión, etc.

Schvanelveldt (Schvanelveldt, 1990) propuso una mejora al modelo de Rumelhart et al., en donde él directamente preguntaba a los individuos la probabilidad de co-ocurrencia de duplas de definidores de conceptos de CUARTO.

La idea era evitar que se presupusiera algún tipo de esquema en particular. Los resultados de Schvanelveldt no replicaron los de Rumelhart et al. De acuerdo a Schvanelveldt esto se debió a que la red no poseía un balance de conectividad positiva y negativa. López y Theios (López y Theios, 1992) por su parte sugieren que es más bien el tipo de tarea de definición el factor relevante para dar validez psicológica a los resultados de las simulaciones. Estos autores usaron una técnica de definición conceptual de redes semánticas como la base para construir la red neural. La adaptación de dicha técnica forma la base del presente estudio.

1.2 Problema de investigación

Dado lo anterior, el problema a investigar en la presente tesis es: ¿la libre generación y organización de conceptos de un esquema de conocimientos genera matrices de asociación de conceptos balanceada en signos? También relacionado a este problema de investigación es ¿la libre generación conceptual por parte de un individuo y organización de un esquema refleja la misma validez psicológica en diferentes dominios de conocimiento que la obtenida por Rumelhart et al. y Schvanelveldt?

1.3 Objetivos de investigación

Objetivo general

El propósito fundamental de esta investigación es contribuir al conocimiento sobre cómo los humanos organizan esquemas de conocimiento en la memoria. En particular, es de interés determinar si técnicas de generación de conocimiento de redes semánticas que permiten definiciones conceptuales naturales (el individuo

genera su propio conocimiento) desde una perspectiva conexionista mantienen mecanismos de inhibición para la organización de conocimiento en la memoria.

Objetivos específicos

- Implementar un sistema computacional que permita generar una base de datos para la creación de un análisis de redes semánticas naturales.
- Implementar un sistema de generación de una matriz de valores de asociación para una simulación conexionista de esquemas.
- Identificar si mecanismos inhibitorios de asociación semántica se presentan en diferentes áreas de conocimiento.

1.4 Hipótesis

Las hipótesis de esta investigación se centran principalmente sobre la validez del fenómeno de discriminación de información esquemática a través de alta negatividad de interconexión entre conceptos de una red conceptual. Estas hipótesis son las siguientes:

Hi: La libre generación de conceptos en una red semántica de un esquema de conocimientos no genera una asociación de conceptos balanceada en signos.

Hi: La validez psicológica de la técnica de redes semánticas naturales si genera una organización conceptual de un esquema conexionista cualitativamente diferente al modelo de Rumelhart et al.

Hi: Si es posible crear un sistema computacional capaz de implementar una matriz de pesos de asociación para la producción de esquemas de conocimientos en una red neural en un día.

Se sientan las bases de la Teoría del Procesamiento Humano de Información (PHI), los sistemas de memoria humana, la representación del conocimiento. Así como el análisis de Redes Semánticas para la organización del conocimiento de la memoria humana, que tiene que ver con la aproximación conexionista al estudio de la memoria humana y los modelos conexionistas de esquemas de conocimiento.

Al final se cuestionan las tres teorías principales: a) la de Rumelhart, b) la de Schvanelveldt y c) la de López y Theios; siendo en ésta última teoría donde se fundamenta y trabaja esta tesis.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 La teoría del Procesamiento Humano de Información (PHI)

Tal y como se mencionaba anteriormente, los teóricos del PHI postulan que los humanos somos básicamente procesadores de información simbólica. De acuerdo a esta teoría, desde edades muy tempranas los humanos somos capaces de crear representaciones conceptuales que forman la base de nuestros procesos mentales posteriores. Así por ejemplo, como se ilustra en la Figura 1, y de acuerdo a (Lindsay y Norman, 1977), la actividad motora de un niño que mueve una sonaja crea en el infante una representación mental (esquema) que asocia estados internos del individuo (sonido placentero) con conceptualizaciones de eventos del mundo externo. Estas representaciones mentales permiten la organización de la información de acuerdo a las propiedades del objeto representado (Rumelhart, 1977).

La Figura 1, por ejemplo, indica dos acciones motoras diferentes (chupar la sonaja y mover la sonaja) y su relación al objeto afectado por dichos movimientos. Nótese que representaciones conceptuales con líneas más anchas son ejemplos de representación de conocimiento procedimental, esto es, conocimiento de cómo hacer algo, mientras que las asociaciones con flecha delgada muestran un ejemplo de una representación declarativa, esto es, ¿qué es algo brillante, azul, alargado y que cuando lo mueves produce un sonido placentero? La sonaja.

Estos esquemas de conocimiento son los que posteriormente nos permiten clasificar, reconocer, y obtener significados de nuestro medio ambiente. Sin embargo, conforme nos vamos desarrollando a través de nuestras vidas, el proceso de la formación de estas representaciones mentales está frecuentemente sujeto a errores. Este es el caso de un niño que observa un perro por primera vez. De

acuerdo a la teoría del PHI el niño al ver un perro crea una representación conceptual que incluye información como: “se llama perro”, “se mueve”, “tiene cuatro patas”, “tiene color”, etc. Sin embargo, al igual que el perro, también el gato, la ardilla e incluso objetos como un carrito poseen características semejantes y el niño tenderá a sobregeneralizar (ver Figura 2).

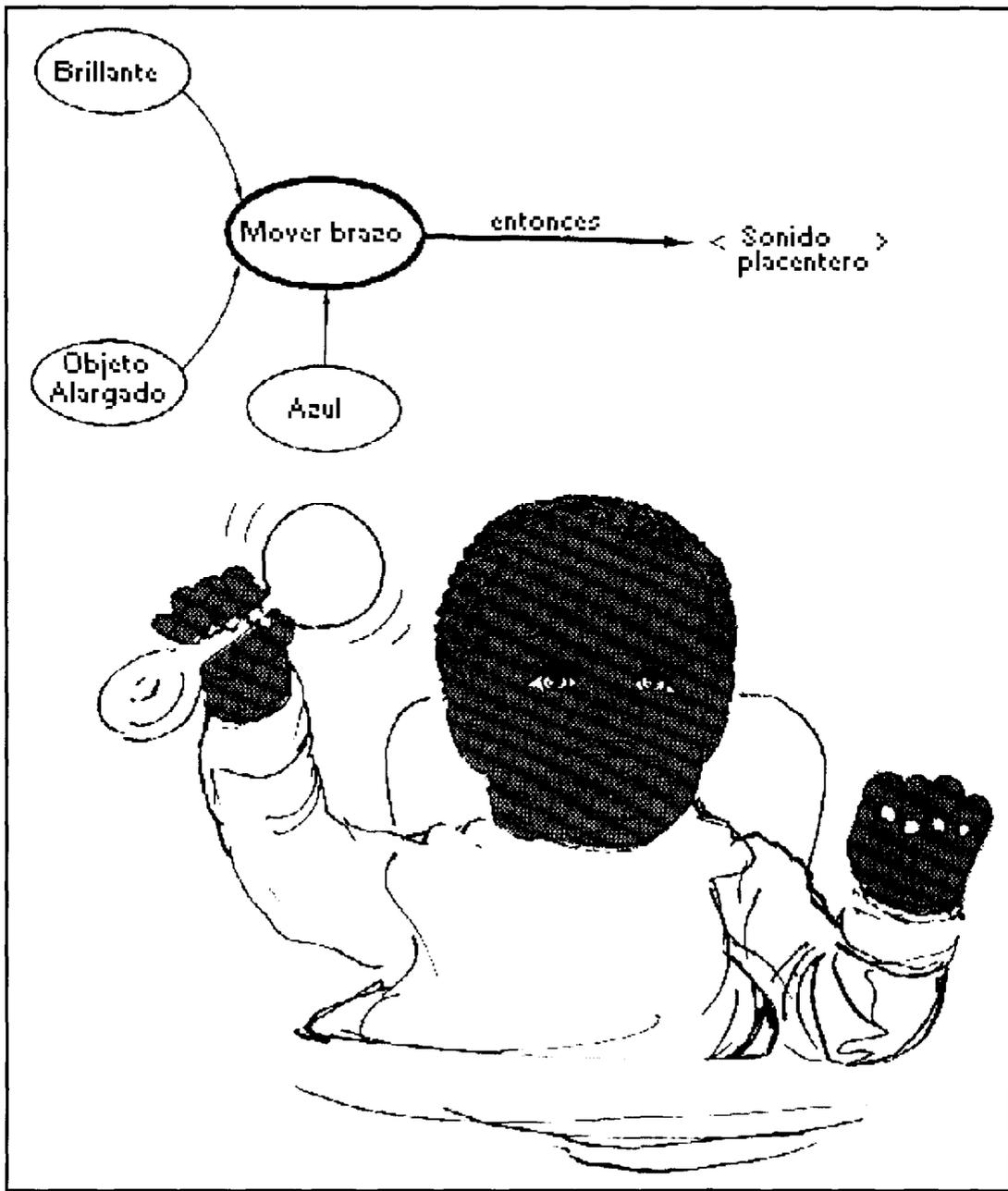


Figura 1. Representación motora del movimiento de una sonaja

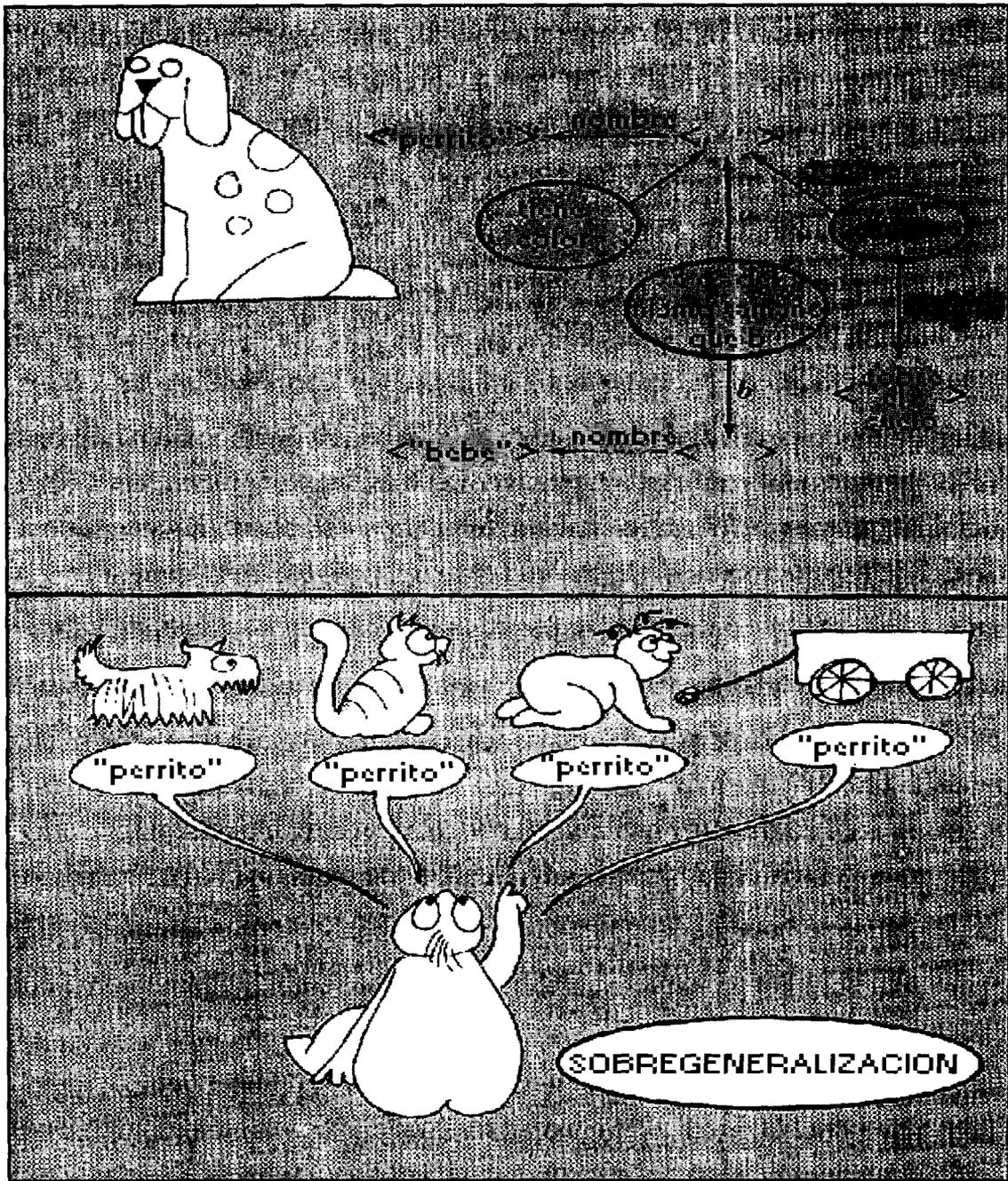


Figura 2. Ejemplo de sobregeneralización de conocimiento

El caso opuesto a la sobregeneralización es cuando se comete el error de no generalizar apropiadamente un esquema de conocimiento, esto es, la sobre-discriminación. Esto se ilustra en la Figura 3.

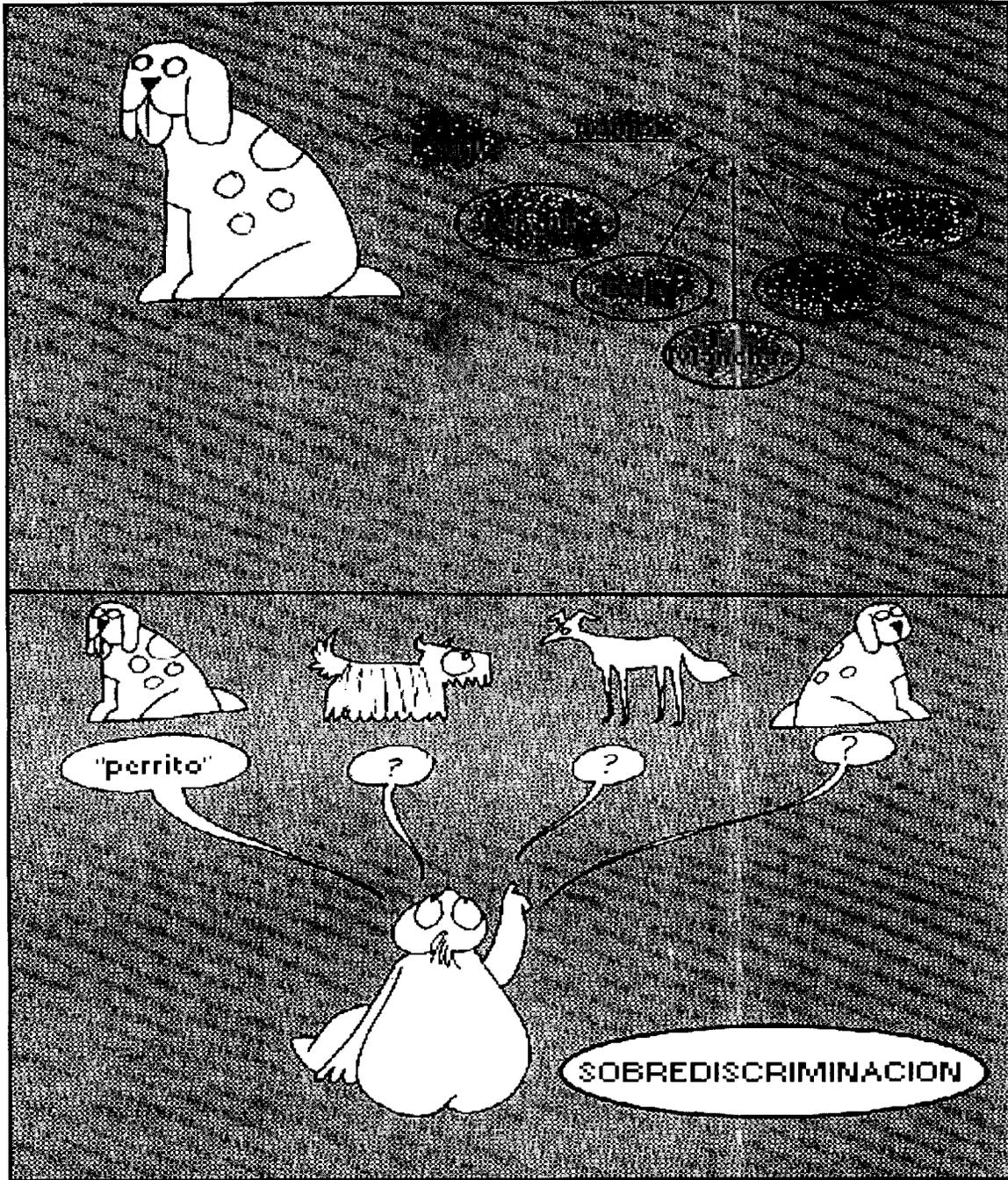


Figura 3. Ejemplo de sobrediscriminación de un objeto

Como se puede ver la formación apropiada de esquemas de conocimiento es de vital importancia para la obtención de significados correctos. De esta forma y mientras crecemos, es a través de una intensa actividad de acomodación y asimilación del conocimiento nuevo con el previo que logramos un desarrollo

intelectual. Las funciones primordiales de nuestro intelecto están estrechamente relacionados a dicha evolución, la cual nos habilita como seres pensantes y sociales. Por ejemplo, en el caso de la lengua, es la transmisión correcta de esquemas de conocimiento lo que nos permite transmitir y recibir significados durante una conversación. Esto se ilustra gráficamente en la Figura 4 en donde el emisor (Aline) trata de emitir no sólo la información que le interesa, sino también trata de asegurarse que el escucha comprende la conversación a través del señalamiento de cómo se asocia un conocimiento nuevo del emisor con un conocimiento previo del escucha.



Figura 4. Ejemplo de la transmisión de un esquema de conocimiento a un escucha

Dicha transmisión y manipulación de conocimiento implica además una serie de procesos cognitivos, entre ellos la codificación, decodificación y almacenamiento del mismo. Como se describe a continuación, el entendimiento de dichos procesos contribuye en gran medida al entendimiento de cómo es que los humanos comprendemos y producimos la lengua y del origen de muchos de nuestros procesos cognitivos superiores

2.2 Los sistemas de memoria humana

Desde el enfoque de la teoría del PHI, los humanos somos capaces de organizar y almacenar información simbólica de nuestro medio ambiente y de nosotros mismos. Un modelo de procesamiento de información que se somete a esta idea es el modelo de sistemas de memoria propuesto por (Atkinson y Shiffrin, 1980). En este modelo en donde se describen tres almacenes de información: a) La memoria sensorial, b) La memoria a corto plazo, y c) La memoria a largo plazo. La memoria sensorial retiene información por un intervalo de 250 ms. a 4 segundos (Neisser, 1967), la memoria a corto plazo retiene información por un espacio de 12 segundos o más si se recicla la información (Atkinson y Shiffrin, 1980), mientras que la información en la memoria a largo plazo puede ser retenida por un tiempo indefinido (Loftus y Loftus, 1976; Lachman y Butterfield, 1979; Solso 1997). Una ilustración de este concepto se puede observar en la Figura 5.

El modelo de Atkinson y Shiffrin constituye entre otros (Lindsay y Norman, 1977; Dodd y White, 1980; Anderson 1981) una parte seminal de los orígenes del PHI. La idea general postulada por este tipo de sistemas es que la información ambiental es primero almacenada en una memoria sensorial (o icónica), dicha información sensorial es codificada en información simbólica y almacenada en la memoria a corto plazo (MCP). Si existe interés en la información almacenada en

MCP, el proceso de atención se encarga de reciclar la información en MCP hasta que carezca de valor o se almacene en la memoria a largo plazo (MLP). La información almacenada en MLP es organizada y estructurada de tal forma que después permita una regla heurística facilitar su acceso y recuperación (Puff, 1979; Puff, 1982).

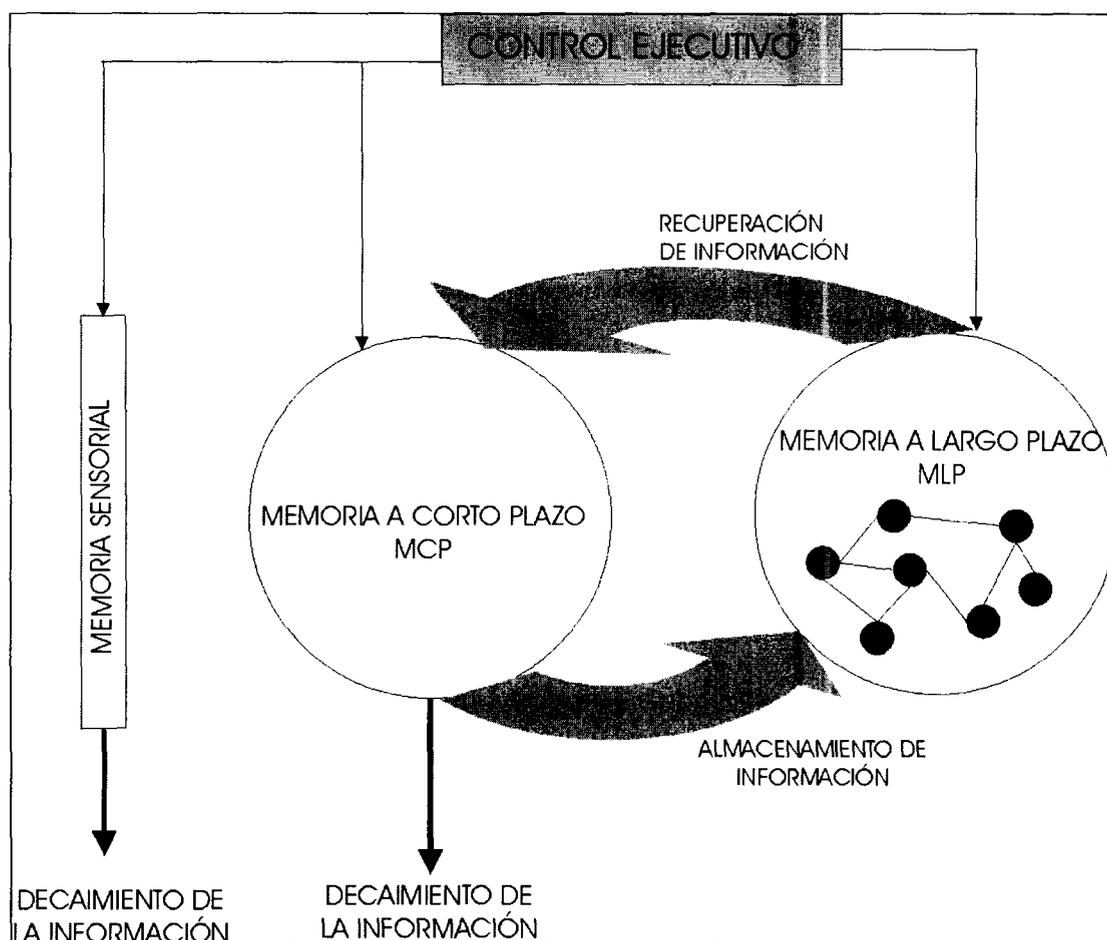


Figura 5. El modelo de cajas de almacenamiento y manipulación de información basado en la propuesta de sistema de memorias de Atkinson y Shiffrin

Nótese que en la Figura 5 se señala un procesador central que se encarga de coordinar el flujo de información entre sistemas. Esta idea fue importada directamente del área de la computación donde un procesador central es el encargado en una computadora (como las que tiene en su casa) del control de varias

de las funciones de registro y manipulación de la información. Sin embargo, dentro de la teoría de cognición, este procesador está relacionado a la autorregulación de uno mismo y como veremos después a la metacognición (Mayor, Suengas y González, 1995).

Es importante sin embargo señalar algo importante con respecto al concepto de decaimiento de la información señalada en la Figura 5. El decaimiento y el olvido de la información en la memoria son dos cosas diferentes. Para poder señalar la diferencia más claramente considere la siguiente pregunta: ¿Cuál es su recuerdo más viejo? ¿Tal vez el color de un tapiz de su cuarto cuando era un niño o tal vez un juguete de su niñez? Ciertamente, las personas tienden en promedio a recordar eventos de entre los 4 y 5 años de edad. Claro está que existen quienes recuerdan algo de edades más tempranas o tardías, pero ¿recuerda usted cómo es que aprendió a hablar, a socializar o a caminar? Es interesante notar que la infancia es la edad en la que más parece que aprendemos y que al mismo tiempo es la edad de la que menos recordamos. Por otra parte, imagine que usted no pudiera olvidar, que lo pudiera recordar todo, que recordara el color de los calcetines que usted usaba en un lunes a las 10:00 a.m. cuando tenía 9 años. ¿Su vida sería un infierno no lo cree? Luria (Luria, 1983) documentó uno de estos casos en el cual un individuo no podía olvidar. Este individuo pasaba de una a otra idea en una interminable cadena de recuerdos, al final terminó suicidándose. Olvidar es necesario, es un mecanismo para la estabilidad mental y sin embargo no implica que la información se ha perdido, sino que ya no se tiene acceso a ella. Este no es el caso para el decaimiento de la información en la MCP. Una vez que la información no es utilizada y si no es relevante, simplemente decae y se pierde. Así por ejemplo, si a usted se le pide que ejecute una operación aritmética, usted accederá a su MLP por información sobre

como realizar operaciones aritméticas entonces aplicará estos procedimientos sobre la información en su MCP, razón por la cual también se le llama memoria de trabajo. Una vez procesada la información esta puede ser desechada o, en caso de tener una importancia significativa para la persona, esta podría ser pasada a la MCP.

Por otra parte, el recordar no siempre significa que estemos accedando a información en nuestras memorias de algo realmente sucedió. Este es caso de la implantación de memorias falsas en nuestra memoria (Weingardt, Leonasio y Loftus, 1994). El punto a señalar es que nuestra memoria presenta muchas facetas en donde olvido y decaimiento, recuerdo y acceso son procesos diferentes y que como veremos posteriormente forman parte esencial en nuestro aprendizaje.

2.3 La representación del conocimiento

Como se ha mencionado anteriormente existen diferentes formatos para representar la información que se maneja en nuestro sistema de información (Rumelhart y Ortony, 1977). Estos formatos se clasifican al menos en tres tipos de conocimiento: a) Conocimiento procedimental b) Conocimiento declarativo, c) Conocimiento de imágenes.

Como se mencionó en breve anteriormente, 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, desplazarnos de un lugar a otro sin perdernos, etc. El conocimiento procedimental supone un conjunto de reglas condicionales como: "SI... ESTO SUCEDE... ENTONCES PROCEDE CON..." (por lo cual se le conoce también como conocimiento condicional); y que por razones relacionadas a la forma en como almacenamos información en la memoria se

almacenan como una red de conceptos de forma proposicional. Así por ejemplo, Chomsky (Lenneberg, 1981), propone que los humanos para generar lengua deben usar un conjunto de reglas condicionales o reglas de producción como las siguientes:

1. $O \rightarrow FN; FV$
2. $FN \rightarrow O; N$
3. $FV \rightarrow COP; ADJ; V; S$
4. $F \rightarrow FN; FV$

Donde:

O= Oración, FN = Frase nominal, FV = Frase verbal, S = Sustantivo,

V = Verbo, COP = Copulativo, ADJ = Adjetivo, N = Nombre, F = Frase.

Siguiendo una secuencia correcta de estas reglas de producción es posible generar oraciones gramaticalmente correctas. Estas producciones gramaticales se conocen como: "Gramáticas libres de contexto" (Patrick, 1984). La primera regla de producción se puede leer: SI "O" ENTONCES "FN" o "FV". Un ejemplo de tal producción se observa en la Figura 6 donde se ilustra la oración "Javier no come patatas" (De Vega, 1992)

La parte inferior de la Figura 6 muestra el equivalente de estas reglas de producción en formato de red conceptual o formato proposicional.

El conocimiento declarativo (Rumelhart y Norman, 1985; Lindsay y 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 branquias, nada en el agua y tiene escamas, ¿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. La Figura 7 describe de una manera simplificada una red semántica relacionada al concepto de un pez.

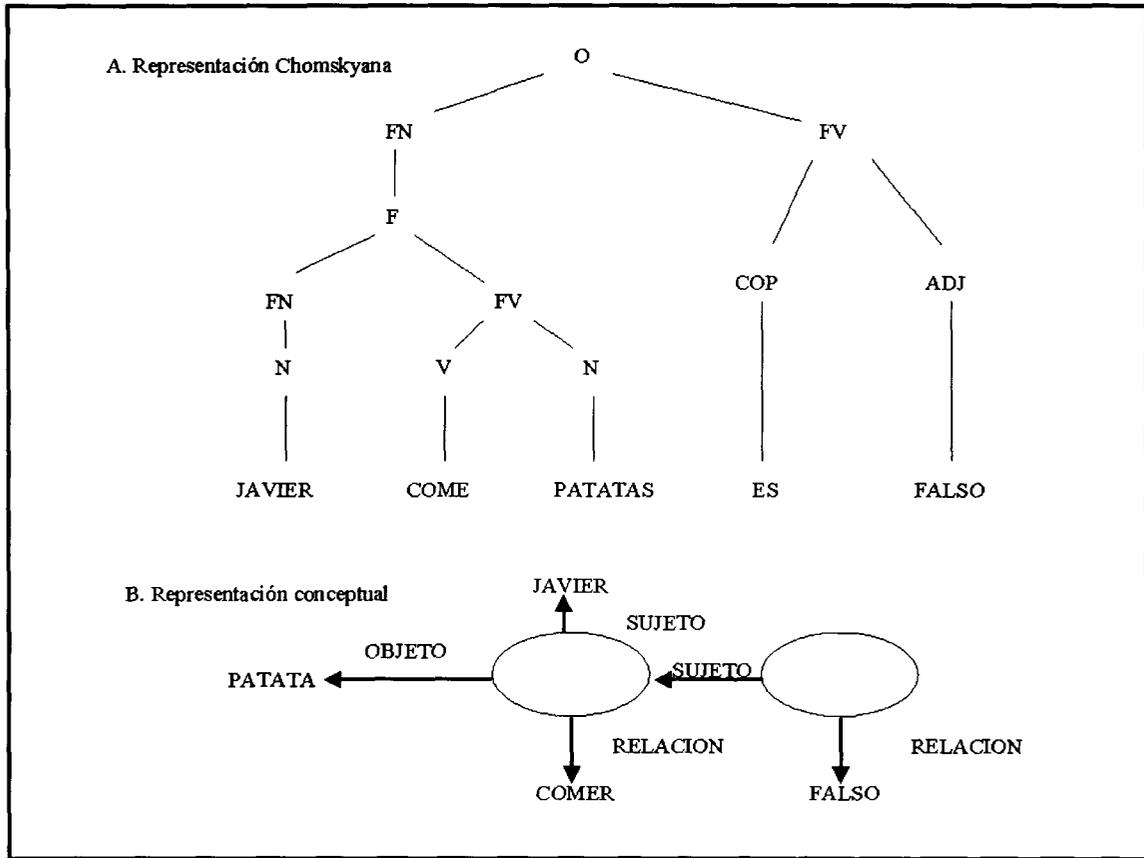


Figura 6. Dos formatos de reglas de producción de lenguaje

La forma como estos conceptos se relacionan y organizan unos con respecto a otros es a través de la forma de relación que existe entre ellos. Por ejemplo, pares de conceptos que se asocian frecuentemente sostienen una relación asociativa (Doctor-Enfermera). También existe el caso en el que los conceptos se relacionan por categoría; por ejemplo, Animal-Pez (Neely, 1991). Además se da también la situación en la que los conceptos se organizan para formar un esquema, el cual pretende ser un modelo del objeto a representar. Un ejemplo de dichas asociaciones conceptuales son los conceptos Microhorno-Mesero, para el esquema de

Restaurante o Jefe-Escritorio, para el esquema de Oficina (Rumelhart, Smolensky, McClelland y Hinton, 1986; Schvaneveldt, 1990; López, 1992, 1996). Los estudios de los procesos de asociación compleja en forma de red conceptual en la MLP se denominan análisis de redes semánticas.

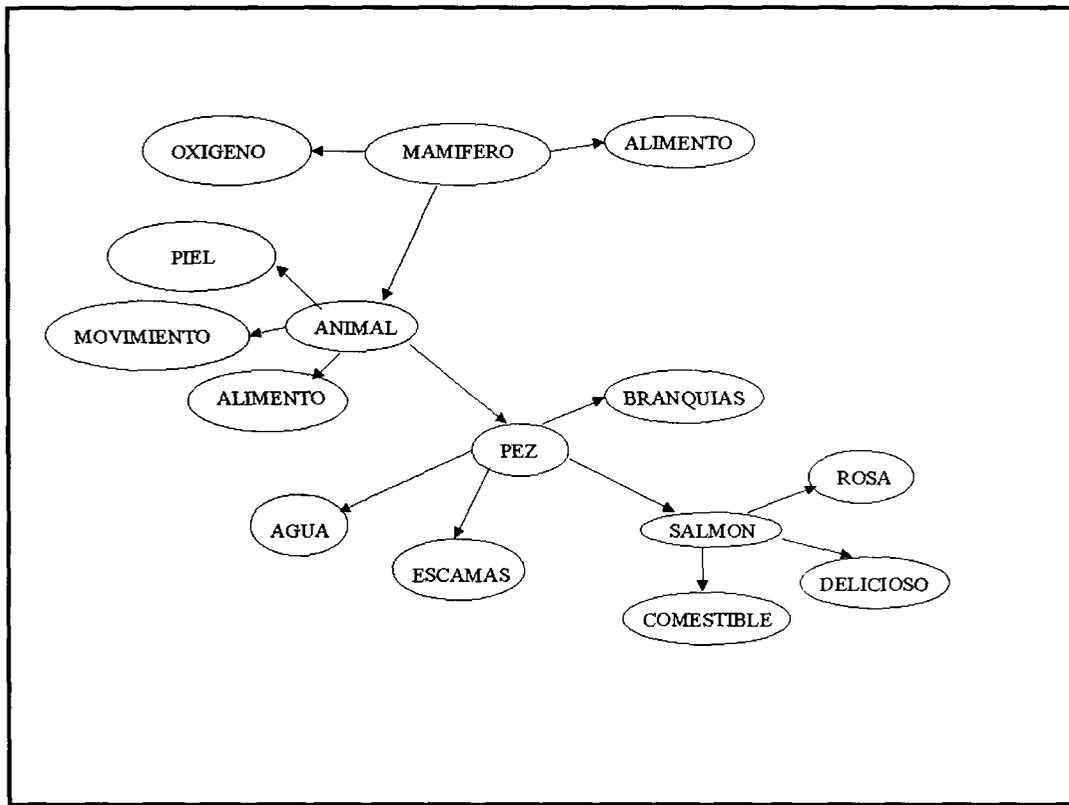


Figura 7. Ejemplo de una red semántica

2.4 Sobre el análisis de Redes Semánticas para la organización del conocimiento de la memoria humana

Las representaciones proposicionales o redes semánticas son un lenguaje formal de carácter abstracto y universal que pretende reflejar el pensamiento puro. Su creador fue Frege, el padre de la lógica contemporánea en 1892, al considerar que el lenguaje natural era inadecuado para formular las leyes racionales de la lógica, ya que estaba contaminado por los procesos psíquicos y resultaba ambiguo e impreciso (De Vega, 1992. Pp. 263).

Las características de las proposiciones son las siguientes:

- Son unidades de significado sujetas a valores de verdad, es decir, que una proposición necesariamente es aseverativa y por tanto se puede juzgar como verdadera o falsa.
- Son abstractas y semánticas, es decir, que no se trata de representaciones análogas, sino que reflejan conceptos y relaciones. Tampoco son equiparables a expresiones lingüísticas sino que subyacen a éstas.

Desde un punto de vista formal, las proposiciones suelen representarse como redes o árboles (aunque no necesariamente) con dos tipos de elementos estructurales: los nodos, que representan unidades conceptuales (aunque suelen estar etiquetados con palabras), y los eslabones, que son las líneas que unen dos nodos entre sí y que representan algún tipo de relación entre éstos (gramatical, semántica o asociativa).

Las proposiciones pueden asumir ciertas restricciones, acomodándose a algunas reglas explícitas de formación. Las reglas de formación son más o menos arbitrarias y dependen de la función para la que se creó el sistema proposicional.

Cada vez adquiere más popularidad el formalismo proposicional, ya que muestra algunas ventajas, como son:

- En primer punto, las proposiciones se acomodan a algunas propiedades de la memoria y el lenguaje humanos, por ejemplo: La invarianza del significado, a pesar de las variaciones léxicas y gramaticales, es un fenómeno psicológico empírico que se incorpora en el formalismo proposicional sin ninguna dificultad. El carácter inferencial de la memoria y el lenguaje se mimetizan perfectamente en las proposiciones; esto no es extraño, ya que el cálculo

proposicional fue ideado por los lógicos precisamente como instrumento de razonamiento deductivo. La posibilidad de organizar las proposiciones en complejas redes jerárquicas se acomoda bien a la descripción de un sistema de conocimientos complejo y articulado como la memoria humana.

- Una segunda razón es el hecho de que casi cualquier tipo de información se puede reducir a proposiciones. Lo anterior ha permitido la elaboración de teorías psicológicas en las que se prescinde de imágenes.
- El último punto es el hecho de que las proposiciones son computables. Los programas de inteligencia artificial, de memoria y comprensión del lenguaje emplean un formato proposicional como base de datos. Las proposiciones rebasan el hecho de ser sólo representaciones descriptivas, sino que operan eficazmente en programas de cómputo. Por esto se puede simular el comportamiento de la memoria humana y de los procesos lingüísticos y comprobar las teorías psicológicas.

Como anteriormente lo comentamos, las proposiciones suelen representarse como redes o árboles. Una red proposicional consta de varios elementos: a) una elipse central que representa el nodo proposicional, es decir el concepto más abstracto; b) las etiquetas nominales, son nodos terminales que representan conceptos específicos; y c) las flechas que corresponden a relaciones asociativas entre los conceptos y la proposición o, dicho de otro modo, reflejan el papel que desempeñan los nodos conceptuales en la proposición. (De Vega, 1992. Pp. 266). En la red proposicional se deben distinguir los conceptos genéricos y los ejemplos particulares de un concepto.

Para elaborar una red proposicional Anderson (Anderson, 1990) propone una serie de instrucciones que permiten transformar la mayoría de las expresiones lingüísticas en redes proposicionales:

1. Identificar los términos relacionales, principalmente verbos, adjetivos, etc.
2. Escribir frases simples para cada relación. Estas frases implicarán sólo la relación y sus argumentos nominales.
3. Para iniciar la construcción de la red, trazar una elipse que represente el nodo de cada proposición.
4. Escribir la relación para cada proposición próxima a su nodo. Conectar el nodo proposicional a la relación con una flecha designada relación.
5. Crear nodos para cada unidad nominal de las proposiciones.
6. Trazar flechas entre cada nodo proposicional y los nodos nominales que incluye. Denominar cada flecha con la etiqueta semántica apropiada.
7. Reconstruir la red para hacerla más clara. (De Vega, 1992. Pp. 268)

Un aspecto interesante para resaltar es la versatilidad de las proposiciones, ya que no sólo se adecuan perfectamente a la representación semántica de expresiones verbales sino que tienen el poder de describir formalmente cualquier representación que se encuentre en la memoria semántica y episódica, como son dibujos, emociones, reglas ejecutivas, etc. de acuerdo a los psicólogos proposicionalistas (Pylyshyn, 1973; Anderson, 1978, 1983), se debe a que cuando una persona recuerda algo como un dibujo o una emoción, no necesariamente recuerda una imagen, sino un significado que puede ser traducido a una proposición. Las redes proposicionales han tenido una aplicación muy específica en las teorías psicológicas. A continuación hablaremos solamente de las teorías proposicionales de

la memoria semántica, es decir las teorías que sitúan el énfasis en la estructura del conocimiento tal como supuestamente se organiza en la memoria permanente.

Existen diferentes teorías psicológicas con sus respectivas variantes cada una, sin embargo, cabe señalar algunas características que son generales a todas:

1. Incluyen procesos y representaciones. Las proposiciones no ofrecen una visión estática de la memoria sino que reflejan un análisis de los procesos de codificación, recuperación, etc.
2. Las teorías proposicionales están ligadas al desarrollo de programas de Inteligencia Artificial.
3. Los formalismos proposicionales empleados en las teorías no son idénticos, sino que se acomodan a reglas de construcción particulares y ligeramente diferentes entre sí, ya que la lógica es muy similar.

Quillian en 1969 inició los primeros trabajos sobre la memoria semántica dando paso así a un período de casi una década en el que los teóricos de la memoria construyeron varios modelos y teorías proposicionales alternativas. Dos ejemplos de este tipo de teorías son las presentadas por Rumelhart, Norman y Lindsay (LNR) y por Anderson (ACT) las cuales son consideradas teorías de amplio espectro, es decir, que pretenden explicar varios procesos mentales como comprensión, generación de frases, memoria, razonamiento.

El proyecto LNR considera que hay tres tipos de unidades psicológicas que pueden representarse en la memoria humana: conceptos, eventos y episodios. Los conceptos corresponden a ideas relativamente elementales. Un evento corresponde a una acción e incluye generalmente un escenario, actores y objetos. Los episodios son macrounidades compuestas de varios eventos interconectados. Una propuesta

muy novedosa fue el introducir el concepto de “primitivos semánticos”, que son los que permiten reflejar adecuadamente los componentes elementales del significado. Por su parte, Anderson en su proyecto ACT (1976, 1983) propone la teoría más reciente sobre el tema. Aunque tiene muchos aspectos en común con otras teorías, asume dos supuestos nuevos: 1) el procesamiento es paralelo. La exigencia de serialidad parece limitarse a tareas controladas y conscientes, mientras que los procesos automáticos sobre aprendidos se realizan de modo simultáneo. 2) Hay dos tipos de conocimiento: el declarativo y el procedimental. Esta dualidad corresponde a la distinción filosófica entre saber qué y saber cómo. El conocimiento declarativo es descriptivo y factual; se refiere a objetos y eventos. El conocimiento procedimental tiene que ver con las destrezas ejecutivas dirigidas a la acción. Se puede poseer parcialmente, se adquiere de forma gradual por la práctica y es difícil de verbalizar.

2.4.1 La aproximación conexionista al estudio de la memoria humana

La psicología cognitiva tiene alrededor de 50 años de haber nacido. Por lo mismo y como es el caso de cualquier ciencia joven se esperan cambios e innovaciones conforme esta progresa. Este es el caso de la aproximación del procesamiento paralelo distribuido, también llamada “teoría conexionista” (McClelland, Rumelhart y el grupo PDP, 1986) que ha venido a reformular postulados centrales del PHI y de la teoría del desarrollo cognitivo en la psicología cognitiva. Para entender esta nueva aproximación y antes de entrar en detalles, es necesario revisar dos conceptos: El concepto de fenómeno emergente holístico y el concepto de memoria distribuida.

Un fenómeno holístico emergente puede entenderse como aquel fenómeno que es más que solo la suma de sus componentes. Una forma de ejemplificar este

fenómeno es imaginar una caja completamente vacía en la que se introduce una molécula de aire. El comportamiento errático de dicha molécula por sí mismo difícilmente será de interés académico para alguien. Si introducimos una o tres moléculas más, el comportamiento errático de dichas moléculas puede ocasionalmente producir choques entre ellas y eso es todo. ¿Qué pasaría si metemos billones de partículas en la caja? Se observaría que dentro de la caja se ha formado una onda de aire. No existía nada en la conducta de una o unas cuantas de estas moléculas chocando entre ellas que nos indicara la posibilidad de que cantidades masivas de ellas en la caja pudieran emerger un estado de auto-organización: La onda de aire.

De igual forma, el cerebro que posee alrededor de 10^{10} neuronas interactuando juntas y la actividad conjunta y masiva de estas neuronas se supone genera estados emergentes de auto-organización. Dichos fenómenos emergentes constituyen la naturaleza de varias de nuestras funciones intelectuales como la conciencia (Calvin, 1998; Rumelhart et al., 1986), la memoria (Hinton, 1981) y la lengua (Sharkey, 1989; Balota, 1990).

Por otra parte el concepto de memoria distribuida se refiere a la observación de que nuestras memorias no se encuentran localizadas en una zona específica en nuestro cerebro. Más bien se asume que éstas están almacenadas de una forma distribuida a lo largo de zonas neurales de nuestro cerebro. Como analogía tome de ejemplo la mantequilla en un pastel. No está en un lugar en específico sino distribuida en todo el pastel. Ahora bien, suponga que añadimos vainilla y azúcar, estos ingredientes se distribuirán y se mezclarán en el pastel dándole un sabor diferente. De forma análoga nuestras memorias se superponen de forma distribuida en una misma estructura neural en nuestro cerebro.

Para estudiar dichas propiedades emergentes investigadores en ciencia cognitiva han utilizado una clase de computadores “inspirados” en la fisiología del cerebro humano. Dichos computadores se les conoce como redes neurales y la Figura 8 ilustra una arquitectura típica de dicha clase de máquinas:

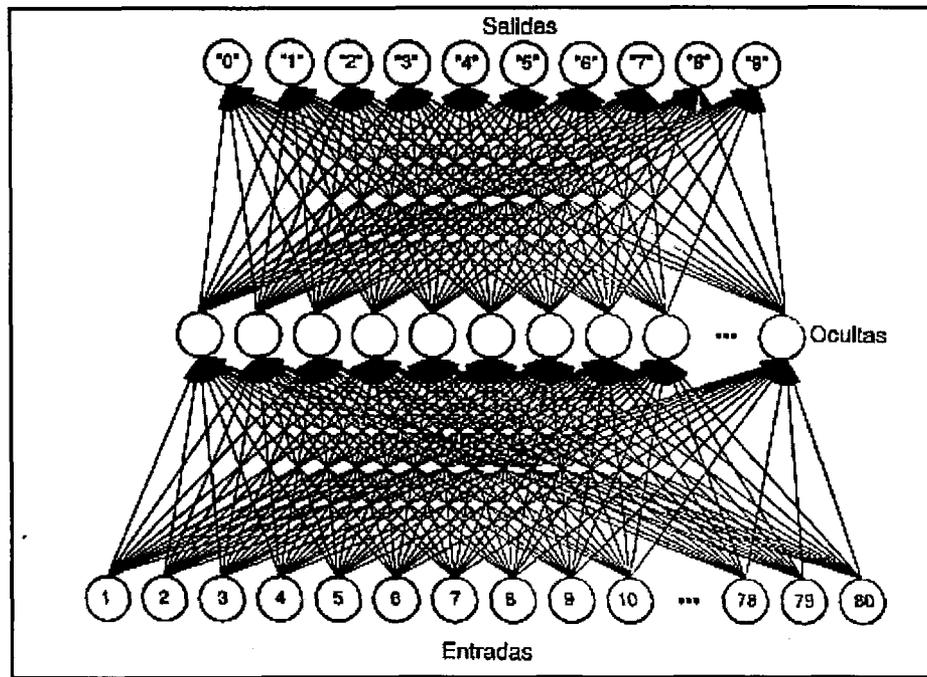


Figura 8. Ejemplo de una arquitectura típica de una red neural de tres capas

Nótese que existen tres capas. Las unidades de entrada reciben la información del medio ambiente. Si la red neural 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 neural es el sistema asociador de patrones ilustrado en la Figura 9 que se muestra en la siguiente página:

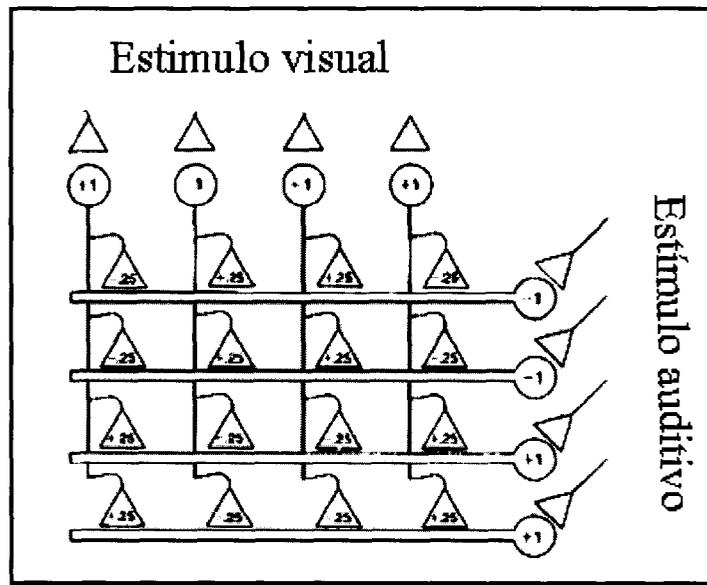


Figura 9. Red neuronal asociadora de patrones

Nótese en la figura que existen dos patrones de información entrante, una auditiva y otra visual. Cuando la estimulación co-ocurre frecuentemente, la red neuronal empieza a modificar sus valores de asociación entre nodos de tal forma que una vez que ha aprendido a asociar ambos patrones solo 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). Existe además de este asociar de patrones una amplia gama de arquitecturas de redes neurales que sirven a diferentes propósitos. En la Tabla 1, Nelson e Illinworth (Nelson e Illinworth, 1991) describen la siguiente clasificación de redes neurales:

Tabla1 Clasificación de diferentes arquitecturas de redes neurales. (Adaptada de Nelson y Illingworth, 1991)					
RED	Inventor Desarrollador	AÑO	APLICACIONES	LIMITACIONES	COMENTARIOS
Teoría de Resonancia Adaptativa	Gail Carpenter, Stephen Grossberg	1978-86	Reconocimiento de patrones (radar/sonar, sonido impreso)	Sensitiva a la traslación, distorsión y escala	Sofisticada; no es muy aplicada todavía
Avalancha	Stephen	1967	Reconocimiento	No sigue	Clases de redes;

	Grossberg		de voz, comandos de brazos robots	fácilmente la velocidad de la voz y el movimiento	Una sola red no puede ser empleada
Retropropagación	Paul Werbos, David Parker, David Rumelhart	1974-85	Sintetiza palabras de textos; brazos robots; préstamo de bancos	Sólo bajo entrenamiento supervisado - necesita ejemplos de I/O	Es la red más popular; trabaja bien, aprende fácilmente y es poderosa
Memoria Asociativa Bidireccional	Bart Kosko	1985	Memoria asociativa de contenidos dirigidos	Poca densidad de almacenaje; los datos deben ser codificados	Aprende fácilmente; asocia parejas fragmentadas con parejas completas
Máquina de Boltzmann & Cauchy	Jeffrey Hinton, Terry Sejnowsky, Harold Szu	1985-86	Reconocimiento de patrones de imágenes, sonar y radar	Gran cantidad de tiempo para entrenamiento. Ruido en estadística distribuida	Redes simples; funciones de ruido usadas para encontrar mínimos globales
Cerebellatron	David Marr, James Albus, Andres Pellionez	1969-82	Motor de inferencia que controla brazos robóticos	Requiere de un control complicado para dar entradas	Como Avalancha, puede mezclar comandos con diferentes pesos
Contador de Propagación	Robert Hecht-Nielsen	1986	Imágenes comprimidas; análisis estadístico; cuentas de préstamo	Muchas unidades de procesamiento y conexiones para una alta exactitud	Tabla de autopropagación; similar a la retropropagación
Hopfield	John Hopfield	1982	Recuperación de datos completos a partir de fragmentos	No tiene aprendizaje; Los pesos se deben fijar previamente	Puede implementarse a gran escala
MADALINE	Bernard Widrow	1960-62	Anula jammers de radar, modems y ecualizadores de teléfonos	Asume relaciones lineales entre Entradas y Salidas	Tiene un uso comercial mayor a 20 años; poderosas reglas de aprendizaje
Neocognitrón	Kunihiko Fukushima	1978-84	Reconocimiento de caracteres impresos	Requiere muchas conexiones y unidades de procesamiento	Muy complicado; es insensitivo a escalas de traslación y rotación
Perceptrón	Frank Rosenblatt	1957	Reconocimiento de caracteres de máquinas de escribir	No puede reconocer caracteres complejos; sensitivo a la escala y distorsión	Red muy vieja; Fue construida en H/W, rara vez usada
Mapeo de auto-organización	Teuvo Kohonen	1980	Mapea una región geométrica (rejilla) a otra espacial	Requiere de mucho entrenamiento	Más efectiva que cualquier algoritmo para cálculos de flujo aerodinámico

Una de las diferencias más notables de este tipo de máquinas con respecto al modelo Von Newman es su tolerancia al daño físico. Esto es así por que aún y cuando estas máquinas pueden ser dañadas físicamente, su funcionamiento no se deteriora dramáticamente y se auto-organiza para recuperar un rendimiento óptimo. Estas características de las redes neurales emulan las propiedades del cerebro humano el cual puede tolerar la muerte de millones de neuronas sin afectarse seriamente y puede recuperarse de daño masivo y más aún, puede reconstruir información perdida en el daño (Johnson y Brown, 1988). Este no sería el caso de una máquina serial como la que se usa en casa, en donde cualquier daño físico implica el paro total del sistema.

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. Veamos el siguiente ejemplo presentado por McClelland y Rumelhart (1985) en donde los nodos de la red representan los nombres de grupos de pandilleros en un barrio peligroso, así como las edades, el estado civil, nombre de la pandilla a la que pertenecen, tipo de actividad criminal y educación (Figura 10).

Por otra parte, la información puede ser distribuida en las conexiones de la red en forma de un patrón de activación. Por ejemplo, en las redes neurales Hopfield el estado de activación de todos los nodos en una red significa una representación de un evento. Este estado de activación de la red representa un nivel de energía en la red. Diferentes representaciones de eventos corresponden a diferentes niveles de energía en la red.

La teoría conexionista ha impactado en una gran cantidad de postulados centrales de la psicología cognitiva. 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, si tomamos la teoría conexionista en su forma más radical, los procesos de codificación y decodificación no son necesarios ya que lo que se procesa no es un símbolo sino patrones de activaciones que equivaldrían a la microestructura de un símbolo. Esto se ilustra en la Figura 11 donde la tarea es nombrar un elemento visual.

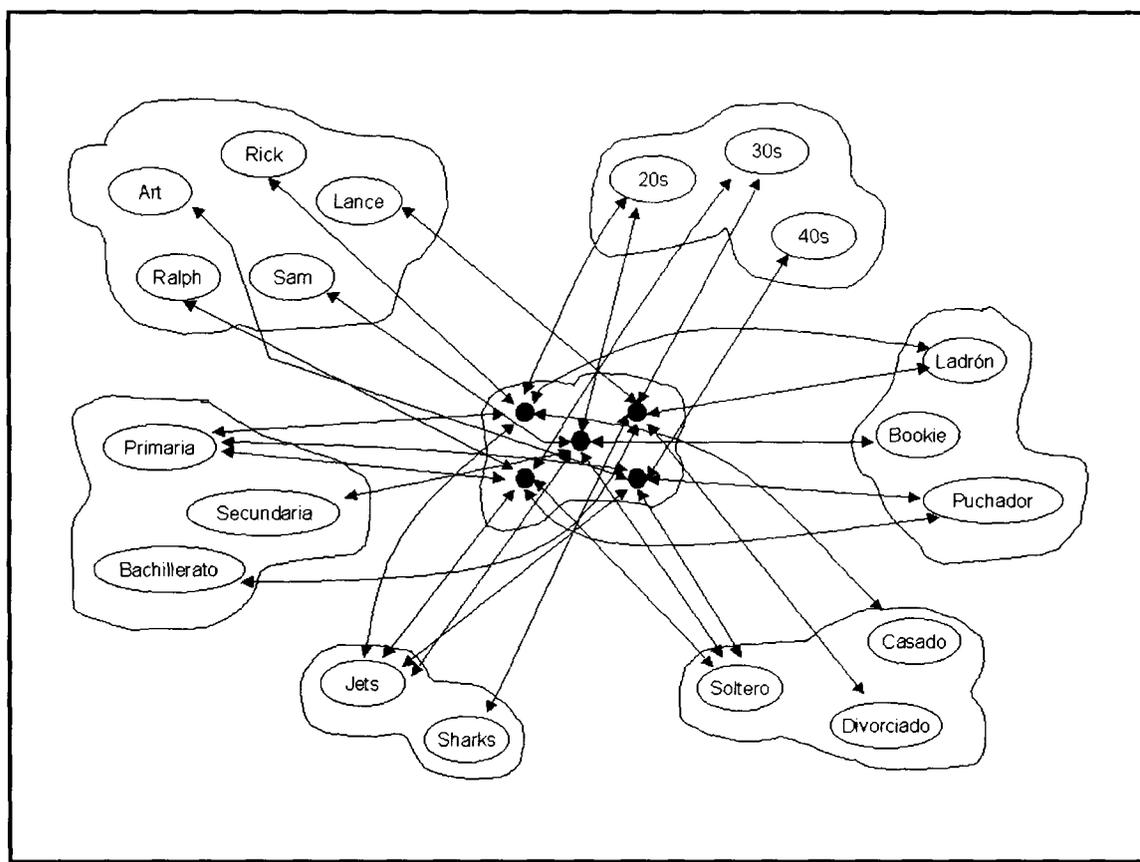


Figura 10. Ejemplo de red neuronal con información sobre pandilleros y características de los mismos localizada en nodos. La información de cómo se relacionan estos nodos está distribuida en las conexiones de la red

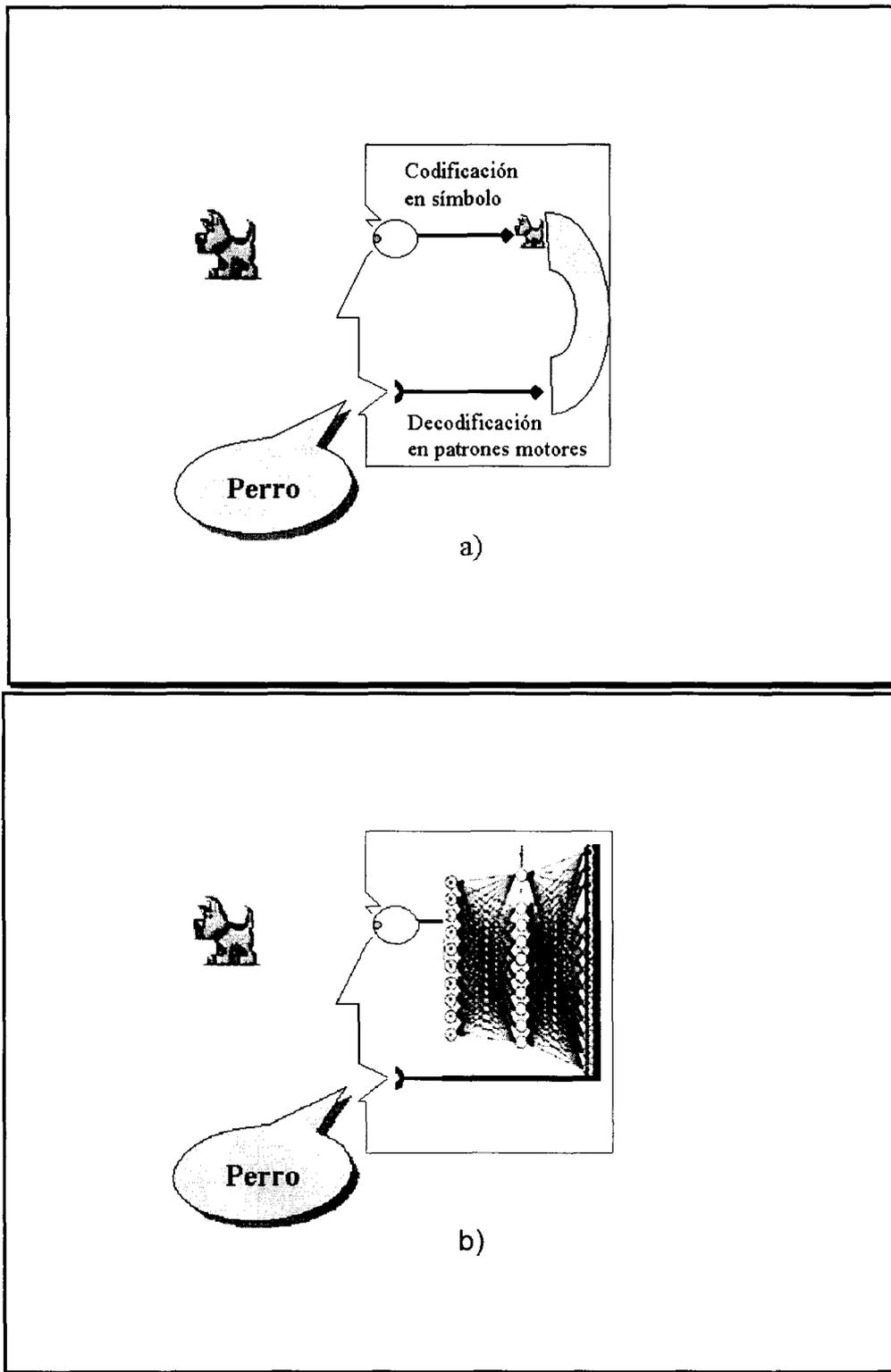


Figura 11. La teoría del PHI (a) asume que es necesario codificar la información entrante en símbolos y luego decodificar nuestros conceptos en conducta motora, que en este caso corresponde a la verbalización de un objeto visual. Sin embargo, la teoría conexionista (b) postula que dichos procesos de codificación son innecesarios en sistemas que emulen el funcionamiento neurofisiológico cerebral

La aproximación conexionista ha obligado a los psicólogos cognoscitivistas a considerar en sus explicaciones sobre la cognición humana aspectos de modelos inspirados en la fisiología del cerebro humano. Dichas explicaciones conexionistas no se consideran en contraposición a las explicaciones de procesos computacionales simbólicos sino más bien como un microestructura que regula a las mismas. Por lo mismo no es raro ver más frecuentemente las explicaciones en psicología cognitiva pueden oscilar en diferentes niveles de explicación tal y como se señala en la Figura 12.

TEORIA COMPUTACIONAL	REPRESENTACION Y ALGORITMO	HARDWARE IMPLEMENTACION
¿Cuál es la meta de la computación, por qué es apropiado, y cuál es la lógica de la estrategia por la cual puede ser llevado a cabo?	¿Cómo puede ser implementada esta teoría computacional? En particular, ¿Cuál es la representación para el input y el output, y cuál es el algoritmo para la transformación?	¿Cómo pueden ser implementados físicamente la representación y el algoritmo?

Figura 12. Diferentes niveles de explicación de procesos cognitivos (Adaptado de Mars, 1982)

Al inicio de la psicología cognitiva se consideraba innecesario las explicaciones con base neurofisiológica ya que se creía que el nivel de explicación computacional era suficiente para descifrar la cognición humana. De esta forma, para el autor de esta tesis la diferencia entre ciencia cognitiva y psicología cognitiva es que la primera tiende a incluir diferentes niveles de explicación, mientras que la segunda orientación teórica se mantiene a un nivel teórico computacional. La Figura 13 ejemplifica de una forma gráfica el “prisma de ciencia cognitiva” de acuerdo a Imbert et al. (Imbert et al., 1986).

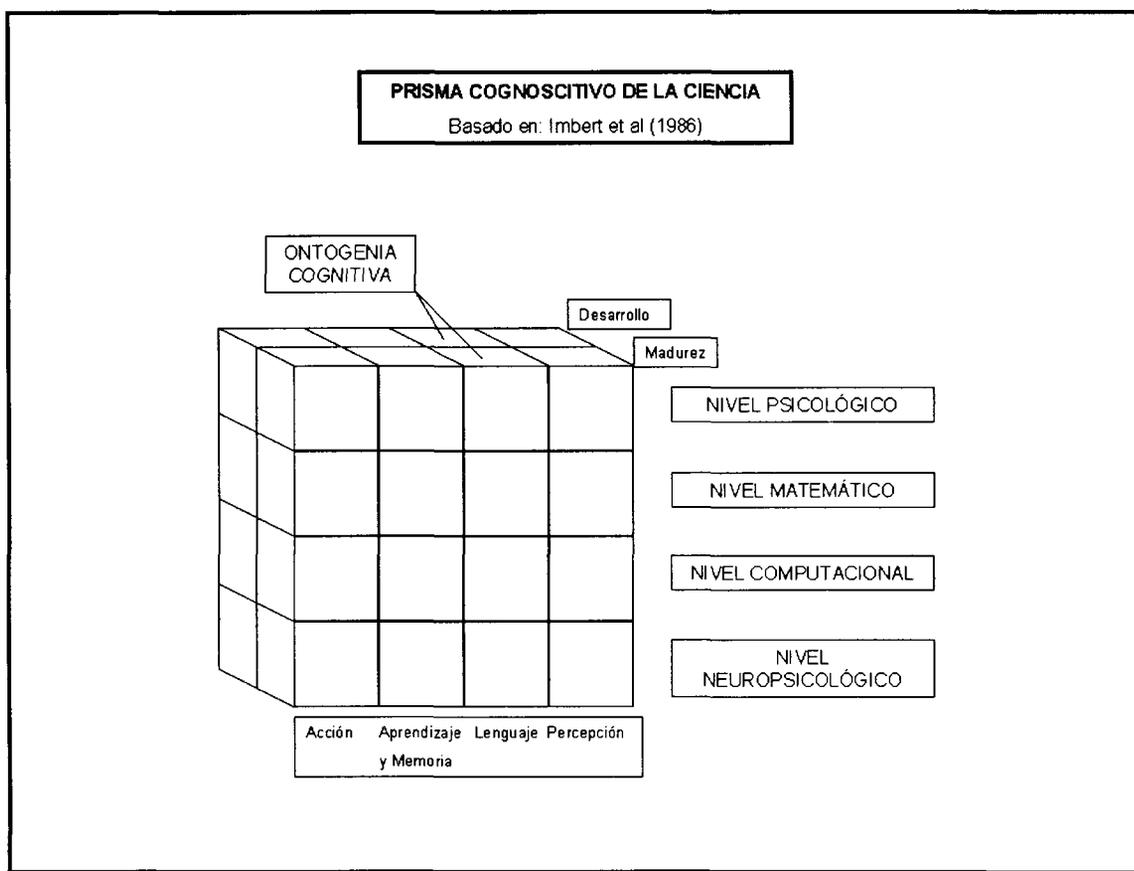


Figura 13. El prisma de ciencia cognitiva describe los diferentes niveles de explicación incluidos en ciencia cognitiva

2.4.2 Los modelos conexionistas de esquemas de conocimiento

Otro ejemplo en cómo la aproximación conexionista ha moldeado postulados principales dentro de la psicología cognitiva es el modelo de esquemata propuesto por Rumelhart et al. (Rumelhart et al., 1986) en donde el concepto de esquema tal y como se había tratado hasta ese entonces es cuestionado a fondo. Para estos autores no existe en nuestras memorias nada que asemeje un esquema sino que más bien existe la capacidad de emerger esquemas de la dinámica de activación de conexiones entre nodos cada vez que estos sean requeridos.

En esta red, los conceptos del esquema están representados por nodos

locales y al esquema se distribuye o implícita los pesos de las conexiones de asociación entre nodos. Los conceptos usados por Rumelhart et al. se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2. Descriptores de CUARTO (40)

Techo	Paredes	Puerta	Ventanas	Muy grande
Grande	Mediano	Pequeño	Muy pequeño	Escritorio
Teléfono	Cama	Máquina de escribir	Estante	Alfombra
Libros	Silla de escritorio	Reloj	Fotografía	Lámpara de piso
Sofá	Butaca	Taza	Cenicero	Chimenea
Cortinas	Estufa	Cafetera	Refrigerador	Tostador
Armario	Lavabo	Cómoda	Televisión	Bañera
Inodoro	Báscula	Horno	Computadora	Perchero

Lo que estos autores realizaron fue pedirle a dos personas que seleccionaran, de los 40 conceptos descriptores que están en la Tabla 2, cuáles de éstos correspondían a 5 tipos de cuartos (CUARTO, OFICINA, BAÑO, RECAMARA, COCINA y SALA). De esta forma tenían 5 grupos de conceptos definidores. Unos definidores podían ser usados en la definición de diferentes cuartos. De aquí se construyó una red de la siguiente forma:

Se usó la siguiente ecuación basada en la fórmula bayesiana para obtener el valor de conexión entre dos conceptos.

$$w_{ij} = -\ln \frac{p(x_i = 0 \& x_j = 1)p(x_i = 1 \& x_j = 0)}{p(x_i = 1 \& x_j = 1)p(x_i = 0 \& x_j = 0)}$$

En la fórmula se trata de ver la probabilidad de que un concepto X_i co-ocurra o no co-ocurra con un concepto X_j o de que uno se active cuando el otro no.

Todos los nodos en la red tienen un umbral de activación descrito por la siguiente ecuación:

$$bias_i = -\ln \frac{p(x_i = 0)}{p(x_i = 1)}$$

La Tabla 3 muestra los estados finales alcanzados por la red de Rumelhart et al. después de activar dos conceptos. En cada caso, la unidad TECHO y otro concepto fueron de igual forma activados. La activación de TECHO representa la información indicando que CUARTO es el campo de discusión. Las otras unidades activadas fueron SOFA, CAMA, HORNO y BAÑERA. En cada caso, el sistema satisface la activación típica de unidades para el tipo de cuarto más estrechamente relacionados con las unidades activadas. Por ejemplo, activar BAÑERA conduce a un estado estable en el cual ALACENA, RETRETE, LAVABO, BÁSCULA y BAÑERA son activados. Note también que algunos conceptos individuales pueden corresponder a otros esquemas. Por ejemplo, de los cuatro casos presentados en la tabla, CHIMENEA es activado en uno, ALFOMBRA es activado en dos, RELOJ es activado en tres y TECHO es activado en los cuatro casos. Estos resultados sugieren que las técnicas de redes semánticas conexionistas tienen alguna validez psicológica y que pueden ser apropiadas para estudiar la conducta humana que se relaciona a la generación de esquemas de conocimiento.

Tabla 3. Estados finales alcanzados por la Red de Rumelhart et al.				
ACTIVACIÓN				
CIELO				
NODO	SOFA	CAMA	HORNO	BAÑERA
Horno	—	—	◆	—
Computadora	—	—	—	—
Perchero	—	◆	—	—
Báscula	—	—	—	◆
Inodoro	—	—	—	◆
Bañera	—	—	—	◆
Televisión	◆	◆	—	—
Cómoda	—	◆	—	—
Cafetera	—	—	◆	—
Armario	—	—	◆	◆
Tostador	—	—	◆	—
Refrigerador	—	—	◆	—
Lavabo	—	—	◆	◆
Estufa	—	—	◆	—
Cortinas	◆	◆	◆	—
Chimenea	◆	—	—	—

Genicero	—	—	—	—
Taza	—	—	◆	—
Butaca	◆	—	—	—
Sofá	◆	—	—	—
Lámpara de piso	◆	—	—	—
Fotografía	◆	◆	—	—
Reloj	◆	◆	◆	—
Silla de escritorio	—	—	—	—
Libros	◆	◆	—	—
Alfombra	◆	◆	—	—
Estante	◆	◆	—	—
Máquina de escribir	—	—	—	—
Cama	—	◆	—	—
Teléfono	◆	—	◆	—
Escritorio	—	—	—	—
Muy pequeño	—	—	—	◆
Pequeño	—	—	◆	—
Mediano	—	◆	—	—
Grande	—	—	—	—
Muy grande	◆	—	—	—
Ventana	◆	◆	◆	—
Puerta	◆	◆	—	◆
Paredes	◆	◆	◆	◆
Cielo	◆	◆	◆	◆
◆ = Activo — = Inactivo				

Schvaneveldt (Schvaneveldt, 1990) proporcionó la primera crítica a este modelo de esquemas a través de los resultados obtenidos de un modelo de escalamiento de redes de conocimiento llamado Pathfinder¹; a través del cual se obtuvieron dos grupos de datos. El primero fue obtenido por usar el mismo método reportado por Rumelhart et al., la única diferencia es que solamente una subclase de 31 descriptores de la original de 40 fue usada. El segundo grupo de datos se obtuvo de preguntarle a los participantes sus juicios o creencias sobre la frecuencia en la

¹ El término “*Pathfinder*” es usado para describir una técnica orientada de grafos que valora la importancia de las relaciones entre los puntos de cada par de conceptos. Produce una red de representación de conceptos de un dominio. Asigna una liga entre dos conceptos dentro de una red sí, y sólo sí, la liga tiene una longitud mínima entre los dos conceptos. “*Pathfinder*” requiere de estimar la disimilaridad psicológica como entrada. Estas estimaciones son obtenidas frecuentemente por sujetos relacionados con los puntos dentro de un dominio. Así,

que co-ocurren duplas de conceptos, esto es, 465 pares de los 31 descriptores en una escala del 1 al 9. En los datos co-ocurrencia, la valoración del 1 al 9 servía como una medida de disimilaridad entre conceptos. Aquí el objetivo fue evitar que los sujetos prespusieran algún tipo de esquema en particular. La idea era observar que la co-ocurrencia de conceptos expresada por la sola experiencia de los participantes fuera lo suficiente como para servir de base a la representación de un esquema.

La Tabla 4 muestra los resultados de los experimentos de activación de Schvaneveldt. A la par, muestra los dos tipos de clases de datos y si la red fue una red conexionista (CN, en inglés) o una red Pathfinder (PF, en inglés). Como está ilustrado en la tabla, ambos tipos de redes producen resultados similares (por ejemplo, los puntos ocurren en pares). También se presenta un problema de selectividad cuando SOFA y CAMA son activados. Aquí las redes conducen la activación de los descriptores de ESTANCIA, DORMITORIO y SOFA. Estos resultados no fueron semejantes a los de Rumelhart et al. De acuerdo con Schvaneveldt esto es debido a una carencia de balance de pesos positivos y negativos en la red. Además, Rumelhart et al. (1986) admiten que “algunas ligeras modificaciones en la base de datos fueron hechas para enfatizar la seguridad de los puntos en nuestro ejemplo” (p. 22, Pie de nota 7). Al parecer, estos autores confrontan los mismos problemas de simulación de Schvaneveldt y después decidieron hacer modificaciones en el algoritmo original a fin de lograr los resultados deseados.

“*Pathfinder*” define una red que incluye las ligas importantes como se indicó por la proximidad de los datos (Schvaneveldt, 1990).

Tabla 4. Resultados de los experimentos de activación de Schvaneveldt

Activación												
Nodo	Sofá				Cama				Refrigerador			
	Datos de Cuartos		Datos de Co-ocurrencia		Datos de Cuartos		Datos de Co-ocurrencia		Datos de Cuartos		Datos de Co-ocurrencia	
	CN	PF	CN	PF	CN	PF	CN	PF	CN	PF	CN	PF
Teléfono	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Libros	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	◆
Sofá	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Cortinas	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Armario	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Inodoro	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cama	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Silla de escritorio	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Butaca	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Estufa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Lavabo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Báscula	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	—	—
Máquina de escribir	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—
Reloj	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—
Taza	—	◆	◆	◆	—	—	◆	—	◆	◆	◆	◆
Cafetera	—	◆	—	◆	—	—	—	—	◆	◆	◆	◆
Cómoda	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Horno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Estante	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Fotografía	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Cenicero	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—
Refrigerador	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Televisión	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Computadora	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Escritorio	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	◆
Alfombra	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Lámpara de piso	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Chimenea	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	—	—	—
Tostador	—	—	—	—	—	—	—	—	—	◆	◆	◆
Bañera	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perchero	◆	◆	—	—	◆	◆	—	◆	—	—	—	—

◆ = Activo — = Inactivo

De acuerdo con Schvaneveldt (Schvaneveldt, 1990), lo que necesita el modelo de Rumelhart et al. para trabajar es asignar descriptores que sean asociados únicamente con cuartos particulares y asociados negativamente con otros cuartos. Por supuesto, una pregunta importante surge alrededor de sí las personas realmente organizan su información en una forma balanceada. Por ejemplo, en vez de proveer a los sujetos con conceptos típicos de lo que es un cuarto, sería mucho mejor

permitirles generar sus propios definidores y ver cómo organizan sus grupos de conceptos para definir ejemplos de diferentes tipos de cuartos. ¿Podrían las dependencias de organizaciones conceptuales producir un desbalance matricial? ¿Puede ser el caso que la libertad de seleccionar los conceptos definidores podría mejorar la conectividad entre redes de grupos de conceptos y consecuentemente darle un mejor balance de signos a la matriz?

López y Theios (López y Theios, 1992) postularon una mejora en el modelo de red neural de Rumelhart et al. Ellos crearon un modelo que estaba basado en definiciones conceptuales y ponderaciones de estas definiciones para conceptos del esquema CUARTO. Las definiciones conceptuales eran generadas por los sujetos en vez de descripciones ideosincráticas de CUARTO de algún autor. En su estudio, los investigadores pidieron a 34 sujetos definir 20 conceptos esquemáticamente relacionados al concepto de CUARTO. Esto se ilustra en la Tabla 5:

Tabla 5. Conceptos a definir usados en la construcción de la red neural de López y Theios (1992)			
OFICINA	COCINA	BAÑO	RECAMARA
SALA	CUARTO	COMEDOR	CASA
SÓTANO	COCHERA	DEPARTAMENTO	SALÓN DE CLASE
ESCUELA	EDIFICIO	BIBLIOTECA	LABORATORIO
RESTAURANTE	TEATRO	ALMACÉN	GIMNASIO

Los primeros 5 conceptos fueron usados por Rumelhart et al. La técnica de redes semánticas naturales usada en su estudio es explicada ampliamente en la sección de instrumento de esta tesis, ya que, para propósitos de la presente investigación, es uno de los elementos usados en las simulaciones computacionales. Bástese decir que los resultados de López y Theios emularon varios de los resultados de Rumelhart et al. Lo interesante a este respecto es el hecho de la validez psicológica del estudio ya que, a diferencia de Rumelhart y Schvaneveldt, los esquemas emergen de definiciones conceptuales provenientes de individuos. El

resultado de 2 simulaciones es presentado en el anexo A. Cada página muestra una pantalla con 141 definidores. El valor a la izquierda de cada definidor representa su valor de entrada, mientras que el valor de la derecha representa su salida. El valor de 100 para el valor de entrada se representa con doble asterisco (**). Nótese que en la primera pantalla el concepto activado fue CUARTO. Interesante a este respecto es que aún y cuando CUARTO es el definidor más alto para el concepto de EDIFICIO, el grupo de definición conceptual de CUARTO no se activó. En vez de esto, un patrón categórico no muy bien definido fue obtenido. Si en vez de activar el nodo CUARTO se activa el nodo LADRILLO entonces los grupos conceptuales de EDIFICIO son activados (CUARTO, VENTANA, CONSTRUCCIÓN, PUERTA, LARGO, etc.).

Nótese que la gran diferencia entre las tres aproximaciones (Rumelhart et al., Schvaneveldt y López-Theios) es la forma en cómo obtuvieron los conceptos para formar los valores de asociación de la red neural.

De las tres aproximaciones para obtener los valores de asociación entre conceptos de la red neural, la aproximación de López y Theios se basa más en herramientas que han mostrado alguna validez psicológica (Figuroa, González y Solís, 1975; Figuroa, González y Solís, 1981). Sin embargo, es necesario explorar si otras áreas de conocimiento reflejan la misma validez como la mostrada en el área de CUARTOS. También es necesario implementar un sistema (“*software*”) que permita la automatización de análisis de diferentes áreas de conocimiento así como el balance de negatividad y positividad en los pesos de asociación de estos dominios para observar que tan generalizables son los resultados obtenidos por los autores descritos. De esta forma el “*software*” es indispensable, ya que sin él esta investigación sería no costeable en términos de tiempo. Nótese que estos dos

últimos propósitos constituyen en sí el problema de investigación señalado al principio de esta tesis.

En este capítulo se presenta el tipo de estudio realizado en esta investigación. Se definen los participantes y los instrumentos y materiales empleados para la elaboración del sistema.

Se hace una descripción de la técnica de análisis de Redes Semánticas Naturales que se emplea en forma manual y del sistema computacional realizado para la generación de la matriz de pesos de asociación entre conceptos, que viene a automatizar el proceso y reducir el tiempo empleado para obtener la matriz de pesos drásticamente. Por último se describe el procedimiento

CAPÍTULO 3. MÉTODO

3.1 Tipo de estudio

La presente investigación constituye un estudio de tipo descriptivo de campo y a su vez un estudio de ciencia cognitiva computacional ya que por una parte pretende describir la forma en cómo organizan la información trabajadores del Sorteo Tec sobre “Servicio al cliente” y por otra parte pretende implementar una herramienta computacional de utilidad para la explicación conexionista de integración de información.

3.2 Participantes

Para la elaboración de las redes semánticas el presente estudio tuvo acceso a una muestra de dieciocho empleados del Sorteo Tec, quedando al final del mismo solamente trece empleados. Esta muestra fue suficiente para los propósitos de la presente investigación.

3.3 Instrumentos y materiales

La presente investigación manejó dos tipos de instrumentos. Primero utilizó una técnica para generar redes semánticas de definiciones de individuos. Por otra parte, se usó un sistema computacional desarrollado para la creación de una base de datos que permitiera la generación de la matriz de valores de asociación entre conceptos. Se procede primero a describir la técnica de Redes Semánticas y posteriormente el sistema computacional.

3.3.1 La técnica de Análisis de Redes Semánticas Naturales

La técnica de análisis de redes semánticas naturales permite analizar la forma en cómo los individuos tienden a organizar conocimiento sobre un tema. En específico, esta técnica provee índices numéricos de organización de información en la memoria, como densidad semántica de la información y riqueza de red.

La técnica consiste en lo siguiente:

- a) Se convoca a los participantes en un salón y se les proporciona un grupo de hojas que contienen instrucciones sobre el estudio, un ejercicio sobre cómo definir conceptos sobre un esquema de conocimiento y, finalmente, 20 conceptos a definir pertenecientes a un esquema de conocimiento de interés en el estudio.
- b) Cuando el alumno empieza la tarea de definir conceptos, se le solicita escribir, durante un tiempo determinado, todas aquellas palabras (definidores) que crea que mejor definen al concepto sobre el cual se está trabajando; es importante aclararles que deben de escribir palabras y no frases a menos que, para formar un concepto, sea indispensable escribir más de una palabra. Una limítrofe importante es el tiempo. Se les proporciona igual cantidad de tiempo para cada concepto y deben dejar de escribir cuando éste termina; sin embargo, si les sobra tiempo y ya terminaron de escribir todos los definidores, no deben de continuar con el siguiente concepto hasta que se les dé la indicación. En general, se les proporciona un tiempo de 90 segundos por cada concepto a definir. Esto es así debido a que si se les proporcionan mayor tiempo los participantes tienden a proporcionar asociaciones libres más que definiciones.

- c) El siguiente paso es ponderar cada uno de los definidores escritos de acuerdo a la importancia como concepto definidor del concepto a definir; se pondera con 10 al definidor que mejor describe el concepto y con 1 al que menos lo describe.
- d) Cuando los alumnos terminan de escribir los definidores de cada concepto y su ponderación, se recogen los materiales y se procede a tabular índices de organización de información.

La tabulación tiene como objetivo obtener los índices de información semántica sobre cada uno de los conceptos como se muestra en la Figura 14:

	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	M
ANIMAL	5	1	1			4					87
GRACIOSO	2	1	1			2					47
CACHORRO	2	2				4					58
BONITO		2			1						25
COLA	3	1		1		2					56
NOBLE	1	1	1	1			1				38
GUARDIÁN						2	2		1		20
PEQUEÑO			1			1	1				17
GRANDE					1		1				10
LADRA	9					1					95
BRINCA					1		3				18

J = 85

G = 6.5

GRUPO SAM

DEFINIDOR	M
1. Ladra	95
2. Animal	87
3. Cachorro	58
5. Cola	56
6. Cuadrúpedo	53
7. Gracioso	47
8. Noble	38
9. Inteligente	35
10. Juguetón	30

Figura 14. Cómputo de índices de valores de organización semántica

1. Valor J: Es el número total de definidores. Esta es una medida de la riqueza de red asociada al concepto a definir.
2. Valor M: Es la suma de las ponderaciones asignadas para cada uno de los definidores de cada uno de los conceptos. Esta es una medida de la relevancia de cada concepto como un definidor del concepto meta. Por ejemplo, el valor M del definidor ANIMAL se computa multiplicando:

$$(5 \times 10) + (1 \times 9) + (1 \times 8) + (4 \times 5) = 87$$

3. Grupo SAM: Es el grupo de los 10 definidores con los valores M más altos para cada concepto a definir. Este es el grupo de los 10 definidores que mejor construyen el significado del concepto meta en una red.

Posterior a este análisis es necesario realizar la obtención de más valores tal y como se ilustra en la Figura 15:

1. Valor G: Es la diferencia entre el menor y el mayor valor M en el grupo SAM dividido entre 10 (que es la cantidad de definidores en el grupo). Esta es la medida de la cercanía de los 10 valores M en cada grupo SAM. Valores G pequeños indican gran densidad semántica en los grupos y valores G altos indican poca densidad semántica (mucha distancia entre conceptos) en el grupo de definidores.
2. Valor FMG: El porcentaje de ponderación correspondiente al valor M de cada definidor en el grupo SAM, con respecto al valor más alto de M en el Grupo. Para calcular el valor FMG de cada definidor en cada grupo SAM. El definidor que tiene el valor M más alto, siempre corresponderá al 100%, de tal manera que $FMG_1 = 100$. El valor FMG_2 , será para el segundo definidor con el mayor M más alto y se calculará de la siguiente forma:

$FMG_2 = M_2 * 100/M_1$, para calcular el tercer valor se hará $FMG_3 = M_3 * 100/M_1$ y así sucesivamente. Nótese que el valor FMG nos permite luego computar una distancia estandarizada entre el definidor con valor M más alto con respecto a los otros. El valor G es el factor de estandarización de la diferencia.

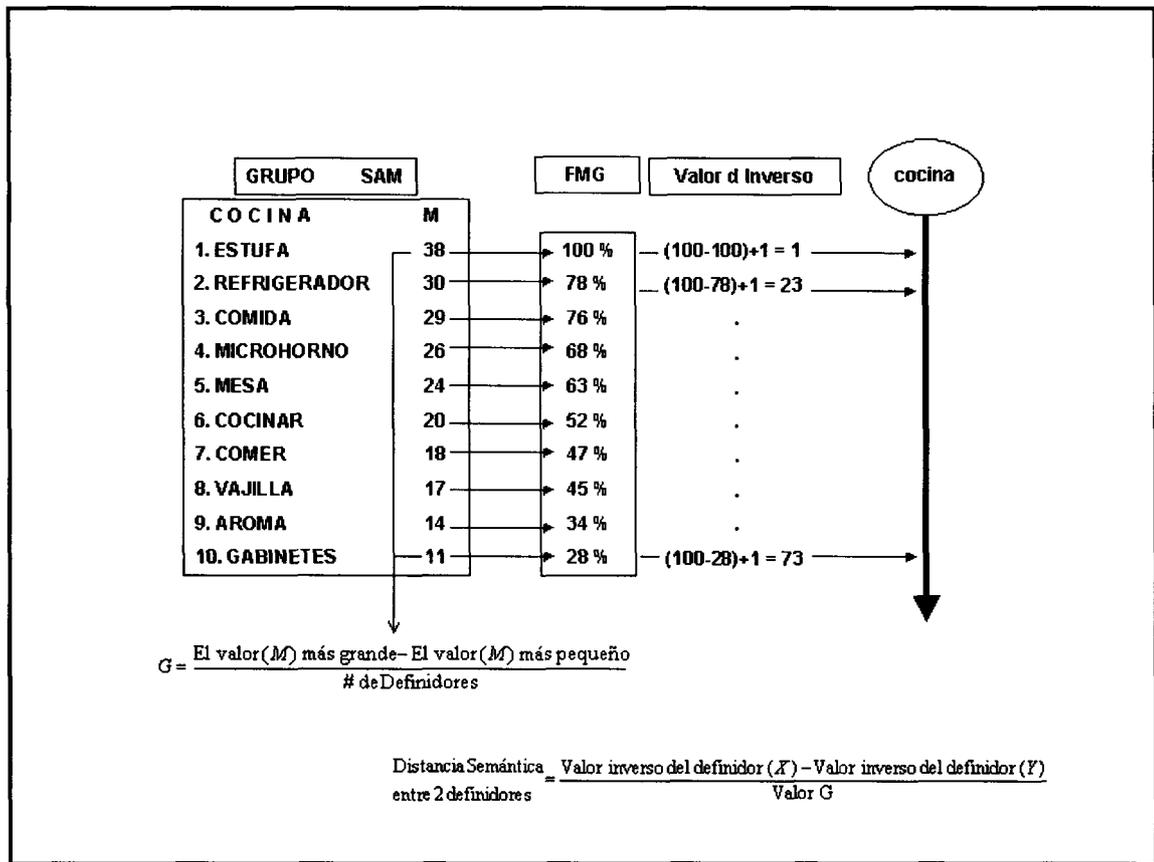


Figura 15. Valores necesarios para calcular Distancia Semántica

3.3.2 El sistema computacional para la generación de la matriz de pesos de asociación entre conceptos

El sistema cuenta con tres módulos: A) Módulo Estudiante; B) Módulo Profesor y C) Módulo Administrador. Las pantallas de los módulos en ejecución se pueden ver en el Anexo B.

A) Módulo Estudiante. En este módulo se realiza, básicamente, el trabajo crudo de dar de alta los conceptos definidores que llenarán la base de datos que posteriormente se analizará. Para iniciar el Test o la captura de los definidores, previamente tiene que leer unas instrucciones que son aportadas en un documento al cual hace una llamada para que las despliegue en la pantalla. Una vez leídas las instrucciones y hechas las preguntas pertinentes al encargado del test, procede a dar de alta los definidores, según el concepto en cuestión.

B) Módulo Profesor. Este módulo es para dar de alta los 20 conceptos más representativos, a juicio de expertos, del esquema a analizar. Semejante al Módulo Estudiante, permite visualizar y editar los conceptos almacenados.

C) Módulo Administrador. En él se realiza el trabajo computacional que ahorra días de ardua labor. Permite visualizar la base de datos con los conceptos definidores dados por la o las personas a las que se les aplicó el test. Además, realiza la compactación de los datos semejantes en un solo definidor. Una vez compactados los datos se procede a realizar los grupos SAM's. Una vez hechos, se genera la matriz de pesos de asociación entre conceptos para obtener los valores de los pesos que servirán de base para la red neural.

La función principal de obtener la matriz de pesos de asociación es para que sirva de base a una red neural que realizará los análisis para obtener los conceptos claves para la organización del esquema conexionista de las redes semánticas naturales obtenidas. La aplicación de la matriz de pesos en la red neural es un tema que está fuera del alcance de esta investigación, sin embargo, se alcanzó a realizar

un intento por hacer que se ejecute el programa de la red neural con los pesos de la matriz de asociación de conceptos. En el capítulo de resultados se presentará como un agregado los datos obtenidos del intento de ejecución de la red neural.

3.4 Procedimiento

La base de datos usada para construir las redes semánticas naturales en esta investigación se obtuvieron de una investigación elaborada en Sorteó Tec.

Como primer paso de este estudio se convocó a los participantes en la sala de capacitación de la organización de Sorteos Tec y se les explicó en qué consistiría la prueba de redes semánticas.

Previamente se había tenido cita, por separado, con tres expertos en el tema Servicio al Cliente a los cuales se les solicitó hacer una red semántica sobre el tema para obtener los 20 conceptos, que a su criterio, eran los más relevantes dentro del tema. Estos conceptos son los usados en el estudio.

El análisis de redes semánticas se realizó sobre los estudiantes después del curso sobre Servicio al Cliente para ver cómo integraron conocimiento del mismo.

Las redes semánticas naturales obtenidas sirvieron de base para la simulación del modelo conexionista de esquema de conocimiento de la presente investigación.

En el caso de la construcción de la red neural, los valores de asociación entre conceptos se computan siguiendo una derivación de la fórmula bayesiana para computar co-ocurrencia de dos eventos. Esto se describe gráficamente en la Figura 16 que se muestra en la página siguiente.

La fórmula que se muestra en la figura 16 trata de computar la forma en que pueden co-ocurrir dos conceptos definidores en los grupos SAM. Por ejemplo ¿cuál es la probabilidad de que cuando X_j aparezca en un grupo SAM X_i no aparezca?

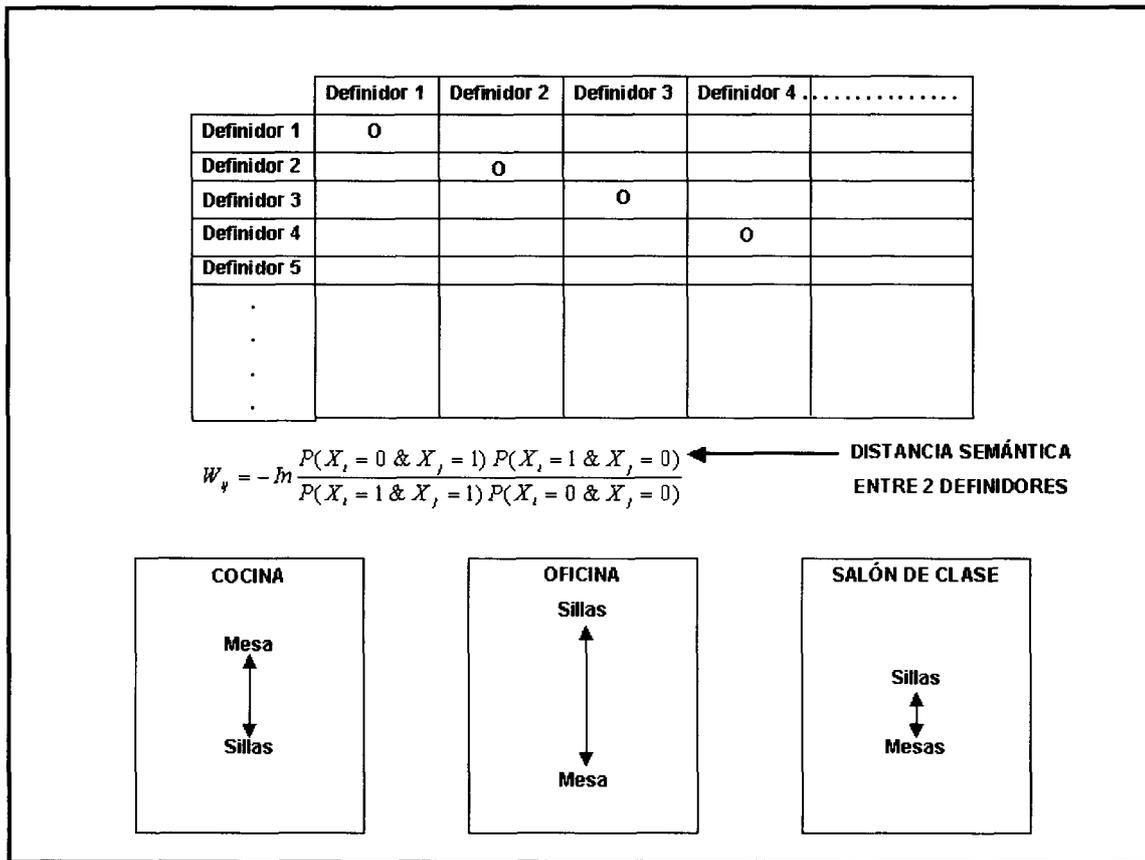


Figura 16. Valores de asociación entre conceptos para la matriz de pesos de la red neural

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En este capítulo se comenta los resultados obtenidos de automatizar la técnica de obtención de la matriz de pesos de asociación entre conceptos. Además, como un apartado especial, se muestran los comentarios de intentar ejecutar la red neural con la matriz de pesos obtenida con el sistema computacional.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1 Sobre el sistema computacional para la generación de la matriz de pesos de asociación entre conceptos

Un análisis de la matriz de pesos de asociación para la red semántica antes y después del curso, denominado “Servicio al Cliente”, puede ser observado a través de una gráfica de superficie de ambas matrices y que se describe en la Figura 17. De estas gráficas se desprende primero que la interconectividad entre conceptos definidores de los grupos SAM's aumentó después del curso. Esto se puede determinar del hecho de que en la primera prueba existían sólo 25 definidores comunes a 41 definidores en la segunda prueba. En las gráficas de superficie mayor interconectividad significa mayor número de picos. Las zonas planas representan valores negativos cercanos a cero. Las partes cercanas a las bases de los picos corresponden al valor cero. Nótese que existe una gran cantidad de negatividad en las matrices. De acuerdo a López (López, 1996) dicha negatividad permite a la red discriminar apropiadamente los estímulos de activación. En el caso de las matrices de conectividad de servicio al cliente, aún y cuando la negatividad de la matriz de la segunda prueba disminuyó de $-113,095.75$ (sumatoria de todos los valores de la matriz) a $-111,610.02$ (diferencia de $1,485.72$); gran cantidad de los valores de la matriz sigue siendo negativa. La Figura 18 muestra que la proporción de valores positivos de asociación antes y después del curso no excede de un 10 % de la conectividad total de las matrices.

El sistema computacional generador de las matrices de pesos de asociación anteriores se logró elaborar en un tiempo de 160 horas. Se pueden ver las pantallas del sistema en ejecución en el Anexo B.

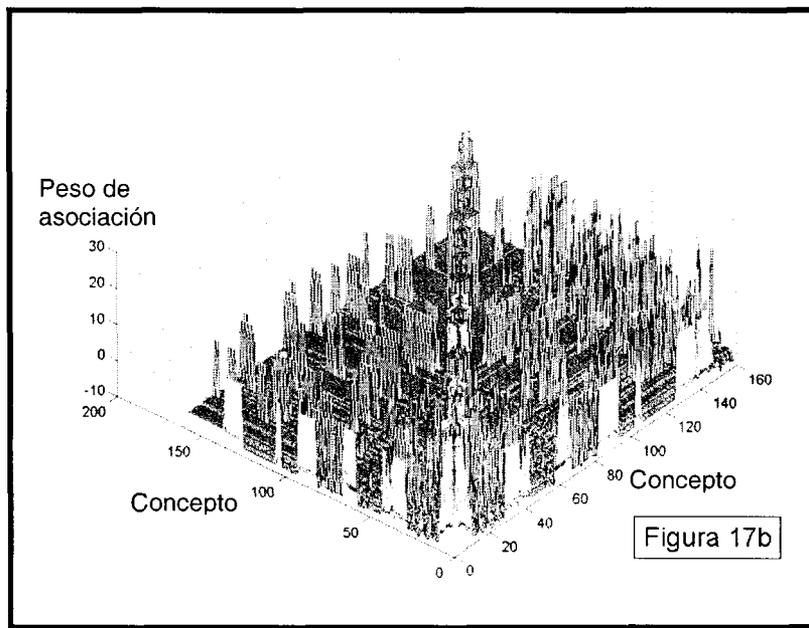
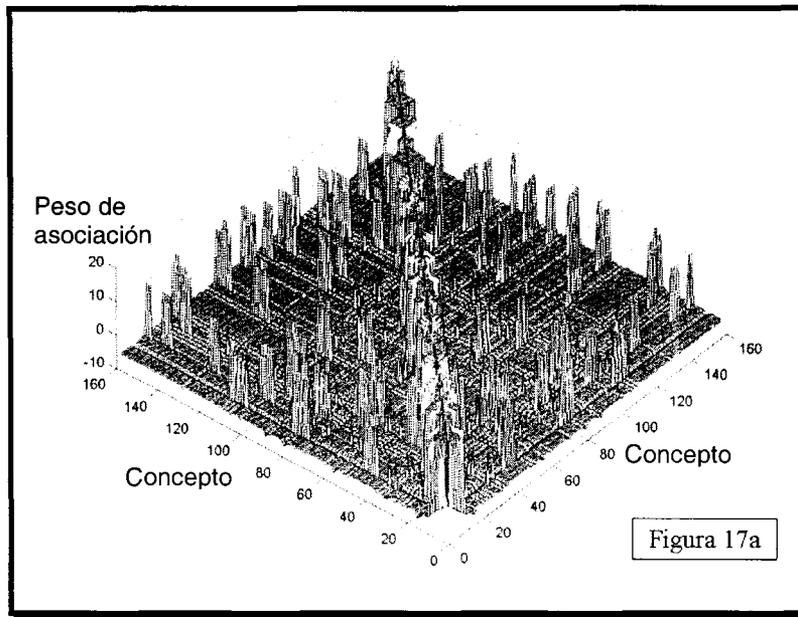


Figura 17. Diferencia de interconectividad en la red semántica de los empleados de Sorteó Tec antes (A) y después (B) del curso de Servicio al Cliente

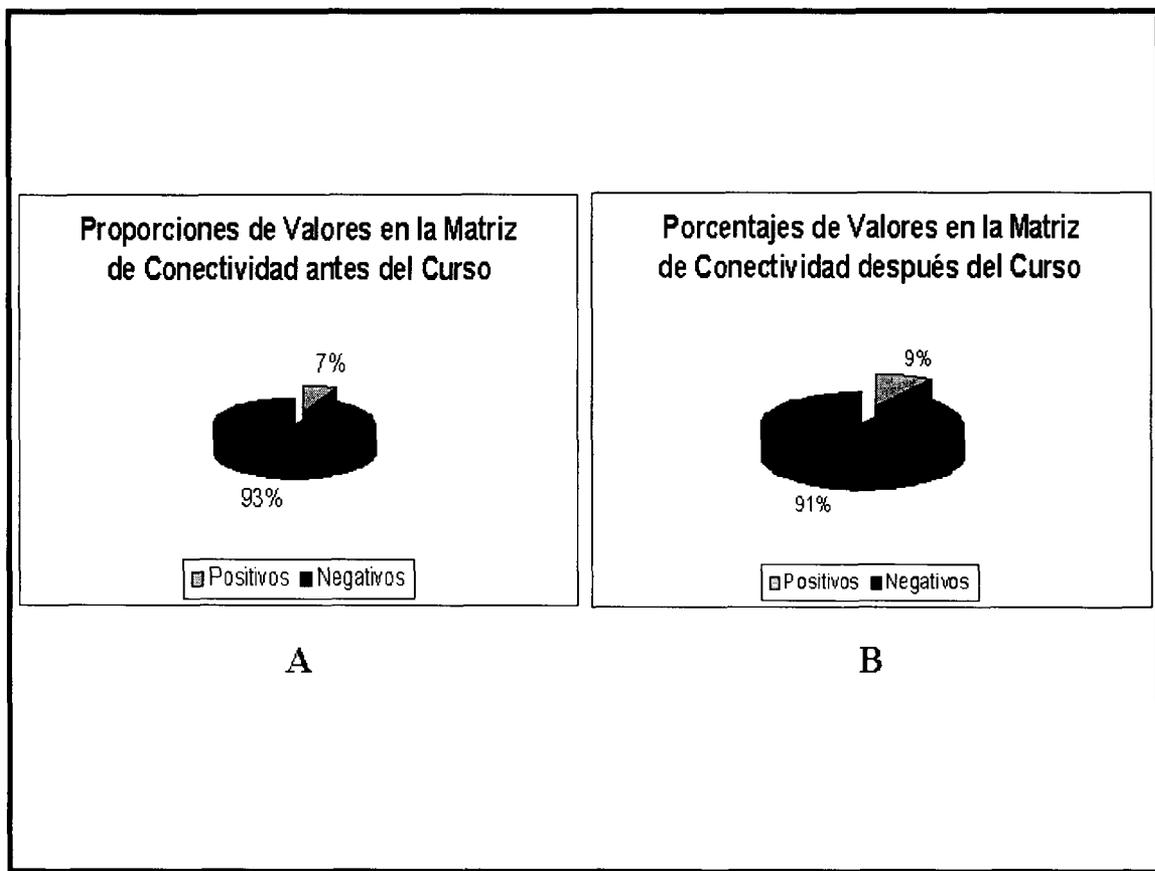


Figura 18. La proporción de valores positivos con respecto a los negativos fue que en ambos casos los primeros no excedieron un 10 %

4.2 Sobre el intento de ejecutar la red neural con la matriz de pesos de asociación entre conceptos obtenida del sistema computacional

Dado que la finalidad de esta tesis era cubrir el área de automatizar la técnica de análisis de redes semánticas naturales a través de un sistema computacional, no se profundizó en la cuestión de hacer pruebas con la red neural hecha por Rumelhart et al. en 1986. Aún así, se hizo una prueba de ejecución con la matriz de pesos de asociación arrojada por el sistema computacional.

Dentro de esta corrida, se descubrieron algunos aspectos muy interesantes. A saber:

- El sistema no soportó la matriz de 159 x 159 valores, obtenida de los datos tomados de los participantes de la investigación antes de llevar el curso “Servicio al Cliente”; lo cual impidió obtener una simulación de la red semántica.
- Se intentó con la matriz de pesos de asociación obtenida de los participantes una vez que llevaron el curso “Servicio al Cliente”. La matriz tiene un tamaño de 153 x 153 valores. De nuevo al red no soportó el tamaño de la matriz.
- Previamente se habían ejecutado pruebas por Rumelhart et al. Sobre este programa con un tamaño de 40 x 40 descriptores en 1986. Posteriormente Schvanelveldt aplicó el mismo tamaño de matriz en su investigación realizada en 1990. Por último, López y Theios aplicaron una matriz de pesos de 70 x 70 (en 1996) sin tener algún contratiempo con el sistema de Rumelhart et al.
- Esto hace ver que el campo de investigación sobre esta área está abierto para aquellos que deseen perfeccionar el sistema de Rumelhart et al. y poder ampliar lo que en esta investigación se inició: la automatización de la técnica de análisis de redes semánticas naturales a fin de llevar los pesos de la matriz de asociación al modelo computacional que se encargará de identificar los conceptos principales dentro del esquema de conocimiento y hacer

simulaciones para conocer efectos de reajuste de las ligas de asociación entre cada uno de los definidores que conforman la red.

- Un paso aún más lejos es la creación de un sistema que pueda comunicar los la red neural a un modo gráfico de manera que se pueda observar el mapa conceptual en la pantalla del monitor de una computadora.

Otros detalles más particulares son comentados en el capítulo siguiente, sobre conclusiones y discusiones.

En este capítulo se abordan los resultados obtenidos bajo la luz del marco fundamenta. Se analizan dos casos en concreto: sobre el comportamiento de la red neural y sobre la forma computacional de automatizar la producción del sistema neural para fines educativos y científicos.

Además, se hacen comparaciones sobre los tres aproximaciones en base a sus respectivas gráficas de pesos de asociación y se validan las hipótesis planteadas originalmente.

Por último, se dan unas recomendaciones sobre mejoras al sistema computacional creado y sobre el sistema de red neural de Rumelhart et al.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

5.1 Conclusiones

A continuación se presentan dos tipos de conclusiones. Una referida al comportamiento de la red neural y otra referida a la forma computacional de automatizar la producción de este tipo de sistemas neurales para el uso educativo. Para esto, dichas discusiones se centran sobre cómo los resultados se asocian al problema, objetivos e hipótesis de investigación.

Como se ha señalado anteriormente una discusión central en las redes neurales que producen comportamiento de esquema es el desbalance existente en la positividad/negatividad de los valores de asociación de los nodos ya que como asegura Schvaneveldt (Schvaneveldt, 1990) solo un balance apropiado entre positividad y negatividad de los pesos de asociación garantiza el funcionamiento correcto de la red neural. Por ejemplo, obsérvese la Figura 19 donde dos gráficas de superficie de matrices de conectividad son presentadas.

La Figura 19a muestra valores del modelo de Rumelhart et al. (obtenida de McClelland y Rumelhart, 1988) y la Figura 19b muestran valores del modelo SASO de López y Theios (López y Theios, 1992). La matriz de Rumelhart et al. muestra una superficie con valores cercanos a cero (0), esto indica que los descriptores tienden a aparecer de una forma independiente a través de varios conceptos a definir. Por otra parte, la matriz SASO muestra valores altamente positivos y negativos rodeados por muchos valores cercanos a cero (0).

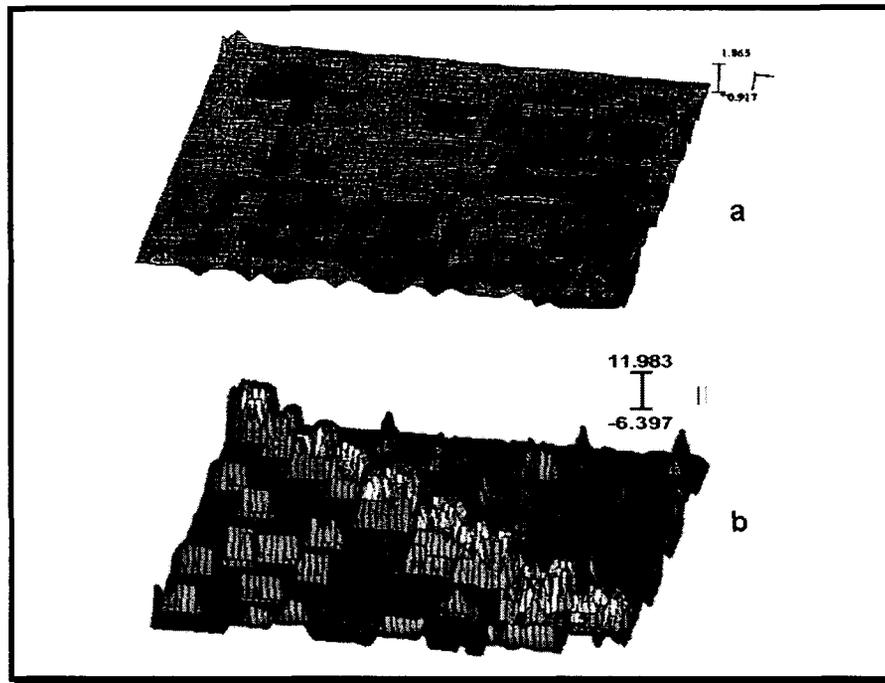


Figura 19. Diferencia de valores negativos y positivos entre el modelo (a) de Rumelhart et al. (Rumelhart et al., 1986) y el de SASO (b) de López y Theios (López y Theios, 1992)

Esto es en general un indicador de que los definidores conceptuales de los participantes tienden a aparecer y desaparecer conjuntamente en grupos SAM's. En otras palabras, la mayoría de los conceptos definidores de un grupo SAM no aparecen en otros grupos SAM's. Además recordemos que un índice que describe qué tan bien están interconectadas las definiciones conceptuales en un campo de conocimiento son los definidores comunes. Por lo tanto, una diferencia mayor entre el modelo SASO y el de Rumelhart et al. es que en el caso de SASO los participantes agruparon los conceptos definidores con baja interconexión a través de los grupos SAM's. López (López, 1996) asegura que dicha falta de interconectividad representa una realidad psicológica necesaria para la propia discriminación de un estímulo entrante a la red neural. Para ilustrar esto, López presenta una matriz de

conectividad de un campo de conocimiento altamente estructurado como es en el caso de las matemáticas, la cual se presenta en la Figura 20. La matriz fue obtenida de 20 conceptos de geometría presentados por tres maestros de una preparatoria. A criterio de estos maestros los conceptos están esquemáticamente interrelacionados y son necesarios para poder pasar el curso. Después 64 estudiantes de una escuela proveyeron los conceptos para la matriz. Lo que es más representativo de la figura de esta matriz es que aún en campos de dominio bien estructurados como es el caso de la geometría no existe alta interconectividad entre definiciones conceptuales.

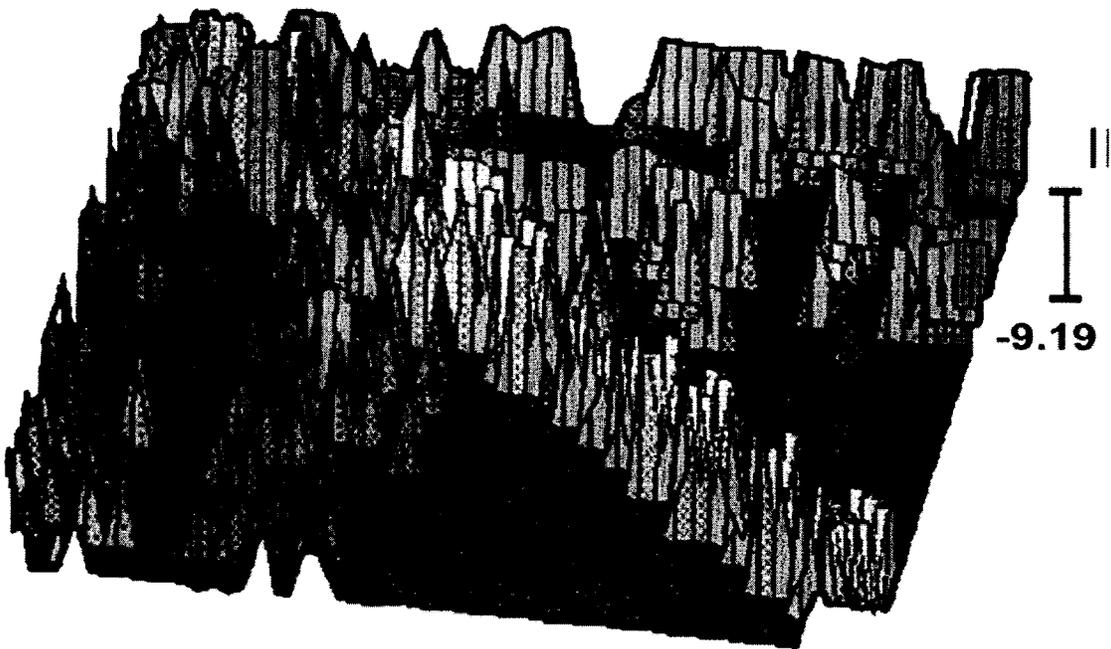


Figura 20. Aún en áreas de conocimiento altamente interconectado como la Geometría, existe una gran conectividad negativa

Por otra parte, López forzó la interconectividad entre conceptos de una forma artificial. Por ejemplo, definidores de un grupo SAM estaban conectados a otro grupo SAM a través de un o unos definidores comunes. De esta forma la distancia de un

definidor de un grupo SAM a otro se componía de la distancia del mismo al definidor común más la distancia del definidor común al definidor del otro grupo SAM. Al elevar la interconectividad por sólo un concepto con respecto los demás, la red empieza a perder capacidad de discriminación.

En el caso de esta investigación nótese que la alta negatividad de las matrices se mantiene antes y después del curso. Aunque es cierto que aumentó la interconectividad entre conceptos después del curso, la disminución de negatividad no es mucha, solamente una diferencia de 1,485 unidades. Como se mostró en las gráficas circulares, las asociaciones positivas sólo ocupan menos del 10 % de la conectividad. Como se puede observar, este fenómeno de poca interconectividad se repite constantemente a través de diferentes campos de conocimiento, lo cual apoya la validez psicológica del fenómeno de discriminación por interconectividad negativa.

Una de las limitaciones principales de la técnica de Figueroa (Figueroa, 1981) para la generación de redes semánticas naturales es su generalidad. Aquí el problema radica en que la organización conceptual obtenida por esta técnica de un grupo de participantes puede no ser la misma que la de otro grupo de participantes en otro lugar del país con otro contexto. Esto sugiere que si en realidad esta técnica va a ser utilizada para el análisis de organización semántica de un campo de conocimiento en nuestro país, entonces es necesario hacer un muestreo con una "n" muy alta. Esto impone una limitación muy fuerte en el uso de la técnica ya que el hacer a mano una matriz de 70 x 70 definidores conceptuales lleva un tiempo de un mes y medio trabajando 8 horas diarias dos personas. Como se mencionó en los resultados, el sistema aquí presentado toma solamente 60 minutos para procesar una matriz de 159 x 159 definidores conceptuales. Variaciones de tiempos de procesamientos son esperadas dependiendo de la complejidad de interconexión

entre conceptos si en realidad este sistema puede ser escalable o no a una demanda para la generalización. Al contexto de nuestro país es todavía no predecible ya que por falta de recursos computacionales no fue posible ver la escalabilidad de la base de datos para cómputos de esta magnitud.

En general, dado lo anterior, podemos concluir que con respecto a la hipótesis de sí la técnica de redes semánticas naturales no genera una asociación de conceptos balanceada se confirma por los datos de la red semántica de servicio al cliente lo que por un lado confirma que esta técnica de generación de redes semánticas es constante en los resultados que produce y por otro lado apoya a la validez del fenómeno psicológico encontrado.

Con respecto a la segunda hipótesis de esta investigación, los datos confirman que la organización conceptual de un esquema conexionista SASO es cualitativamente diferente al modelo de Rumelhart et al. Aquí el modelo de SASO produce valores mucho más altos que el modelo de Rumelhart et al., lo cual permite un mayor contraste entre valores negativos y positivos y por tanto, una mejor ejecución discriminatoria. Sin embargo, los valores de activación de los nodos de la red no son modulados. Esto es, en el modelo SASO cuando se estimula un nodo la respuesta de los demás conceptos asociados por un esquema responden con solamente dos valores: 100 y 0. Esto es una limitación a este tipo de estudios ya que no permite diferenciar aquellos conceptos que están más asociados a un esquema que otros. Si el propósito de la investigación es el de escoger el definidor más relevante para un esquema, entonces este modelo no es el más apropiado. Tendría que implementarse un mecanismo que permita modulación de valores de la red que no oscilaran en extremos muy separados.

Con respecto a la tercera hipótesis de esta investigación, esta se mantiene ya que el sistema computacional usado (generado en Visual Basic versión 5) permite al usuario capturar y generar una matriz de conectividad de 159 x 159 conceptos definidores en un solo día. Asumiendo que se tiene la definición de los expertos. Sin embargo, una limitación presente en este sistema es que trabaja sólo en plataforma para PC con Windows 95, 98 o NT. Si en realidad se desea una base de datos escalable para una generalización mayor, abarcando diferentes ciudades, se tendría que operar bajo un ambiente Unix e Internet. Aquí el detalle sería que se estaría trabajando con CGI's² y formas de HTML (Hyper Text Markup Language) o Flash³ para la captura de los datos, además de estar soportado por un lenguaje SQL, PERL o C (de los más principales y genéricos). Se tendría que contar con una plataforma con ODBC⁴ para el manejo de los datos. Esto permitiría en un futuro que dicha implementación pueda ser usada por un usuario para consultar una base de datos de organización esquemática sobre un dominio de conocimiento de cualquier parte del país. Por otra parte, este usuario autorizado puede anexar su propia contribución a la base de datos sobre un campo de conocimiento dado.

5.2 Recomendaciones

En cuanto al sistema producido para el manejo de los datos, las recomendaciones son las siguientes:

- En el Módulo Estudiante se puede mejorar para que el cambio de concepto lo haga en forma automática al término de un minuto y medio y no en

² CGI: Término empleado por programadores de WEB que significa Interfaz Común de Puerta de Enlace (por sus siglas en inglés, Common Gateway Interface; Weinman, 1996).

³ Software diseñado por Macromedia para elaboración de presentaciones de información en WEB con interface dinámica e interactiva.

⁴ Estándar de Windows que proporciona acceso a bases de datos (Conexión entre base de datos abierta, Open Database Connectivity); Groff y Weinberg, 1998

forma manual está actualmente, además de permitir que muestre los conceptos definidores y valores M que haya ingresado a la base de datos para cuestiones de una mejor presentación y entendimiento del sistema.

- En el Módulo Administrador se requieren mayores cambios para un mejor proceso e interface de usuario, a saber:
 1. Agregar un botón para que se pueda ir al inicio de la tabla de datos desde cualquier posición.
 2. Agregar un proceso para ir a un registro determinado desde cualquier posición.
 3. Mejorar el proceso de búsqueda, dado que actualmente busca un concepto que se le solicite empezando desde el registro 1 hasta el último registro. Si lo encuentra, lo muestra, pero si deseamos saber si existe otro u otros conceptos idénticos dentro de la tabla de datos presionando de nuevo búsqueda, sólo muestra el mismo registro ya que la búsqueda siempre la inicia en el registro 1 y se detiene en el registro donde cumpla con la restricción o filtro. La modificación estaría orientada en solicitar una búsqueda a partir del registro en que se encuentra hacia adelante o hacia atrás, así se mejoraría el sistema.
 4. Agregar un botón de impresión de los registros de la tabla de datos según los campos que se desean conocer.
 5. En el proceso de Generar los grupos SAM's, la mejora está orientada a permitir grabar o salvar las actividades realizadas por el sistema en un archivo tipo texto o imprimirlas directamente una vez

que las haya concluido, así como el tiempo en que inició la actividad y el tiempo de finalización de la actividad.

6. En el proceso Genera Matriz de Pesos, las modificaciones son de tipo estético: que las cabeceras de las columnas y renglones tengan títulos para mejor vista y comprensión de los resultados; y que se pueda hacer una copia y pegado de los resultados mostrados en la cuadrícula del sistema para hacer más amigable el empleo de los resultados y transportarlos de forma fácil a una hoja de cálculo (Excel, Dbase, Oracle, Lotus, etc) o a un documento de texto (sea Word, Notepad, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

(Alba, J. W. y Hasher, L., 1983). Is memory semantic? Psychological Bulletin, Vol. 93, (2), 203-231.

(Anderson, J. R., y Bower, G. H., 1973). Human associative memory. New York: Winstosn.

(Anderson, J. R., 1976). Language, Memory, and thought. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

(Anderson, R. C. y Pichert, J. W., 1978). Recall of previously unrecallable information following a shift in perspective. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 17, 1-12.

(Anderson, J. R., 1983). The architecture of cognition. Cambridge. MA: Harvard University Press.

(Anderson, J. R., 1990). Cognitive psychology and its implications. (tercera ed.). USA: W.H. Freeman and Company: New York.

(Anderson, N. H., 1991). Schemas in person cognition. In: N. H. Anderson (Ed.). Contributions to information integration theory. Vol. 1: Cognition. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

(Atkinson, R. C. y Shiffrin, R. M., 1980). The control of short term memory. En: Rita, L. Atkinson, y Richard, C. Atkinson. Mind and Behavior. Scientific American: Freeman.

(Balota, D.A., Flores d'Arcais, G. B. y Rayner, K., 1990). Comprehension processes in reading. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum.

(Bartlett, F. C., 1932). Remembering. Cambridge: Cambridge University Press.

(Brachman, R. J., 1977). What's in a concept: Structural foundations for semantic networks. International Journal of Machine Studies, 9, 127-152.

(Brandsford, J. D., y Johnson, M. K., 1973). Considerations of some problems of comprehensions. In W.G. Chase (Eds.), Visual Information Processing. New York: Academic Press.

(Calvin, H. W., 1998). Competing for consciousness: A Darwinian mechanism approach at an appropriate level of explanation. Journal of Consciousness Studies

(Collins, A. M., y Quillian, M. R., 1969). Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 8, 240-247.

(Collins, A. M. y Loftus, E. F. A., 1975). A spreading activation theory of semantic processing. Psychological Review, 82, (6), 407-428.

- (De Vega, M., Carreiras, M., Gutierrez, C., Quecuty, M. L. A., 1990). Lectura y comprensión: Una perspectiva cognitiva. Madrid, España: Alianza Psicología
- (De Vega, M., 1992). Introducción a la psicología cognitiva. México, D.F.: Alianza Editorial.
- (Dodd, D. H., y White, R. M., 1980). Cognition: Mental instructures and processes. Boston: Allyn and Bacon.
- (Feldman, J. A., 1988). Connectionist models and their implications: Readings from cognitive science. Norwood, New Jersey: Alex Publishing Corporation.
- (Figuroa, J. G., Gonzales, G. E., Solis, V. M., 1975). An approach to the problem of meaning: Semantic networks. Journal of Psycholinguistic Research, 5 (2), 107-115.
- (Figuroa, J. G., Gonzales, G. E., Solis, V. M., 1981). Una aproximación al estudio de las redes semánticas. Revista Latinoamericana de Psicología, 13, 447-458.
- (Graesser, A. C., y Nakamura, G. V., 1982). The impact of a schema on comprehension and memory. In G. Bower (Ed.) The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory .Vol. 16. New York: Academic Press.
- (Groff, James R. y Weinberg, Paul N., 1998). Guía de SQL, Incluye SQL2. Nueva York: Osborne-McGraw Hill.

- (Hinton, G. E., y Anderson, J. A., 1981). Parallel models of associative memory. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- (Hinton, G. E., y Sejnowsky, T. J., 1983). Optimal perceptual inference. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision Pattern Recognition, 448-453.
- (Holley, C.D., y Danserau, D.F., 1984). Networking: The technique and the empirical evidence. En: Charles, D. Holley, y Donald F. Danserau. Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues. New York: Academic Press.
- (Holley, C.D., y Danserau, D.F., 1984). Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues. New York: Academic Press.
- (Hopfield, J. J., 1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. Proceedings of the National Academy of Science, 79, 2554-58.
- (Imbert, M., Betrison, P., Kempson, R., Osherson, D., Schnelle, H., Streitz, N., Thomassen, A., y Viviani, P., 1987). Cognitive science in Europe: A report from the fast programme of the comision of the European Communities. New York: Springer Verlag.
- (Johnson, R. C., y Brown, C., 1988). Cognizers: neural networks and machines that think. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- (Kintsch, W. and Mross, E., 1985). Context effects in word identification. Journal of Memory and Language, 24, 336-349.
- (Lachman, R., Lachman, J. L., y Butterfield, E. C., 1979). Cognitive Psychology and information processing: An introduction. Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- (Lenneberg, E. H., 1981). Fundamentos biológicos del lenguaje. Segunda reimpresión. Madrid, España.
- (Lindsay, P. H., y Norman, D. A., 1977). Human Information Processing: An introduction to Psychology. New York: Academic Press
- (Lopez, E. O. y Theios, J., 1992). Semantic analyzer of schemata organization (SASO). Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 24(2), 277-285.
- (López, E. O. y Theios, J., 1996). Single word schemata priming: A connectionist approach. The 69th Annual Meeting of the Midwestern Psychological Association, Chicago, IL.
- (Loftus, G. R., y Loftus, E. F., 1976). Human memory. New York: Willey and Sons.
- (Luria, A. R., 1983). La mente del nemónico. México, D.F.: Trillas
- (Mars, D., 1982). Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information. New York: Freeman.

(Mayor, J., Suengas, A., y González, M. J., 1995). Estrategias metacognitivas: Aprender a aprender y aprender a pensar. Madrid, España: Editorial Síntesis.

(McClelland, J. L., Rumelhart, D. E. y el grupo PDP, 1986). Explorations in the microstructure of cognition. Volume 2: Psychological and Biological models. Massachusetts: MIT Press.

(McClelland, J. L. y Rumelhart, D. E., 1988). Explorations in parallel distributed processing: A handbook of models, programs and exercises. (pp. 50-81, 321-329). Massachusetts: MIT Press.

(Minsky, M., & Papert, S., 1969). Perceptrons. Cambridge, MA: MIT Press.

(Minsky, M., 1975). Frame System Theory. En: R. C. Schank, y B. L. Newbber (Eds): Theoretical issues in natural language processing. Pre-impresión de una conferencia en el MIT (Junio, 1975).

(Neely, J. H., 1991). Semantic priming effects in visual word recognition: A selective review of current findings and Theories. In D. Besner, and G. W. Humphreys (Eds.), Basic processes in reading: Visual word recognition. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, (pp. 264-336).

(Neisser, U., 1967). Psicología Cognitiva. México, D.F.: Trillas

(Nelson, M. M., y Illingworth, W. T., 1991). A practical guide to neural nets. New York: Addison-Wesley Publishing.

(Patrick, W., 1984). Artificial Intelligence. New York: Academic Press.

(Piaget, J., 1926). La representation du monde chez l'enfant. Alcan, Paris. Translation to the Spanish. España, Madrid.

(Puff, C. R., 1979). Memory organization and structure. New York: Academic.

(Puff, C. R., 1982). Handbook of research methods in human memory and cognition. New York: Academic Press.

(Pylyshyn, Z., 1973). What the mind's eye tells the mind's brain. A critique to mental imagery. Psychology Bulletin, 80, 1, 1-23

(Quillian, R., 1969). The teachable language comprehender: A simulation program and theory of language. Communications of the ACM, 12, 459-476.

(Rumelhart, D. E., y Ortony, A., 1977). The representation of knowledge in memory. In: R. C. Anderson, R. J., Shapiro, and W. E. Montague (Eds). Schooling and the acquisition of knowledge. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.

(Rumelhart, D. E., y Norman, D. A., 1985). Representation of knowledge. En: A. M. Aitkenhead y J. M. Slack (Eds.), Issues in cognitive modeling (pp. 15-62). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.

(Rumelhart, D. E., MacClelland, J. L., and the PDP group, 1986). Parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition. Vol 1. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1986

(Rumelhart, D. E., Smolensky, P., McClelland, J. L. y Hinton, G.E., 1986). Schemata and sequential thought processes. In: McClelland, J.L., Rumelhart, D. E. y the PDP research group. Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition. Volume 2 : Psychological and biological models. Massachussetts: MIT Press.

(Rumelhart, D. E., Smolensky, P., McClelland, J. L. y Hinton, G. E., 1986). Schemata and sequential thought processes in PDP models. En: Parallel distributed processing: Exploration in de microstructure of cognition. Vol. 2: Psychological and biological models. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

(Rumelhart, D. E., 1990). Brain style computation: Learning and generalization. In: S. F. Zornetzer, J.L. Davis, and C. Lau (Eds.). An introduction to neural and electronic networks. New York: Academic Press.

(Schank, R. C. y Ableson, R. P., 1977). Scripts, Plans, Goals and understanding. Hillsdale New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

(Schvaneveldt, R. W., 1990). Proximities, networks, and schemata. In: R. W. Schvaneveldt (Ed.), Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization. Norwood, NJ: Ablex.

(Sharkey, N. E., 1989). The lexical distance model and word priming. The eleventh annual conference of the cognitive science society.

(Solso, R. S., 1995). Cognitive psychology (Fourth ed.). Boston: Allyn and Bacon.

(Solso, R. L., 1997). Cognitive psychology. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.

(Weingardt, K. R., Leonesio, R. J. y Loftus, E. F., 1994). Viewing eyewitness research from a metacognitive perspective. En: Janet Metcalfe y Arthur P. Shimamura. Metacognition: Knowing about knowing. Massachusetts: MIT Press.

(Weinman, W. E., 1996). El Libro de CGI. Nueva York: Prentice Hall

(Wilson, B. G., 1996). Constructing Learning Environments: Case studies in instructional design. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology Publications.

ANEXOS

Anexo A. Resultados de 2 simulaciones por López y Theios

Ejemplo de la pantalla de una simulación por computadora

Concepto destino: EDIFICIO

0	Tiza	0	0	Familia	0	0	Investigación	0
0	Escuela	0	0	Examen	0	0	Probetas	0
0	Sillas	0	0	Escritorio	0	0	Científico	0
0	Enseñar	0	0	Educación	0	0	Sustancias químicas	0
0	Pizarrón	0	0	Salón de clase	0	0	Químico	0
0	Cuadro	0	0	Edificio	0	0	Experimento	0
0	Lugar	0	0	Estudiante	0	0	Caja registradora	0
0	Cielo	0	0	Maestro	0	0	Cliente	0
0	Espacio	0	0	Estancia	0	0	Vender	0
0	Pared	0	0	Bañera	0	0	Frutería	0
0	Horno	0	0	Renta	100	0	Ropa	0
0	Microhorno	0	0	Cocina	100	0	Compras	0
0	Estufa	0	0	Habitación	100	0	Mercancías	0
0	Refrigerador	0	0	Arrendador	100	0	Comprar	0
0	Piano	0	0	Vivir	100	0	Actuación	0
0	Lámpara	0	0	Hogar	100	0	Oscuro	0
0	Cenicero	0	0	Pequeño	100	0	Boleto	0
0	Estéreo	0	0	Casa	0	0	Entretenimiento	0
0	Relajar	0	0	Húmedo	0	0	Juego	0
0	Televisión	0	0	Polvoso	0	0	Personas	0
0	Diván	0	0	Lavandería	0	0	Palomitas de maíz	0
0	Reloj	0	0	Sótano	0	0	Actor	0
0	Personal	0	0	Grada	0	0	Películas	0
0	Privado	0	0	Rascacielos	0	0	Dinero	0
0	Cómoda	0	0	Cemento	0	0	Beber	0
0	Dormir	0	0	Grande	0	0	Silla	0
0	Cama	0	0	Construcción	0	0	Cocinar	0
0	Agua	0	0	Ladrillo	0	0	Mesa	0
0	Toalla	0	0	Ventana	0	0	Servicio	0
0	Lavar	0	0	Mecánicos	0	0	Menú	0
0	Jabón	0	0	Frío	0	0	Comer	0
0	Limpiar	0	0	Sucio	0	0	Camarero	0
0	Espejo	0	0	Podadora	0	0	Comida	0

0	Bañera	0	0	Bicicleta	0	0	Gimnasta	0
0	Ducha	0	0	Herramientas	0	0	Atletismo	0
0	Lavabo	0	0	Puerta	0	♦ ♦	Cuarto	100
0	Inodoro	0	0	Almacenar	0	0	Piso	0
0	Periódico	100	0	Carro	0	0	Trabajo	0
0	Jefe	100	0	Información	0	0	Atleta	0
0	Teléfono	100	0	Revista	0	0	Largo	0
0	Negocio	100	0	Catálogo	0	0	Ejercicio	0
0	Computadora	100	0	Estante	0	0	Basquetbol	0
0	Secretaria	100	0	Biblioteca	0	0	Deporte	0
0	Antojo	0	0	Estudiar	0	0	China	0
0	Silencio	0	0	Plata labrada	0	0	Libro	0
0	Cenar	0	0	Mechero	0	0	Plato	0
0	Ciencia	0	0	Garaje	100	0	Aprender	0

Ejemplo de la pantalla de una simulación por computadora

Concepto destino: RESTAURANTE

0	Tiza	0	0	Familia	0	0	Investigación	0
0	Escuela	0	0	Examen	0	0	Probetas	0
0	Sillas	0	0	Escritorio	0	0	Científico	0
0	Enseñar	0	0	Educación	0	0	Sustancias químicas	0
0	Pizarrón	0	0	Salón de clase	0	0	Químico	0
0	Cuadro	0	0	Edificio	0	0	Experimento	0
0	Lugar	0	0	Estudiante	0	0	Caja registradora	0
0	Cielo	0	0	Maestro	0	0	Cliente	0
0	Espacio	0	0	Estancia	0	0	Vender	0
0	Pared	0	0	Bañera	0	0	Frutería	0
0	Horno	100	0	Renta	0	0	Ropa	0
0	Microhorno	100	0	Cocina	0	0	Compras	0
0	Estufa	100	0	Habitación	0	0	Mercancías	0
0	Refrigerador	100	0	Arrendador	0	0	Comprar	0
0	Piano	0	0	Vivir	0	0	Actuación	0
0	Lámpara	0	0	Hogar	0	0	Oscuro	0
0	Cenicero	0	0	Pequeño	0	0	Boleto	0
0	Estéreo	0	0	Casa	0	0	Entretenimiento	0
0	Relajar	0	0	Húmedo	0	0	Juego	0
0	Televisión	0	0	Polvoso	0	0	Personas	0
0	Diván	0	0	Lavandería	0	0	Palomitas de maíz	0
0	Reloj	0	0	Sótano	0	0	Actor	0
0	Personal	0	0	Grada	0	0	Películas	0
0	Privado	0	0	Rascacielos	0	0	Dinero	0
0	Cómoda	0	0	Cemento	0	0	Beber	100
0	Dormir	0	0	Grande	0	0	Silla	100
0	Cama	0	0	Construcción	0	0	Cocinar	100
0	Agua	0	0	Ladrillo	0	0	Mesa	100
0	Toalla	0	0	Ventana	0	0	Servicio	100
0	Lavar	0	0	Mecánicos	0	0	Menú	100
0	Jabón	0	0	Frío	0	0	Comer	100
0	Limpiar	0	0	Sucio	0	♦♦	Camarero	100
0	Espejo	0	0	Podadora	0	0	Comida	0
0	Bañera	0	0	Bicicleta	0	0	Gimnasta	0
0	Ducha	0	0	Herramientas	0	0	Atletismo	0
0	Lavabo	100	0	Puerta	0	0	Cuarto	100
0	Inodoro	0	0	Almacenar	0	0	Piso	0
0	Periódico	0	0	Carro	0	0	Trabajo	0
0	Jefe	0	0	Información	0	0	Atleta	0
0	Teléfono	0	0	Revista	0	0	Largo	0
0	Negocio	0	0	Catálogo	0	0	Ejercicio	0

0	Computadora	0	0	Estante	0	0	Basquetbol	0
0	Secretaria	0	0	Biblioteca	0	0	Deporte	0
0	Antojo	100	0	Estudiar	0	0	China	100
0	Silencio	0	0	Plata labrada	100	0	Libro	0
0	Cenar	100	0	Mechero	0	0	Plato	100
0	Ciencia	0	0	Garaje	100	0	Aprender	0

Anexo B. Pantallas del sistema computacional en ejecución

Módulo Estudiante:



Figura B1. Pantalla Principal del Módulo de Estudiante

Al iniciar este módulo la persona que contestará el test, lo primero que se le presenta es la opción de ver las instrucciones. Si no da clic en el botón de instrucciones no puede realizar el test, ya que el botón de inicio del test solo aparece una vez que haya leído las instrucciones.

Las instrucciones se encuentran en un documento realizado en Word, y se hace una llamada de este al objeto `rtblInstruc`, el cuál permite que sea desplegado dentro del proceso (ver Figura B2).

Una vez leídas las instrucciones y presionado el botón de OK, la pantalla principal muestra el botón de "Iniciar el Test" para que pueda dar de alta los conceptos definidores (ver Figura B3).

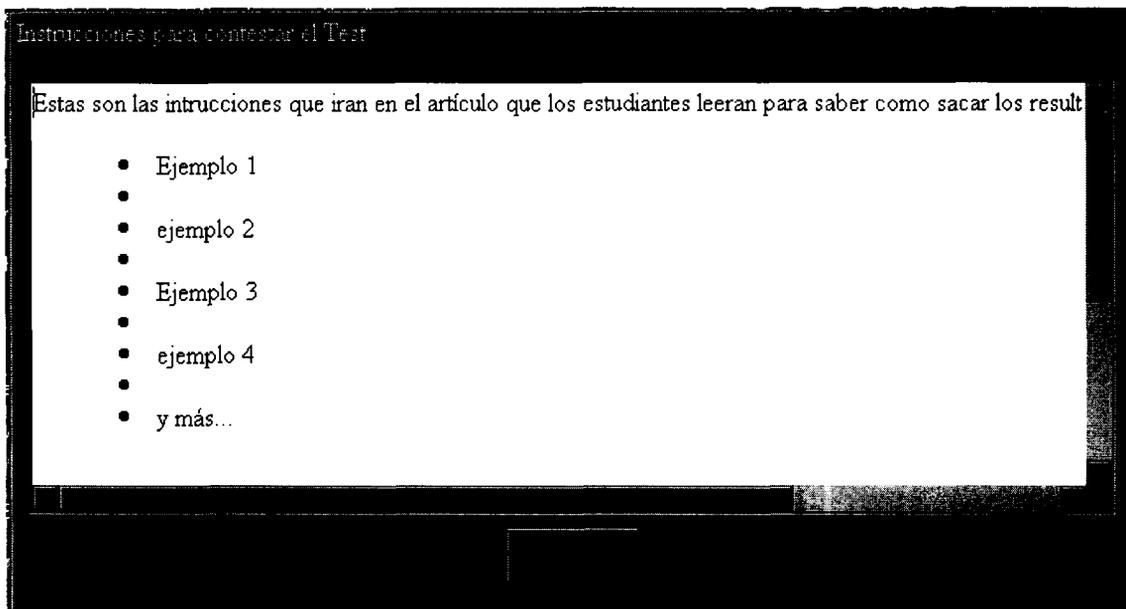


Figura B2. Proceso que muestra las instrucciones



Figura B3. Pantalla Principal con el botón de "Iniciar Test" activado

Una vez que inicie el test, el proceso que trabajará será el que aparece en la Figura B4.

Registro 1/1

Fecha: 21/01/2000

Concepto: Compromiso personal

Definidor:

Valor:

Figura B4. Proceso de llenado de los registros de la base de datos

Una vez que haya llenado todos los registros de los 20 conceptos a trabajar, presiona el botón terminar y por último tiene la pantalla que se muestra en la Figura B5. Cabe hacer notar que en ella sólo está activo el botón de terminar, ya que podría volver a entrar a corregir el test o poner otra idea.



Figura B5. Pantalla Principal del módulo al finalizar el test

Módulo Profesor:

La Figura B6 muestra la pantalla principal del módulo de Profesor, la cual contiene tres botones: Créditos, Abrir base de datos y Terminar



Figura B6. Pantalla Principal del Módulo Profesor

La Figura B7 muestra el contenido del proceso Créditos. En la Figura B8 se muestra una pantalla muy semejante a la Figura B4 del proceso de captura de datos del Módulo Estudiante. La variación es el tipo de registro que se da de alta en cada uno de los módulos.

Los datos que se dan de alta en este módulo ayudarán al Módulo Estudiante a llenar los datos de la otra tabla de datos. Los expertos en el dominio aportarán los conceptos claves del esquema en cuestión.



Figura B7. Créditos del sistema

Registro: 1/20

Fecha: 21/01/2000

ID del Investigador: 569756

Nombre del Investigador: Héctor Alfredo Loya Zapién

Esquema: Servicio al Cliente

Concepto: Dar satisfacción al cliente

--	--	--	--	--	--

Figura B8. Pantalla que muestra los registros de la tabla Schema.Dat

Módulo Administrador:

La Figura B9 muestra la pantalla principal del Módulo Administrador. Cabe hacer notar que este módulo cuenta con un mayor número de procesos agrupados en tres botones: Abrir base de datos, Genera grupo SAM y Genera matriz de pesos.

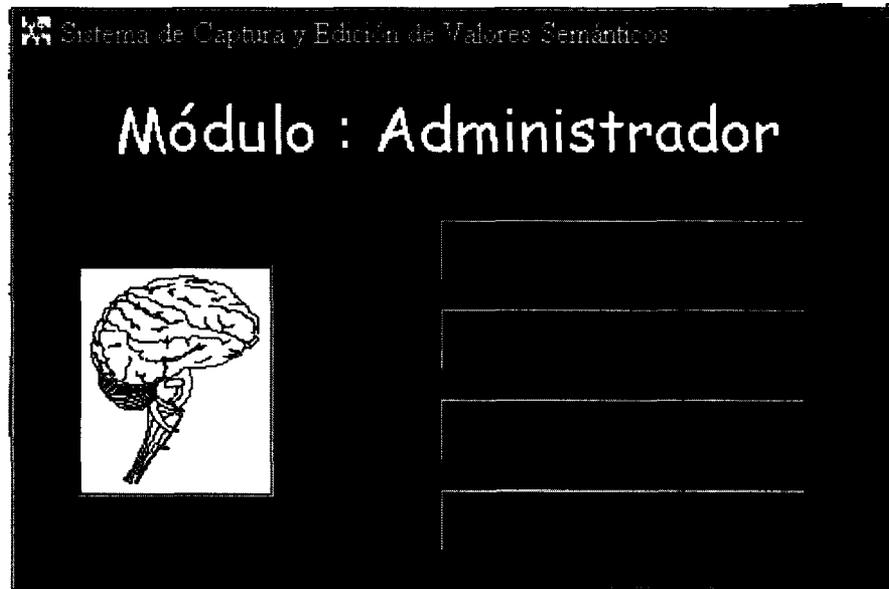


Figura B9. Pantalla Principal del Módulo Administrador

El proceso de “Abrir Base de Datos” muestra una pantalla de advertencia para indicar cuál de las dos tablas de datos se desea abrir: 1. Si es la tabla de datos antes del curso; o 2. Si es la tabla de datos después del curso (Figura B10A). El proceso que visualiza el contenido de la tabla de datos activada es muy semejante a los mostrados en el Módulo Estudiante y el Módulo Profesor (Figura B10B).

El proceso “Genera Grupo SAM” contiene dentro de sí a tres subprocesos: El primero se encarga de crear los archivos de cada uno de los grupos SAM's (20 en total) con sus respectivos datos; el segundo se encarga de compactar los datos de cada grupo SAM, esto es, todos los conceptos definidores que estén repetidos los elimina y deja uno solo con un valor M igual al promedio de todos los idénticos; y el tercero se encarga de ordenar de mayor a menor los conceptos definidores basándose en su valor M dentro de cada grupo SAM (Figura B11).

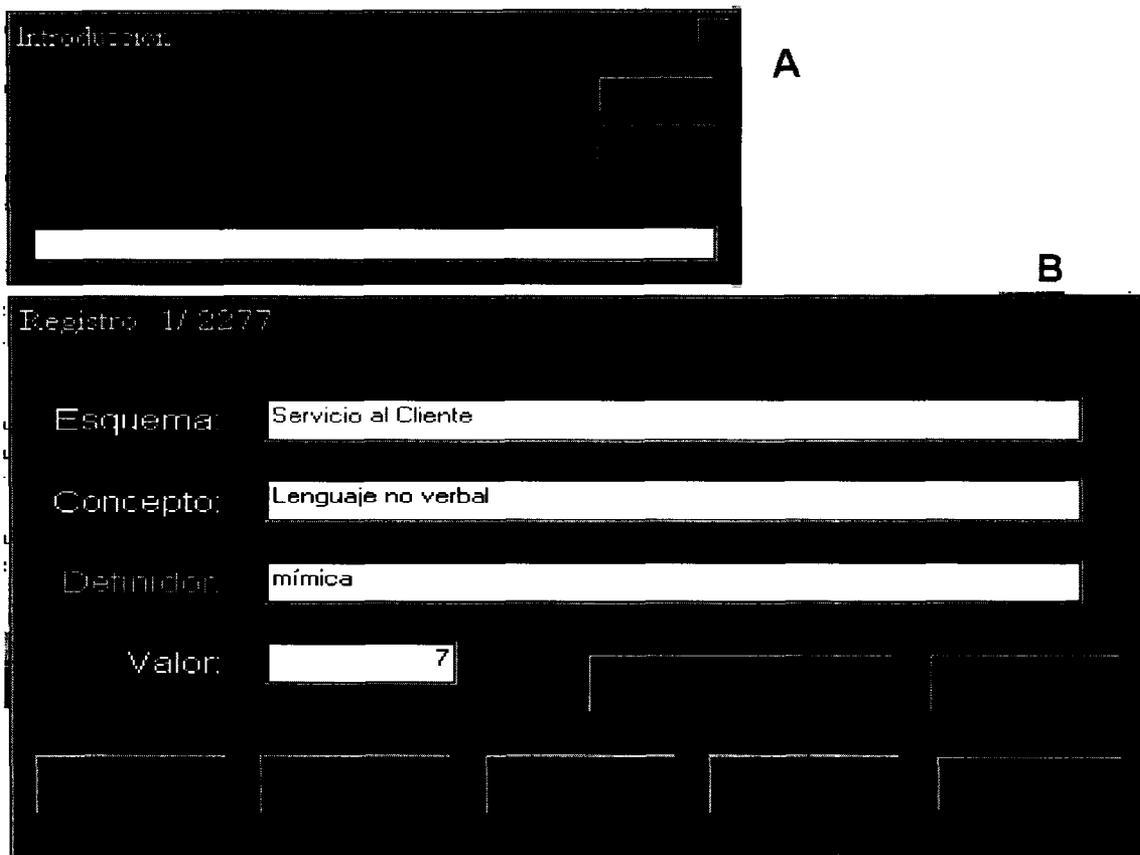


Figura B10. En primera instancia se muestra la ventana de advertencia para definir cuál tabla se desea abrir (A) y la pantalla que muestra los registros de la tabla antes del curso (B)

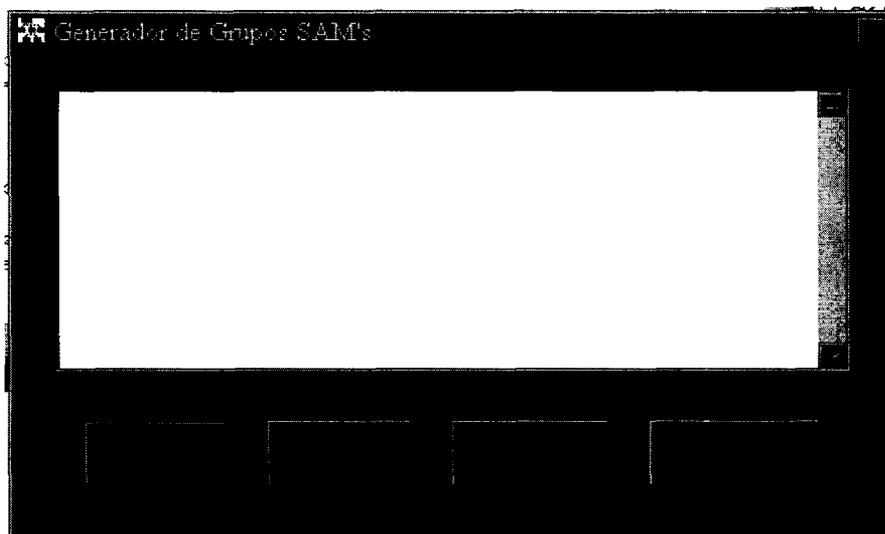
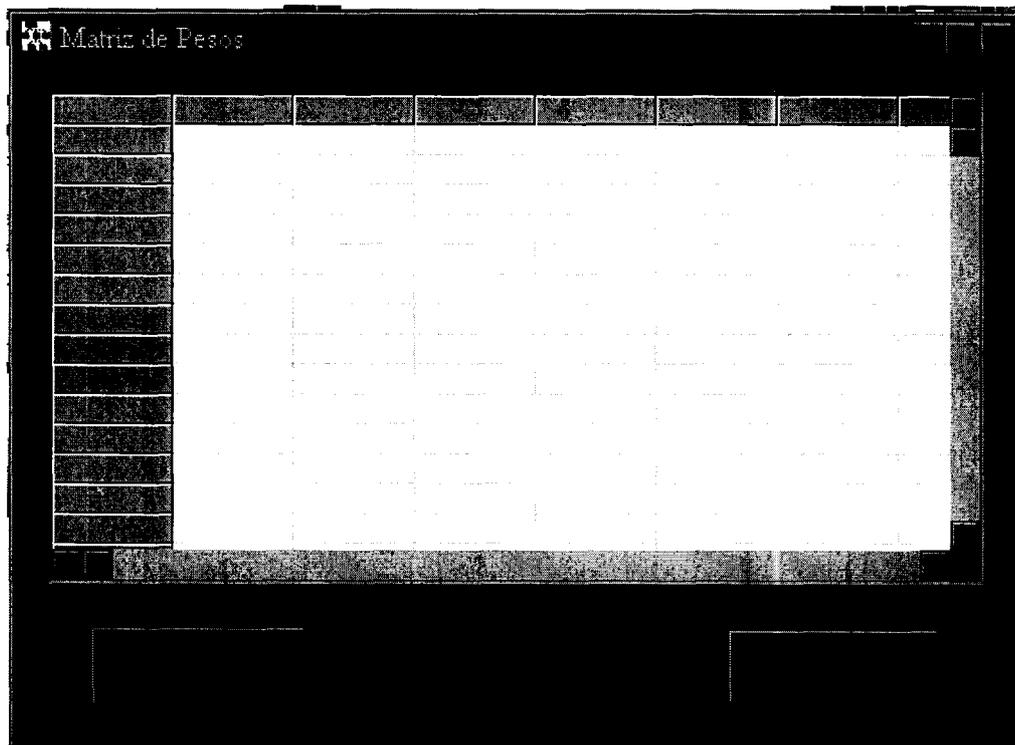


Figura B11. Proceso Genera Grupo SAM

El proceso “Genera Matriz de Pesos” también cuenta con cuatro subprocesos, solo que aquí se hacen internamente al presionar el botón de “Hacer Matriz” (Figura B12). La primera actividad que se realiza es conjuntar cada uno de los grupos SAM’s en un solo archivo. Posteriormente se realiza un proceso semejante al mencionado en el apartado inmediato anterior: eliminar los que sean idénticos y calcular su valor M promedio. A continuación se procede a medir la distancia semántica de cada uno de los conceptos definidores contra los restantes como se menciona en el punto 2.4.2 de la presente investigación y en la Figura 16 (Distancia Semántica entre Dos Definidores). Por último se procede a generar un archivo que contiene la relación de cada concepto contra los demás, así como mostrar el resultado en la tabla de la pantalla mostrada en al Figura B12 y con ello termina el sistema.



The screenshot shows a software window titled "Matriz de Pesos". The main area contains a grid with a header row and multiple data rows. The header row has several columns, likely representing different concepts or groups. The data rows contain numerical values, representing the semantic distance between concepts. The grid is currently empty, suggesting it is a template for the results of the process.

Figura B12. Pantalla del proceso “Genera Matriz de Pesos”

Centro de Información-Biblioteca



3000200581585