

# MODELOS DE REPRESENTACIÓN VISUAL DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

APROXIMACIONES MULTIVARIANTES Y CONEXIONISTAS

Tesis Doctoral  
realizada por

Víctor Herrero-Solana

y dirigida por el

Dtor. D. Félix de Moya Anegón,

del Dpto de Biblioteconomía y Documentación de la  
Universidad de Granada



13 ENE. 2000

Departamento de Biblioteconomía y Documentación  
Facultad de Biblioteconomía y Documentación  
Universidad de Granada

Granada

1999

### Del rigor en la ciencia

...En aquel Imperio, el Arte de la Cartografía logró tal Perfección que el mapa de una sola Provincia ocupaba toda una Ciudad, y el mapa del Imperio, toda una Provincia. Con el tiempo, esos Mapas Desmesurados no satisficieron y los Colegios de Cartógrafos levantaron un Mapa del Imperio, que tenía el tamaño del Imperio y coincidía puntualmente con él. Menos Adictas al Estudio de la Cartografía, las Generaciones Siguientes entendieron que ese dilatado Mapa era Inútil y no sin Impiedad lo entregaron a las Inclemencias del Sol y de los Inviernos. En los desiertos del Oeste perduran despedazadas Ruinas del Mapa, habitadas por Animales y por Mendigos; en todo el País no hay otra reliquia de las Disciplinas Geográficas.

Suárez Miranda: Viajes de varones prudentes, libro cuarto, cap. XLV, Lérida, 1658.

(Borges 1954)

## TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	14
--------------	----

### PRIMERA PARTE: MARCO TEÓRICO

#### CAPÍTULO 1

LA INTERACCIÓN HOMBRE-ORDENADOR Y LOS INTERFACES DE USUARIO	20
1.1. EL HCI EN LA LITERATURA DE LA ESPECIALIDAD	23
1.2. DESARROLLO HISTÓRICO DEL HCI	30
1.2.1. PRIMERA FASE: LOS COMIENZOS (1950-1970)	34
1.2.2. SEGUNDA FASE: LAS BASES (1970-1985)	40
1.2.3. TERCERA FASE: EL DESARROLLO (1985- )	42
1.3. EL HCI APLICADO A LA RECUPERACIÓN DE LA INFORMACIÓN	44

#### CAPÍTULO 2

LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	48
2.1. LA ESQUEMÁTICA	50
2.2. EL MODELO WILLIAMS-SOCHATS-MORSE	62
2.2.1. USUARIOS	63
2.2.2. INTERFAZ	65
2.2.3. SISTEMA	67
2.2.4. MODELO	70
2.2.5. DATOS	71
2.2.6. CONTEXTO	72
2.3. LA VISUALIZACIÓN APLICADA AL CAMPO DE LA DOCUMENTACIÓN	74

### CAPÍTULO 3

EL <i>BROWSING</i> GRÁFICO DE LA INFORMACIÓN	81
3.1. LA NATURALEZA DE LA BÚSQUEDA MEDIANTE <i>BROWSING</i>	82
3.2. EL <i>BROWSING</i> DE "VISIÓN GLOBAL" Y EL <i>BROWSING</i> GRÁFICO	87
3.3. EL PROBLEMA DE LAS METÁFORAS EN LAS REPRESENTACIONES	90
3.4. LAS METÁFORAS Y REPRESENTACIONES ESPACIALES	94

### CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE REDUCCIÓN DE ESPACIOS MULTIDIMENSIONALES	103
4.1. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE	104
4.1.1. ANÁLISIS DE CLUSTER	106
4.1.2. ANÁLISIS FACTORIAL	110
4.1.2.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)	111
4.1.3. ESCALAMIENTO MULTIDIMENSIONAL (MDS)	117
4.2. REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA)	119
4.2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	121
4.2.2. LAS RNA EN EL CAMPO DE LA DOCUMENTACIÓN	124
4.2.3. MAPAS AUTO-ORGANIZATIVOS (SOM)	129
4.3. COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TÉCNICAS	133

### CAPÍTULO 5

LAS REPRESENTACIONES BIDIMENSIONALES I: MAPAS <i>OFFLINE</i>	140
5.1. ANÁLISIS DE COCITACIÓN DE AUTORES (ACA)	141
5.1.1 MAPAS ACA	146
5.2. ANÁLISIS DE COCITACIÓN DE REVISTAS (ACR)	155
5.2.1 MAPAS DE INTERCITACIÓN DE REVISTAS	163
5.3. ANÁLISIS DE CO-OCURRENCIA DE PALABRAS	164
5.4. ANÁLISIS DE CO-OCURRENCIA DE TEMAS	177

5.5. ANÁLISIS DE CO-OCURRENCIA DE INSTITUCIONES	180
5.6. ANÁLISIS DE CO-OCURRENCIA DE PAÍSES	181
5.7. ANÁLISIS DE CO-OCURRENCIA DE ENLACES <i>WEB</i>	188

## CAPÍTULO 6

LAS REPRESENTACIONES BIDIMENSIONALES II: INTERFACES ONLINE (VIRI)	191
6.1. BASADOS EN REPRESENTACIONES ARTESANALES	193
6.2. BASADOS EN ESTRUCTURAS JERÁRQUICAS	193
6.2.1. CHEOPS	194
6.2.2. TREE-MAP	199
6.2.3. HYPERBOLIC TREE	201
6.2.4. MERZSCOPE MAP LIBRARY	202
6.3. BASADAS EN ESTRUCTURAS DE RED	209
6.3.1. THINKMAP	210
6.3.2. NICHEWORKS	211
6.4. BASADOS EN ESTRUCTURAS DE BÚSQUEDA	213
6.4.1. BASADOS EN LA REPRESENTACIÓN DE LAS ECUACIONES DE BÚSQUEDA	215
6.4.1.1. INFOCRYSTAL	216
6.4.2. BASADOS EN LA REPRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE BÚSQUEDA	218
6.4.2.1. VIBE	220
6.4.2.2. VISUAL MESH	225
6.5. BASADOS EN LÍNEAS DE TIEMPO	227
6.5.1. LIFELINES	228
6.6. BASADAS EN ESTRUCTURAS MULTIDIMENSIONALES	228
6.6.1. BASADOS EN MDS	229
6.6.1.1. SCI-MAP	233
6.6.2. BASADOS EN RNA	234
6.6.2.1. SITEMAP	234

6.6.2.2. WEBSOM	236
6.6.2.3. ET-MAP	241

## CAPÍTULO 7

LAS REPRESENTACIONES TRIDIMENSIONALES	242
7.1. BASADAS EN TÉCNICAS ARTESANALES	245
7.2. BASADAS EN ESTRUCTURAS JERÁRQUICAS	246
7.2.1. CONETREE	246
7.3. BASADAS EN ESTRUCTURAS DE RED	250
7.3.1. NAVIGATIONVIEWBUILDER	250
7.3.2. HYPERSPACE	252
7.3.3. BUTTERFLY	253
7.4. BASADAS EN ESTRUCTURAS DE <i>QUERY</i>	257
7.4.1. LYBERWORLD	261
7.4.2. VR-VIBE	262
7.5. BASADAS EN LÍNEAS DE TIEMPO	267
7.5.1. PERSPECTIVE WALL	267
7.6. BASADAS EN ESTRUCTURAS MULTIDIMENSIONALES	268
7.7. BASADAS EN METÁFORAS DE LA VIDA COTIDIANA	268
7.7.1. VIRGILIO	269

## SEGUNDA PARTE: FASE EXPERIMENTAL

### CAPÍTULO 8

OBJETIVOS, MATERIALES Y METODOLOGÍA	271
8.1. OBJETIVOS	271
8.2. MATERIALES	273
8.3. METODOLOGÍA	276

8.3.1. EXTRACCIÓN DE LOS CAMPOS	276
8.3.2. CREACIÓN DE LAS CLASES Y SUBCLASES	277
8.3.3. CONSTRUCCIÓN DE LAS MATRICES	280
8.3.4. ANÁLISIS DE CLUSTER	282
8.3.5. ESCALAMIENTO MULTIDIMENSIONAL (MDS)	283
8.3.5.1. MDS BIDIMENSIONAL	285
8.3.5.2. MDS TRIDIMENSIONAL	287
8.3.6. MAPA AUTO-ORGANIZATIVO (SOM)	288
8.3.7. REPRESENTACIONES GRÁFICAS	294

## CAPÍTULO 9

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	295
9.1. <i>CLUSTERING</i>	295
9.2. MDS 2D	298
9.3. MDS 3D	304
9.4. SOM	306
9.5. VISIÓN COMPARATIVA	310
9.6. LAS REPRESENTACIONES ANTE LA ESQUEMÁTICA	314

## CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES	325
10.1. OBJETIVOS	325
10.1.1 MDS vs. SOM	327
10.1.2. MDS 3D	329
10.2. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	325
10.2.1. EVALUACIÓN BASADA EN USUARIOS	327
10.2.2. RV INMERSIVA	330
10.2.3. ENTORNOS MULTIUSUARIOS	330

BIBLIOGRAFÍA	336
APÉNDICE A - REPRESENTACIONES	357
APÉNDICE B - DIVISIÓN DE LAS CLASES CDU	412
APÉNDICE C - MACROS DE VISUAL BASIC PARA APLICACIONES (VBA)	424
C.1. LOS 27 PRINCIPALES	424
C.2. MATEMATICAS CLASE 1	426
C.3. VERMAL	427
C.4. MACROS PARA CREAR UN SOM	428
C.4.1. UNIFICAR COLORES 1	428
C.4.2. UNIFICAR ETIQUETAS 2	430
C.4.3. COLOREAR SOM 3	431
C.4.4. ETIQUETAR SOM 4	432
APÉNDICE D - SIGLAS Y ACRÓNIMOS	435

## Introducción

Mi interés por la temática de la gestión y procesamiento de la información electrónica se remonta a varios años atrás, más precisamente al año 1993 cuando me encontraba realizando la tesina para optar al grado de Licenciado en Biblioteconomía y Documentación por la Universidad Nacional de Mar del Plata, en Argentina. En aquella época la única fuente de información electrónica a mi disposición era el contenido de las listas de interés que llegaba a mi precaria cuenta de correo electrónico. También en Mar del Plata me desempeñé como profesor en asignaturas relacionadas con recursos informáticos, lo que me permitió aplicar estos conocimientos a la docencia.

Posteriormente, a mediados de 1994, me fue concedida una beca del gobierno mexicano para realizar estudios de posgrado en el programa de la Maestría en Bibliotecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. En México tuve la oportunidad de contar con más recursos para el aprendizaje y la investigación. Mi tesis de maestría la realicé en el seno de la Biblioteca Daniel Cosío Villegas de El Colegio de México, prestigiosa institución de posgrado fundada por los exiliados republicanos españoles en la década del cuarenta. El director de dicha biblioteca, Alvaro Quijano Solís, fue mi director y la temática que abordé estaba relacionada con la aplicación de recursos de información electrónicos al servicio de consulta bibliotecario. Dos publicaciones posteriores, *Guía de fuentes de información sobre recursos Internet* (Herrero Solana 1998) e *Hiperdocumentos referenciales* (Herrero Solana 1999), recogen los frutos de la investigación de aquella época.

Durante mi estadía en México tuve la oportunidad de conocer al director del presente trabajo, quién me invitó a sumarme a la labor de investigación que él venía desarrollando con un grupo de especialistas en la Universidad de Granada. En marzo de 1997 me instalé en España y desde ese momento comencé a perfilar este estudio. La elección de la temática ya estaba decidida desde antes de mi llegada al país, y condicionada por el tema del proyecto de investigación del programa nacional de I+D de mi director.

A partir de ese momento el trabajo fue incesante, particularmente por la fase experimental que a pesar de ocupar un espacio menor que la fase teórica, insumió muchas horas de labor. El ritmo de trabajo se mantuvo incluso cuando me trasladé a Badajoz en diciembre de 1998 con el fin de impartir docencia en la Escuela de Biblioteconomía de la Universidad de Extremadura. A finales de 1999 tuve la oportunidad de ingresar como docente en la Universidad de Granada y terminar por completo los trabajos de esta tesis.

## **Objetivos y estructura**

Este trabajo consta de dos grandes partes. En la primera se presenta un estado de la cuestión o marco teórico que servirá de extensa introducción al problema de la representación gráfica de la información. Esta parte tiene por objetivo primordial brindar un completo estado de la cuestión sobre el problema, aportando información desde diferentes vertientes. En la segunda parte se desarrolla la parte experimental que tiene por objetivo llevar a la práctica algunas de las ideas planteadas en la primera parte.

La primera parte está compuesta por siete capítulos. En el primero se analiza de manera general el problema de la interacción hombre-ordenador desde la perspectiva del diseño y construcción de interfaces, un campo muy interesante en el que se pueden aplicar los resultados de este trabajo. En el segundo capítulo se plantea el problema de la visualización de la información, desde una perspectiva teórica e introduciendo un concepto que nos será de suma utilidad durante la fase experimental, el de la esquemática. En el capítulo siguiente se analiza la naturaleza y problemática del *browsing*, haciendo hincapié en el *browsing* gráfico, y mostrando de manera clara cuales son los problemas con los que nos encontramos comúnmente.

Llegado a este punto el trabajo presenta una inflexión y en el capítulo siguiente se presentan una serie de metodologías de reducción del espacio que serán utilizadas en la fase experimental. A partir del capítulo quinto, y hasta el séptimo, se retoma la problemática de la representación gráfica de la información y se presentan ejemplos concretos. Esta presentación de experiencias se estructura mediante una categorización realizada por nosotros mismos y que intenta complementar tanto las representaciones impresas como las basadas en un ordenador, ya sean estas en dos o tres dimensiones.

La segunda parte tiene la estructura de un artículo científico experimental. Si consideramos que hasta el capítulo séptimo se realizó una extensa introducción, el capítulo octavo corresponde a la definición de los objetivos del experimento, al igual que la descripción de sus materiales y metodología. En el capítulo noveno se analizan y discuten los resultados obtenidos, mientras que en el décimo se arriba a las conclusiones pertinentes. El trabajo se completa con cuatro apéndices que incluyen los mapas del experimento, el detalle de la división temática

utilizada, los códigos de los programas y las siglas y acrónimos utilizados.

### **Fuentes utilizadas**

Las fuentes que se han utilizado provienen en su gran mayoría del mundo anglosajón, y el artículo de revista ha sido el tipo documental predominante. Entre las revistas más utilizadas encontramos las más importantes de nuestra profesión: *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, y *Scientometrics*. Este último título ha sido muy importante ya que uno de los ejes del trabajo ha sido la relación existente entre la bibliometría (a través de sus mapas de la ciencia) y la recuperación de la información. También se han utilizado, pero en menor medida, otras publicaciones de la disciplina y de otras disciplinas afines con el problema: informática, estadística, etc. Un comentario aparte merece la información existente en la red, ya que se ha podido aprovechar la gran cantidad de documentos que los propios autores colocan en la red, generalmente comunicaciones a congresos o informes difíciles de localizar. Esta costumbre es muy común en los científicos provenientes de las ciencias puras, por lo que este estudio se ha beneficiado con un importante volumen de información de ese área.

## **Agradecimientos**

No quisiera finalizar estas líneas sin agradecer a aquellos que me han ayudado en esta empresa. En primer lugar a mi director, Félix de Moya Anegón, quién me dio la oportunidad de ampliar mis horizontes de trabajo hacia terrenos que me resultaban impensables, así como también haberme dado la oportunidad de conocer y querer a este, el país de mis ancestros. A Vicente Guerrero de la Universidad de Extremadura por acercarme al conocimiento de la redes neuronales artificiales. A Donald Kraft de la Universidad de Louisiana y a Howard White de la Universidad de Drexel, por la atenta lectura de nuestros trabajos y sus críticas constructivas. A aquellas personas del otro lado del Atlántico de las que he aprendido cosas importantes. Personas como Ana Sanllolenti y Cesar Archuby en Argentina, o Shirley Ainsworth, Alvaro Quijano y Patrick Vielle en México. Por último a mi familia, sin quienes y a pesar de la distancia, no podría existir.

# **PARTE PRIMERA**

## **MARCO TEÓRICO**

# **Capítulo 1**

## **La interacción hombre-ordenador y los interfaces de usuario**

La existencia humana constituye una serie de interacciones con el ambiente. La mayor parte de la historia del ser humano consiste en sobrevivir a esas interacciones, y el propósito de la ciencia y la tecnología es controlar el entorno para que podamos elegir las interacciones que sirven a nuestros objetivos personales y sociales. Dominamos y valoramos las interacciones con otra gente a través de una variedad de mecanismos naturales de comunicación, los cuales han evolucionado a lo largo del tiempo. La interactividad, la propensión a actuar junto a otros objetos u otros individuos, es una característica básicamente humana. La complejidad de la sociedad moderna nos obliga a interactuar con cada vez más instituciones y sistemas, utilizando mecanismos de comunicación limitados e incómodos. Las interacciones con instituciones están siendo cada vez menos naturales debido a los sistemas electrónicos que están sustituyendo lentamente el papel del ser humano en dicho contexto, por lo que podemos decir que nuestras interacciones con el entorno están constantemente evolucionando.

El acceso a la información es fundamentalmente un proceso interactivo. Depende de las iniciativas del buscador de información, depende de la realimentación del entorno informático y de las decisiones basadas en esta realimentación para posteriores iniciativas. Es necesario comprender la naturaleza interactiva de la búsqueda de información,

para entender por qué los entornos electrónicos son tan conducentes a la búsqueda de información.

La interactividad ha llegado a ser una característica central de los ordenadores. La esencia de la programación de ordenadores es aplicar la computación y la memoria para controlar los aparatos físicos de acuerdo con las órdenes que emite el usuario para la ejecución. La velocidad de los ordenadores permite que los programas comparen las entradas (*inputs*) con las respuestas almacenadas y ejecute estas respuestas casi instantáneamente, dando así la ilusión de interacción. La interactividad es lo que permite al mercado del ordenador personal desarrollarse, y es la razón clave para que los ordenadores sean herramientas de importancia creciente para el trabajo de grupo y para la toma de decisiones.

Las actividades humanas, que son intrínsecamente interactivas en su naturaleza, están afectadas fuertemente por la tecnología del ordenador, siendo el acceso a la información uno de estos procesos. Además, para diseñar los principios tales como dar al usuario el control del sistema a través de las opciones del interfaz, abogamos por una interactividad máxima en el diseño de las interfaces.

Las investigaciones sociológicas y psicológicas de la interactividad han sido estimuladas por el desarrollo de los ordenadores y han ayudado a definir el campo de la interacción hombre-ordenador (HCI). El HCI explora las teorías que explican las interacciones entre los humanos y los ordenadores y las interfaces que apoyan estas interacciones. Un punto de vista del HCI está basado en los modelos de comunicación. Según este punto de vista, los humanos y los ordenadores son remitentes y destinatarios de mensajes que pasan por los canales de comunicación. El canal de comunicación se llama *interfaz*, y el objetivo

del diseño es desarrollar canales de banda ancha que faciliten el movimiento de mensajes de forma fidedigna. Este punto de vista es útil, aunque es necesario ampliarlo considerando el contexto del sistema de comunicación en general. Desde este punto de vista, el diseño de la interfaz está basado en la comprensión de las características fundamentales de los humanos y los sistemas. Tales características incluyen las limitaciones físicas como la capacidad de la memoria, las limitaciones de la transferencia de información, la habilidad computacional (la lógica más que la aritmética), y las limitaciones conceptuales como el conocimiento del dominio de la tarea y los modelos mentales de los objetos y los procesos del mundo (especialmente modelos mentales del otro remitente/destinatario y el proceso de comunicación en sí).

Utilizando la perspectiva del HCI, es natural estudiar las interacciones hombre-ordenador a través de una primera consideración de las interacciones hombre-hombre y ordenador-ordenador. Una predisposición implícita en la mayoría de la investigación HCI es que la interacción hombre-ordenador debería estar basada en modelos de interacción hombre-hombre. Estas interacciones se producen de múltiples formas y son complejas. Las interacciones ordenador-ordenador son bien definidas y plenamente comprendidas desde una perspectiva técnica, pero las capas de traducción que son necesarias para representar ideas como señales binarias, conducen al último ejemplo de "perder algo en su traducción". Como resultado, la comunicación ordenador-ordenador es mejor para la transferencia de información explícita y discreta, en vez de la expresión compleja o creativa. Una decisión crítica de diseño para todo HCI es la determinación del grado de mezcla entre los modelos hombre-hombre y ordenador-ordenador (Marchionini 1995).

La investigación HCI tiene implicaciones significativas para la búsqueda de información porque esta búsqueda es básica en una sociedad de la información, y porque nuestro conocimiento está llegando a ser cada vez más dependientes de la tecnología informática. Aunque se aplican muchas de las cuestiones de interés general de la investigación HCI a los interfaces que apoyan la búsqueda de información, deben ser considerados los requisitos y condiciones particulares. Los objetos de la búsqueda de información son las ideas y sus múltiples representaciones. Estas abstracciones son distintas a la manipulación de objetos físicos y normalmente son peor definidas que la manipulación de datos numéricos o de datos de carácter expositivo. Es probable que los interfaces tengan que ser más personalizados y flexibles, porque la búsqueda de la información depende en gran medida de las interacciones entre factores complejos.

### **1.1 EL HCI en la literatura de la especialidad**

La relación existente entre el ser humano y el ordenador es una cuestión que viene preocupando desde los inicios mismos de la informática, incluso desde antes de su creación. El ordenador más potente que podamos imaginar no nos serviría de nada si no nos comunicamos de forma satisfactoria con él. Este problema era más evidente con los primitivos y rústicos ordenadores de primera generación, aunque lo sigue siendo aún, de forma más sutil y compleja, con los modernos sistemas de procesamiento de la información. El establecimiento de una correcta comunicación potencia el rendimiento de todo el sistema, más aún, hay autores que afirman que es el factor más importante para de-

terminar el éxito o fracaso del mismo, además de ser el más caro de desarrollar (Baecker and Buxton 1987).

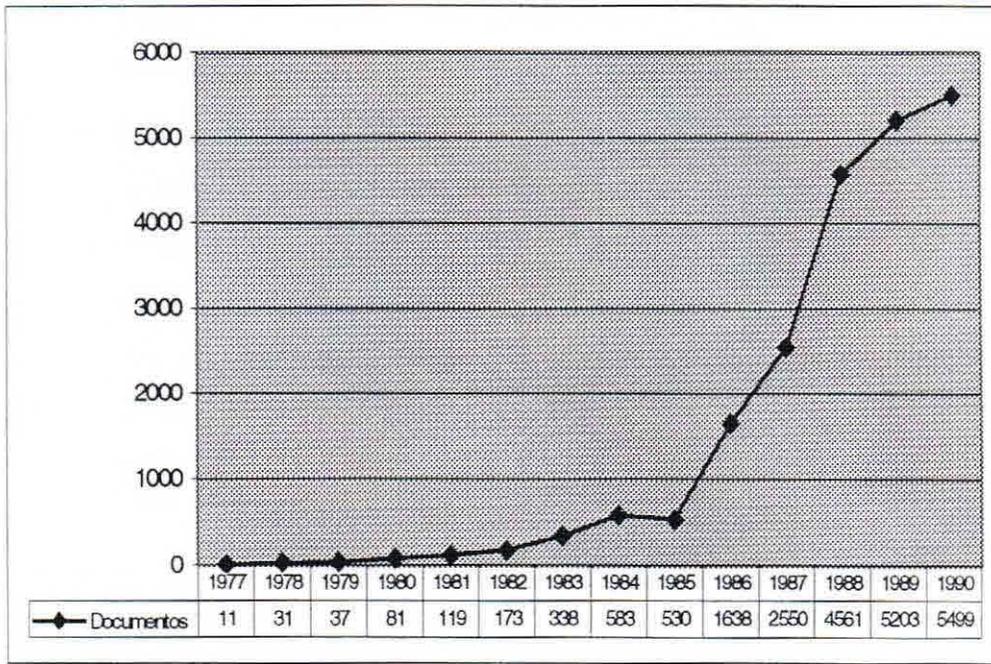


Figura 1.1 – Crecimiento de la literatura en HILITES (Shackel 1997)

No obstante, las cuestiones planteadas en esta comunicación o interacción entre el hombre y el ordenador, que de ahora en adelante llamaremos HCI (*Human-Computer Interaction*), no constituyen un problema fácil de resolver, entre otras razones por su naturaleza multidisciplinaria. La cantidad de disciplinas que confluyen en esta área de conocimiento van desde ingeniería electrónica hasta la filosofía, pasando por la fisiología, la medicina, la psicología, la informática, la ergonometría, la inteligencia artificial, la documentación, etc. Todas estas disciplinas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos o vertientes, que algunos autores han dado en llamar *human-oriented* y *computer-oriented*

*disciplines* (Shackel 1997), o también como el lado humano y el lado tecnológico del HCI (Myers 1998).

Si bien el HCI es una disciplina que viene desarrollándose desde los principios mismos de la informática, es en estos últimos tiempos cuando ha cobrado mayor trascendencia. Este comportamiento puede apreciarse en el aumento de la bibliografía sobre el tema, que Schackel fija a mediados de los 80 y que demuestra a través del análisis de una base de datos de la especialidad: Hci Information & LTtearture Enquiry Service (HILITES) de la Universidad de Loughborough (Shackel 1997). En la figura 1.1 podemos observar la acentuada curva de crecimiento, particularmente a partir de 1985.

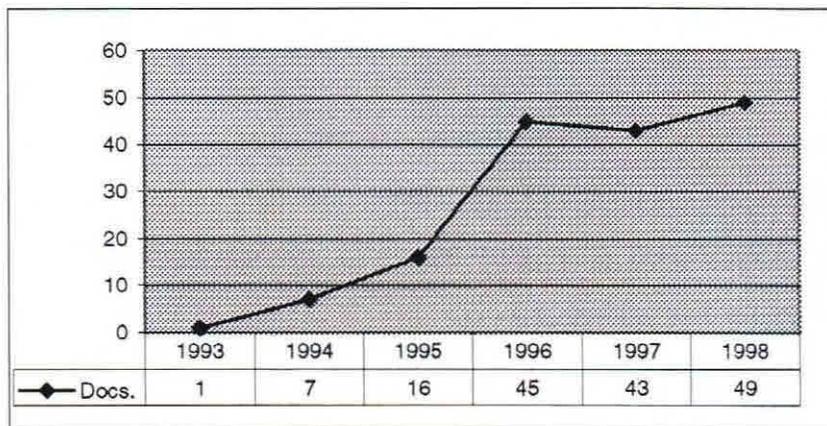


Figura 1.2 – Documentos bajo HCI en LISA

El campo de la documentación también se ha visto afectado por este efecto y para tener una idea más exacta hemos analizado la base de datos Library and Information Science Abstracts (LISA), en su edición de septiembre de 1999. Dentro del tesoro de la base se encuentra *human-computer interaction*, por lo que decidimos contar aquellos documentos indizados bajo este descriptor. El resultado fue relativa-

mente pobre, 163 registros que podemos ver ordenados temporalmente en la figura 1.2 y que nos muestra un crecimiento sostenido del número de documento.

Título de la Revista	Docs	%	Acu	%
International-Journal-of-Human-Computer-Studies	57	34	57	33,9
Interacting-with-Computers	40	24	97	57,7
Human-Computer-Interaction	28	17	125	74,4
AI-and-Society	10	6	135	80,4
Knowledge-Based-Systems	7	4,2	142	84,5
Journal-of-the-American-Society-for-Information-Science	4	2,4	146	86,9
3 títulos con 2 documentos	6	3,6	152	90,5
16 títulos con 1 documento	16	9,5	168	100

Cuadro 1.1 – Publicaciones más activas en HCI (LISA)

En el cuadro 1.1 podemos observar los títulos a los que hacemos mención, ordenados según la cantidad de documentos publicados sobre HCI. Podemos destacar los primeros tres, que constituyen el núcleo duro del HCI en LISA ya que son revistas especializadas en este campo. Entre las tres acumulan el 74% de los registros sobre el tema. Las dos siguientes son revistas orientadas hacia el área de la inteligencia artificial, mientras que el sexto lugar aparece el *Journal of the American Society for Information Science* (JASIS), una publicación propia del campo la documentación. Los restantes doce títulos acumulan solo el 10% del total, son de naturaleza diversa y no han sido tomadas en cuenta.

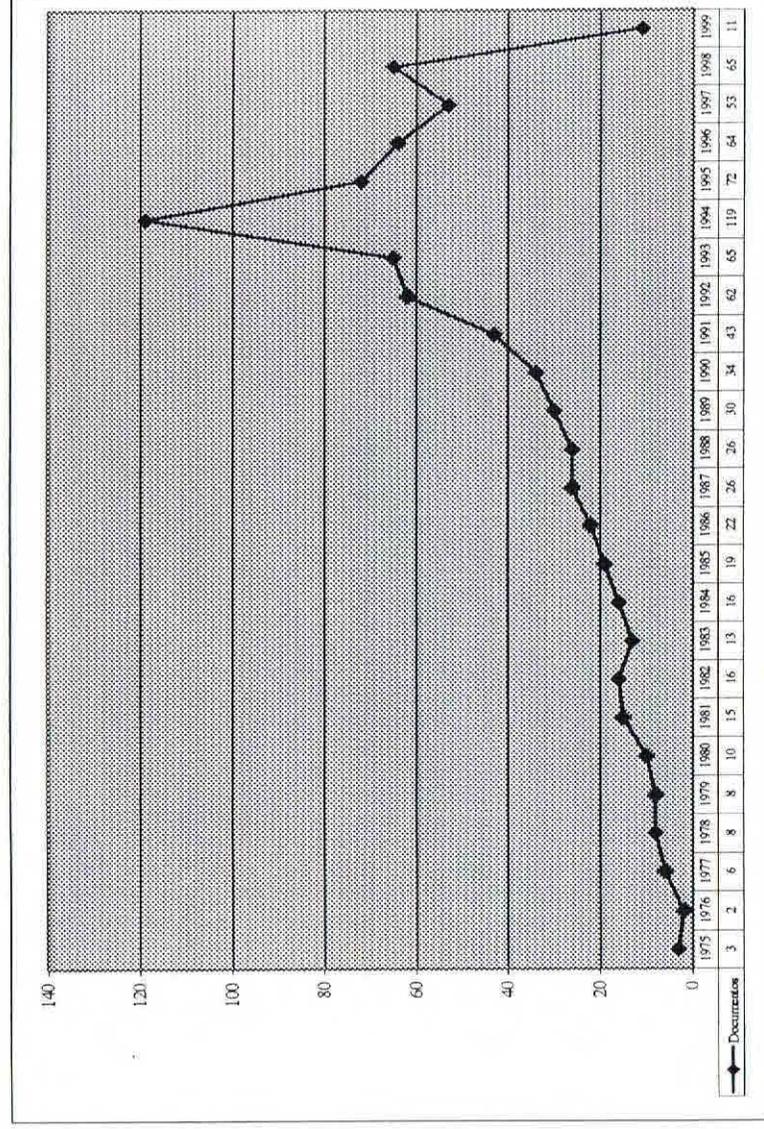


Figura 1.3 – Documentos bajo UI en LISA

Una cuestión importante a tener en cuenta es el hecho de que los registros aparecen a partir de 1993. No cabe ninguna duda que los estudios de HCI comenzaron mucho antes de 1993, y que el volumen de información bibliográfica era, como hemos visto en el caso de la base HILITES, cuando menos respetable. Además, la naturaleza de las publicaciones ubicadas en los primeros puestos hacen pensar que o bien aparecieron a partir de 1994, o por esa fecha fueron ingresadas a la base LISA, cuyos comienzos vienen de 1969. El propio Shackel nos afirma que el *International Journal of Human Computer Studies* se publica desde 1970, y que *Human Computer Interaction* e *Interacting with Computers* datan de 1985 y 1989 respectivamente. La tardía incorporación de estos títulos, así como la inexistencia de registros indexados bajo

HCI nos indica que la importancia de este área de conocimiento ha sido reconocida tardíamente por los productores de la base de datos.

Si esto es realmente cierto, ¿no existe información sobre HCI anterior a 1993? La respuesta es sí. Si realizamos un búsqueda por título nos encontramos trabajos como por ejemplo *Human-computer interaction in information seeking tasks* o *Constructing a pattern model of man-machine interaction in online literature searching*, ambos del año 1982. Estos trabajos están indizados con el descriptor *user-interface*, y existen un total de 722 registros bajo esta denominación. Haciendo un breve análisis de esta información podemos ver en la figura 1.3 como la misma abarca un periodo más comprensivo, desde 1975 hasta 1998, con un ligero crecimiento y su punto máximo ubicado en 1994 y una caída posterior que podemos atribuir en primera instancia a la lenta y desigual actualización.

TÍTULO DE LA REVISTA	Docs	%	Acu	%
Annual Meeting of the American Society for Information Science	53	7.3	53	7.3
International Journal of Human-Computer Studies	37	5.1	90	12
International Online Information Meeting	36	5	126	17
National Online Meeting	24	3.3	150	21
MONOGRAFÍAS	22	3	172	24
Online	17	2.4	189	26
Journal of the American Society for Information Science	16	2.2	205	28
Internet-World	15	2.1	220	30
Library-Hi-Tech	14	1.9	234	32
Nauchno-Tekhnicheskaya-Informatsiya-Series-1	13	1.8	247	34
Computer-Networks-and-ISDN-Systems	12	1.7	259	36
Journal of Information Science	12	1.7	271	38
Online-Review	12	1.7	283	39
Electronic-Library	11	1.5	294	41
Information-Processing-and-Management	11	1.5	305	42
Interacting-with-Computers	11	1.5	316	44
Artificial-Intelligence-Review	10	1.4	326	45
3 títulos con 9 documentos	27	3.7	353	49
6 títulos con 7 documentos	42	5.8	395	55

4 títulos con 6 documentos	24	3.3	419	58
5 títulos con 5 documentos	25	3.5	444	61
8 títulos con 4 documentos	32	4.4	476	66
16 títulos con 3 documentos	48	6.6	524	73
43 títulos con 2 documentos	86	12	610	84
112 títulos con 1 documento	112	16	722	100

Cuadro 1.2 – Publicaciones más productivas en UI (LISA)

En el detallado de las fuentes del cuadro 1.3 podemos apreciar una mayor dispersión de las publicaciones que en el caso del HCI. El volumen de información se encuentra atomizado en nada menos que 242 títulos de revistas y congresos, mientras que aquellos de mayor peso difícilmente sobrepasan el 5% de total. Esta atomización permite que dentro del total de fuentes encontremos aquellas específicas del área temática, tal como el *International-Journal-of-Human-Computer-Studies*; otros más generales aunque afines como los congresos *Annual Meeting of the American Society for Information Science*, *International Online Information Meeting*, y *National Online Meeting*; y un conjunto más que variopinto de diferentes revistas especializadas en áreas tan discímiles como la farmacéutica, el derecho y el deporte.

Si miramos rápidamente los títulos de los trabajos no encontraremos también con una serie de temas bastantes heterogéneos e inconexos, por lo que asumimos que el concepto de *user-interface* no está del todo delimitado y claro en el campo de la documentación. Si tomamos al pie de la letra a los especialistas del área, nos encontramos que el *user-interface*, de aquí en adelante UI, es solo una parte del HCI. Mark Chignell establece una división del campo interdisciplinario del HCI en cuatro categorías: 1) los modelos básicos de interfaz (*the basic interface models*), 2) ingeniería cognitiva (*cognitive engineering*), 3) ingeniería de interfaces de usuario (*user interface engineering*), y 4)

aplicaciones (*applications*) (Chignell 1990). Para nuestra disciplina esta división no parece estar clara, o el concepto de UI es demasiado laxo. Tan laxo que algunos autores como Howard White y Katherine McCain lo asimilan al propio concepto de nuestra disciplina, para ellos el verdadero objetivo de la ciencia de la información es el interfaz entre la gente y los documentos (*"The proper study of information science is the interface between people and literatures."*) (White and McCain 1997).

Esta introducción no tiene por objeto criticar la situación de la especialidad, sino tan solo reconocerla tratando de evitar la confusión terminológica siempre que sea posible. Para ello trataremos de reconstruir brevemente y desde una perspectiva histórica el desarrollo del HCI como área de conocimiento. Posteriormente nos centraremos en la porción del HCI que más nos interesa a los fines del presente trabajo, el UI.

## **1.2. Desarrollo histórico del HCI**

Como afirmamos al principio de este capítulo, el interés por la interacción entre el hombre y el ordenador nació incluso antes que este último. El principal precursor de las épocas pre-informáticas ha sido sin duda alguna el ampliamente citado Vannevar Bush. Bush fue un ingeniero estadounidense que desempeñó diversos cargos en el gobierno y entidades académicas y que a comienzos de la década del veinte comenzó a trabajar en el diseño de máquinas analíticas, verdaderas antecesoras de las computadoras digitales. Una máquina analítica era un complejo sistema electromecánico que permitía automatizar ciertas ta-

reas de cálculo y predicción. A diferencia de la computadora, que es utilizable para propósitos múltiples, cada máquina analítica era diseñada para cumplir una tarea en especial, o lo que es más exacto, para diferentes tareas se diseñaban diferentes máquinas analíticas: cálculo balístico, predicción de mareas, etc. Estas máquinas *ad hoc* trabajaban bajo un principio distinto al de las computadoras. Fueron sumamente útiles en durante las décadas del 30 y 40, y comenzaron a dejar de ser ampliamente utilizadas hacia los comienzos de la segunda posguerra (Owens 1991).

Sin embargo, Bush pasaría a la historia gracias a un artículo, ampliamente citado en los últimos tiempos y publicado en la revista *Atlantic Monthly* durante el año 1945 denominado "*As we may think*" (Bush 1945a). En su momento el artículo causó un gran impacto y tuvo amplia difusión, en parte por el alcance de la publicación y en parte por la gran cantidad de separatas distribuidas por el propio autor. Poco tiempo después, se publicó una versión condensada del mismo en la revista *LIFE* (Bush 1945b). Gracias a esta publicación de gran tirada, las ideas de Bush se hicieron muy populares. Ahora bien, ¿cuales eran esas ideas?

"*As we may think*" es la síntesis de cerca de una década de trabajo en torno a la concepción de un dispositivo personal que permitiera el almacenamiento de grandes cantidades de información y facilitara su rápido acceso. El artículo comienza con una serie de consideraciones sobre el crecimiento de la información y la ineficiencia de los métodos tradicionales de recuperación para luego pasar de lleno a la descripción del artefacto, denominado Memex (*MEMory EXtender system*). Bush plantea que los métodos de recuperación de la información existentes hasta ese momento trabajaban mediante un acceso a los datos de na-

turalidad jerárquica. También afirma que la mente humana no trabaja de esta manera sino que lo hace por asociación, interconectando una intrincada red de "pistas" que relacionan pensamientos o ideas afines (Bush 1987).

El sistema pretende ser una extensión de la mente al permitir registrar, almacenar y recuperar una gran cantidad de estas pistas. El concepto de pista está relacionado con el pensamiento asociativo y no con ordenamientos jerárquicos de la información. Las diferentes pistas se van almacenando y nunca se pierden, al menos que el usuario las deshaga. Bush también prevé la edición de enciclopedias con gran cantidad de pistas asociativas en las distintas ramas del conocimiento. Las pistas poseen un valor intelectual agregado muy grande debido a que permiten la racionalización y aprovechamiento de grandes masas de información.

En los años posteriores a la publicación de *"As we may think"*, Bush trabajó en un nuevo ensayo donde refinaba ciertos conceptos en torno al Memex. Este ensayo fue concluido a finales de 1958 y se denominó *"Memex II"* (Bush 1991). En la segunda versión de su sistema, Bush intentó evitar al máximo las consideraciones técnicas centrándose en las cualidades de la misma como máquina de aprendizaje y de generación de conocimiento. El Bush de mediados de los años 40 no era el mismo de fines de los 50, ya no detentaba eminentes puestos en el gobierno ni en instituciones académicas de prestigio. Por otra parte, la evolución tecnológica de la década del 50 había seguido un camino distinto al marcado por Bush en la década anterior. Las computadoras digitales se establecieron en el medio mientras que las máquinas analíticas desaparecieron. Los sistemas de recuperación de información mediante índices estaban en boga, mientras que la estructura asociativa

de datos no era siquiera un sueño de los más visionarios. El tiempo parecía demostrar que Bush estaba equivocado, no obstante, algunos investigadores tomarían sus ideas y las reivindicarían.

<b>Tipo de ordenador</b>	<b>Época</b>	<b>Usuarios principales</b>	<b>Consideraciones sobre los usuarios</b>
Máquinas primitivas	1950s	Matemáticos y científicos	Los usuarios debían programar directamente las aplicaciones para obtener resultados.
Mainframes	1960s y 1970s	Profesionales del procesamiento de datos	Los usuarios finales sufrían mucho las deficiencias del sistema: retrasos, costos y falta de flexibilidad.
Miniordenadores	1970s	Ingenieros y profesionales no informáticos	Los usuarios aún tienen que programar. La amigabilidad comienza a ser un problema.
Microordenadores	1980s	Casi todo el mundo	La amigabilidad es el principal problema.
Portátiles - PDAs	1990s	Todo el mundo, incluso en situaciones de movilidad	Gran mejora de la amigabilidad, especialmente con la introducción de nuevos dispositivos de entrada y salida.

Cuadro 1.3 – Evolución de los ordenadores en relación con el usuario

Estos investigadores fueron desarrollando diferentes adelantos a medida que la informática iba consolidándose. Con respecto al HCI este proceso puede dividirse en diferentes periodos, Shackel propone tres: 1) los comienzos del HCI, 2) las bases y 3) el desarrollo; y los inserta en su esquema de evolución de los ordenadores que aparece en el cuadro 1.3.

### **1.2.1. Primera fase: los comienzos (1950-1970)**

Esta primera etapa o fase del HCI va a estar básicamente marcada por el trabajo de pioneros en el tema, más que por la aparición de productos concretos. El avance en la tecnología informática es muy lento, lo cual sumado al hecho de que los usuarios potenciales eran pocos y especializados, condicionaba el desarrollo de herramientas HCI concretas. No obstante, muchos de los prototipos diseñados en esta época serían ampliamente utilizados en las fases posteriores. Brad Myers sostiene que los principales avances del HCI fueron desarrollados en esta época y que, a pesar de lo que comúnmente se cree, estos avances tuvieron lugar en las universidades, para luego pasar a las empresas privadas para su perfeccionamiento y comercialización (Myers 1998).

En la figura 1.4 podemos observar una serie de líneas de tiempo correspondientes a seis importantes tecnologías: la manipulación directa de objetos gráficos, el ratón, las ventanas, la edición de texto, el hipertexto, y el reconocimiento gestual. Cada línea de tiempo presenta tres vectores que corresponden a la investigación universitaria, la investigación corporativa y la comercialización. Como puede apreciarse casi todas las tecnologías no solo tienen comienzo en la universidad, sino que además se remontan a fines de los 50s y principios de los 60s.

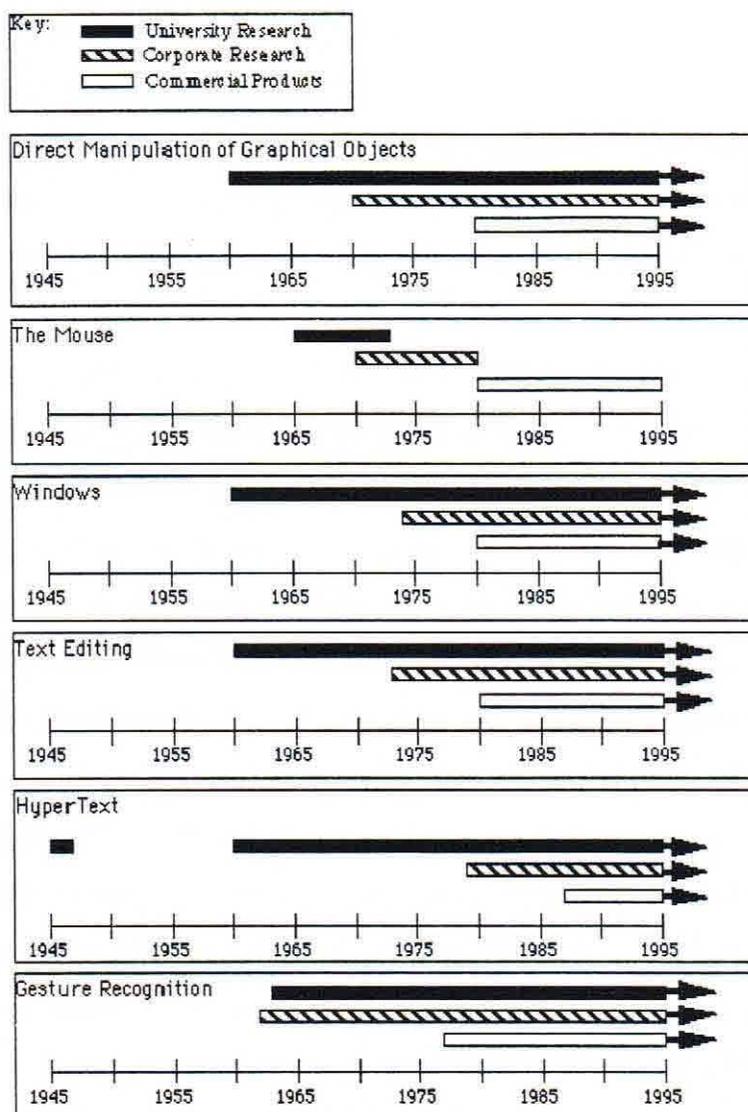


Figura 1.4 - Evolución de las tecnologías HCI por sectores (Myers 1998)

Dentro de los pioneros que destacábamos anteriormente, el que más desarrollos concretos ha aportado a la informática a sido Douglas Engelbart. En una carta fechada el 24 de mayo de 1962, un ingeniero del Instituto de Investigación de Stanford, se dirigió a Vannevar Bush con el fin de expresar su deuda intelectual con las ideas de "As we may think" y presentar un borrador de su programa de investigación (Engelbart 1991). El ingeniero era Engelbart y el programa en cuestión

un intento por aumentar la capacidad intelectual humana mediante la utilización de la informática. El programa arrojó sus primeros resultados en 1963 con la construcción del sistema denominado oNLine System (NLS), considerado como el primer sistema en trabajar bajo el principio del hipertexto; se trataba de ficheros de hasta 3000 caracteres que podían ser enlazados de forma tanto jerárquica como asociativa. Con el tiempo este prototipo se convertiría en el sistema Augment y sería comercializado por la empresa McDonnell-Douglas.

El aporte teórico de Engelbart sentó las bases de lo que él denominó "sistema para el aumento de la capacidad intelectual humana" y que consiste en la relación existente entre la tecnología, la metodología y el lenguaje. Estos tres elementos serán la herramienta necesaria para potenciar la capacidad del hombre de plantear y solucionar problemas (Engelbart 1963).

Engelbart plantea que un sistema de aumento (*augmentation system*) del intelecto consta de dos subsistemas: el humano (*human system*) y el de las herramientas (*tool system*), tal como puede apreciarse en la figura 1.5 El sistema humano está condicionado por las estructuras sociales, la perspectiva histórica y las potencialidades iniciales, formativas y educativas. El sistema de herramientas está constituido por todos aquellos artificios diseñados por y para el intelecto humano. La importancia del hombre radica en su capacidad para crear y utilizar herramientas que actúan como extensiones del individuo mismo. En este esquema, la informática constituye, junto con el lenguaje y la escritura, una de las herramientas intelectuales más importantes para el desarrollo humano (Engelbart and Hooper 1988).



Figura 1.5 - Esquema para el aumento del intelecto de Engelbart

Los aportes de Engelbart no solo fueron en el ámbito teórico, sino también el práctico. La tecnología de la década del 60 no era la más indicada para poder plasmar sus ideas, por lo que tuvo que concebir, diseñar y desarrollar una serie de dispositivos y técnicas que serían posteriormente aprovechados en la era de los ordenadores personales. La lista es impresionante e incluye: el ratón (*mouse*), la edición bi-dimensional, pantallas con ventanas múltiples, procesamiento de esquemas e ideas (*outline and ideas processing*), sistemas de ayuda integrados, correo electrónico a gran escala, teleconferencia en pantalla compartida, modos de visualización múltiples para texto y gráficos, y un módulo de interfaz universal de usuario (Canals Cabiró 1990). Estos avances pueden encontrarse en cualquier entorno informático cotidiano, sin embargo, en su momento constituyeron un paso importante hacia la masificación de la computadora como extensión intelectual del hombre.

Otro personaje importante de esta etapa es Ted Nelson, quién destaca como creador del término hipertexto y cuyos aportes, a diferencia de los de Engelbart, se circunscribieron al terreno teórico. El tra-

bajo de Nelson comenzó a mediados de los años sesenta durante sus estudios de posgrado, que jamás finalizó, en Harvard. Por aquel entonces comenzó a concebir el proyecto que lo mantendría ocupado hasta nuestros días: Xanadu. El proyecto Xanadu es una de los más o quizás el más ambicioso de la historia de la computación. Se trata de un sistema de almacenamiento y recuperación electrónica de documentos a escala mundial. Nelson planteaba, hace más de treinta años atrás, la posibilidad de crear una red de documentos susceptibles de ser recuperados desde cualquier parte del mundo. A esta red la llama "Estructura Unificada de Datos" (*United Data Structure*), una estructura sobre la cual se organizan todos los documentos producidos por la humanidad. A este "espacio documental" Nelson lo denomina "Docuverso" (*Docuverse*) (Nelson 1987).

La tecnología básica para organizar el universo documental es el hipertexto. Ningún documento es concebido y producido por el hombre de manera independiente y descontextuada del resto de la literatura, sino que forma parte de ella mediante un sutil entramado de relaciones intertextuales. Nelson define la literatura como "sistema interconectado de los distintos textos y documentos existentes", un sistema en constante mutación fruto del contexto social. Como vemos, se plantea aquí el concepto de hipertexto como una construcción social y no como mera tecnología.

Las ideas de Ted Nelson son muy particulares. Opina que las computadoras actuales son máquinas diseñadas para el cálculo numérico y no para el manejo de textos. Xanadu es un intento por brindar al usuario una verdadera "máquina literaria" (*literary machine*), que le permita manipular con facilidad ideas, pensamientos y conocimiento. Está convencido que el éxito del proyecto Xanadu redundará inexora-

blemente en un mejoramiento de toda la humanidad. Para él Xanadu no es solo un sistema informático, sino que es la herramienta básica para alcanzar ciertos ambiciosos objetivos: la democratización de la información y el libre acceso al conocimiento.

La lista de pioneros no puede estar completa sin mencionar a Ivan Sutherland y su Sketchpad, el primer programa con entornos gráficos de la historia y desarrollado por Sutherland como requisito de su tesis doctoral en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Sutherland 1963). Sketchpad permitía manipular objetos mediante un lápiz óptico (periférico desarrollado en los años cincuenta y que iba a ser sustituido posteriormente por el *mouse* de Engelbart), aumentar (*zooming*) una determinada área de la pantalla, coger objetos como si fuera con la mano para moverlos, rotarlos, agrandarlos, borrarlos, etc. Esta forma de trabajo será considerada posteriormente por Ben Shneiderman de la Universidad de Maryland, bajo el concepto de "manipulación directa" (*direct manipulation*) (Shneiderman 1983). Este concepto será también uno de los pilares sobre el que se asentarán los modernos UI.

Hacia el final de los años sesenta, y marcando un hito que nos permite cerrar esta primera fase, se celebra en Cambridge el primer congreso internacional de la especialidad (*International Symposium on Man-Machine Systems*) y se crea la primer publicación científica del área (*International Journal of Man-Machine Studies - IJMMS*). El terreno para pasar a una nueva fase de evolución estaba preparado.

### 1.2.2. Segunda fase: las bases (1970-1985)

En esta segunda fase, las investigaciones de tipo personal van a dejar paso a programas más complejos e integrales que permitirán fundar las bases del HCI para su explosión y masificación en la tercer y última fase. Shackel afirma que a principio de los años setenta aparecieron cuatro libros que iban a estimular el trabajo en esta área: 1) *Man-computer problem solving* (Sackman 1970), 2) *The psychology of computer programming* (Weinberg 1971), 3) *Understanding natural language* (Winograd 1972), y 4) *Design of man-computer dialogues* (Martin 1973). Otro hito importante del comienzo de la década lo encontramos en la fundación de un importante centro de investigación: el PARC.

PARC son a las siglas del Palo Alto Research Center, un centro de investigaciones de la empresa Xerox. El objetivo inicial de este centro fue proveer la investigación y el desarrollo necesarios para que Xerox ingresara con éxito en el mundo de los ordenadores de oficina. Desde sus comienzos el acento en las líneas de investigación estuvo puesto en el factor humano. Para ello perfeccionaron muchas de las tecnologías ideadas por Engelbart en la Universidad de Stanford y su concepto de aumento del conocimiento (*knowledge augmentation*). Estas ideas de Engelbart verían la luz hacia finales de la década en un producto concreto, la estación de trabajo STAR, que originaría una revolución en la historia de la informática y marcaría una fuerte influencia en los productos venideros. Para Patrick Lynch (Lynch 1994), los desarrollos del PARC no estuvieron solamente basados en el trabajo de Engelbart, sino que también se fundamentaron en las observaciones de psicólogos

cognitivos como Jerome Bruner (Bruner 1966) y Jean Piaget (Piaget 1954).

Los conceptos básicos e innovadores de la estación STAR eran dos: 1) la ya mencionada manipulación directa de objetos en pantalla, y 2) la utilización de representaciones o metáforas gráficas para facilitar al usuario la comprensión del sistema, como por ejemplo la utilización de iconos para designar tareas específicas que podían ser ejecutadas con solo pulsarlos. El concepto de icono fue introducido en su tesis doctoral de la Universidad de Stanford, por David Canfield Smith en 1975 (Smith 1977). El ratón y las ventanas fueron parte importante del entorno gráfico del STAR. Con el tiempo este tipo de entorno se denominó por las siglas en inglés WYSIWYG (*what yo see is what you get* = lo que tu ves es lo que tu tienes). El sistema de ventanas superpuestas fue propuesto por Alan Kay en su tesis doctoral de la Universidad de Utah en 1969 (Kay 1969), e implementado por el mismo en los desarrollos del PARC a través del concepto del Dynabook (Kay 1977).

Utilizando el ratón como dispositivo de señalización (*pointing device*), el equipo de PARC creó un cursor en pantalla cuyos movimientos se correspondían directamente con los del ratón, todo esto sobre un atractivo entorno gráfico. En este equipo trabajaba Norman Cox, un diseñador gráfico que creó una serie de iconos (documentos, carpetas, buzones de correo, etc.) mediante los cuales muchas de las operaciones del sistema operativo eran identificables a través de objetos concretos visibles (Littman 1988). El objetivo de este trabajo era crear una serie de objetos gráficos (metáforas) que estuvieran directa e intuitivamente relacionados con objetos del mundo real, para fomentar la idea de que la información digital puede ser cogida, movida, manipulada de

forma directa del mismo modo que lo hacemos con la información impresa sobre un escritorio.

Los esfuerzos del PARC por dotar de un entorno operativo amigable se vieron complementados por el desarrollo de aplicaciones específicas. Es el caso del Markup de William Newman (1975), el primer programa de dibujo desarrollado por el centro, y poco tiempo después el Draw de Patrick Baudelaire, que introducía mejoras tales como la posibilidad de manipular directamente las rectas y curvas. En el campo del procesamiento de texto se siguieron las pautas establecidas por Engelbart en la década anterior, lo que llevó al programa Bravo (1974), diseñado por Butler Lampson y Charles Simonyi, y que tiene el honor de ser el primer procesador de etexto en un entorno WYSIWYG.

### **1.2.3. Tercera fase: el desarrollo (1985- )**

Si la segunda fase estuvo marcada por las investigaciones y prototipos del PARC, la tercera y última fase estará caracterizada por la explotación de estos adelantos a escala comercial, por parte de terceras compañías y generando una verdadera revolución que ha permitido popularizar la informática a un nivel jamás soñado con anterioridad.

Quienes primero tomaron el testigo del PARC fueron los ejecutivos de Apple, Steve Wozniak y Steve Jobs. Apple fue una de las tantas pequeñas empresas (que los estadounidenses llaman "de garage"), creadas en la segunda mitad de los años setenta. Su principal éxito fue la creación del Apple II, un ordenador doméstico (*home computer*) que tuvo mucha aceptación principalmente en la costa oeste de los EEUU. En los comienzos de los años '80, la empresa se embarca en un desa-

rollo ambicioso, que a pesar de tener un buen concepto y diseño, no tiene éxito comercial: el ordenador LISA (1982).

Con el fracaso de LISA sobre sus espaldas, Jobs aborda un nuevo proyecto que le permita recuperar el terreno perdido. Interiorizado de los desarrollos del PARC, se propone crear una máquina de similares características del STAR, pero para el público masivo. Luego de muchos meses de arduo trabajo y en medio de grandes dudas, Apple lanza al mercado en 1984 el que llegaría a ser un verdadero mito de la informática de todos los tiempos: el Macintosh. Este ordenador aventajaba en una generación a sus competidores, su concepción era revolucionaria y sus prestaciones impensadas para un ordenador de bajo precio. El entorno de trabajo al igual que en el STAR es completamente gráfico y concebido bajo la metáfora del escritorio. Utiliza a fondo el recurso de las ventanas y los iconos, aplicando los principios de la manipulación directa. El entorno operativo estuvo apoyado por aplicaciones desarrolladas también por la empresa, como en el caso del procesador de texto MacWrite.

Si bien el Macintosh representó un salto cualitativo hacia delante, tuvo problemas para establecerse firmemente en el mercado. Durante la segunda parte de los años ochenta, cada empresa proponía su modelo de ordenador y sistema operativo, siendo completamente incompatibles con los de las otras empresas. Sin embargo, esta situación no podía continuar definitivamente por lo que alguno se tendría que convertir en el estándar *de facto*. Este privilegio le correspondió el PC (*personal computer*), el ordenador doméstico desarrollado por IBM. El triunfo del PC tuvo que ver más con cuestiones comerciales, el peso de IBM era infinitamente más grande que el de Apple, y con cuestiones de visión estratégica ya que esta última compañía nunca brindó informa-

ción interna de su máquina para que terceras empresas (tanto de hardware como de software) hicieran desarrollos. De esta forma en poco tiempo aparecieron los clones, ordenadores tipo PC hechos por empresas ajenas a IBM, pero que eran 100% compatibles con los del "gigante azul". Por otra parte, la calidad técnica del PC dejaba mucho que desear, su sistema operativo era el poco fiable MS-DOS desarrollado por una pequeña empresa externa llamada Microsoft. Los problemas en el funcionamiento del sistema operativo, hicieron que el presidente de esta empresa de software arriesgara un vaticinio en 1984 que hoy nos resulta disparatado: "...la próxima generación de software interesante tendrá lugar en el Macintosh, no en el IBM PC" (Gates 1984). A pesar de ello el PC triunfo sobre el Macintosh aunque este no desapareció, como tantos otros, sino que resistió en sus nichos de usuarios naturales (educación, diseño gráfico, arte, etc.). Por otra parte el PC se tuvo que modernizar, introduciendo un parche al MS-DOS para trabajar en entornos gráficos: el Windows. Esta aplicación recién se afianzaría a partir de su tercera versión, para llegar a dominar todos los entornos de trabajo hacia la segunda mitad de los años noventa, y constituyendo en la actualidad la única opinión disponible a pesar de los esfuerzos de un grupo importante de aficionados de popularizar una versión del sistema operativo UNIX para PC: el Linux.

### **1.3. El HCI aplicado a la recuperación de la información**

Al principio del capítulo habíamos planteado la importancia que tiene el HCI en nuestra disciplina. La misma radica básicamente en que el HCI aporta gran cantidad de elementos a la hora de desarrollar in-



terfaces de usuario (UI) para sistemas automatizados de recuperación de la información. En este último apartado profundizaremos sobre este tema que había quedado solo planteado al comienzo del capítulo.

Como habíamos visto, la literatura generada en torno al UI es profusa y un tanto difusa. Muchos autores encaran el problema desde el punto de vista psicológico del HCI, mientras que otros se centran en los aspectos prácticos del diseño. Martin Helander presenta las siete grandes líneas de investigación en que puede dividirse el tema (Helander 1988):

- modelos y teorías del HCI
- diseño de UI
- entrenamiento
- aplicaciones de tecnología informática
- herramientas para el diseño y la evaluación
- inteligencia artificial
- cuestiones psicológicas y organizativas

Ben Shneiderman pone el énfasis en la evaluación de los UI. Critica las posturas de selección de interfaces en función de su apariencia o supuesta "amigabilidad". Para ello propone cinco criterios mensurables de evaluación (Shneiderman 1992):

- tiempo necesario para aprender el manejo del interfaz
- velocidad de desempeño
- tasa de error por usuarios
- satisfacción subjetiva
- retención de sobretiempo (*over time*)

Otro tema trabajado por Shneiderman es el de los modos de interacción, de los cuales establece tres grandes categorías: 1) modo comando, 2) selección por menú, y 3) manipulación directa. El modo comando es el tipo de interfaz preferido por los usuarios expertos. Sin embargo, las preferencias del usuario no siempre indican el mejor de los interfaces (Shaw 1991). La manipulación directa es sin lugar a dudas el modo de interacción más rico y estudiado. Bajo este concepto se han albergado los desarrollos de Star, Macintosh y Windows, y básicamente pone énfasis en los siguientes principios (Shneiderman 1983):

- Representación continua de los objetos interesados
- Acciones físicas (ej. Movimientos y selección por medio de ratones, joystick, etc.)
- Las operaciones rápidas, incrementales y reversibles sobre los objetos son visualizadas de forma inmediata.
- El aprendizaje del interfaz es sucesivo y por niveles, con lo cual se pueden usar con un mínimo de conocimiento.

El concepto de manipulación directa ha dado lugar a la creación de interfaces gráficos de usuario (GUI). Los GUI tienen una gran importancia en el mundo de la informática en general, y en el de los sistemas de recuperación de la información en particular. Por ejemplo, su incorporación a los OPAC puede solucionar uno de sus aspectos más criticados: lo limitados y poco amigables que son sus UI (Fernández Molina & Moya Anegón 1998). Charles Hildreth ha trabajado a fondo el tema de la evolución de los OPACs, estableciendo una serie de generaciones en función de sus prestaciones. Para él, las líneas de inves-

tigaciones que se están llevando a cabo en pos de la mejora de estos sistemas, pueden ser resumidas en tres áreas o dominios: 1) los interfaces gráficos de manipulación directa, 2) la mejora y optimización del browsing, y 3) los mecanismos intermediarios o *front-end*. El primer punto responde a las propuestas de Shneiderman. En la segunda área se han centrado la mayoría de los esfuerzos de investigación, por dos vías diferentes: mediante los interfaces gráficos basados en el concepto de manipulación directa, y a través de técnicas para reducir la sobrecarga de información que se produce en la presentación de los datos en la pantalla. Una de las formas de reducción consistiría en generar representaciones gráficas del contenido de la base de datos, mediante algún tipo de metáfora que sirviera de síntesis de la información disponible. Esta es la línea sobre la que se asienta la presente investigación y para la cual es necesario apelar al tercer campo citado: los mecanismos intermediarios. Estos son unos dispositivos que no están limitados por la base de datos y su sistema de recuperación. De esta forma un *front-end* puede ser una metáfora gráfica que permitiría visualizar los contenidos de una base de datos para permitir un browsing global de la misma. Las cuestiones en torno a la problemática de la visualización de la información son tratadas en el siguiente capítulo.

## Capítulo 2

### La visualización de la información

La visualización de la información es una actividad que el hombre ha venido cultivando con bastante antelación a la aparición de los ordenadores, no obstante, sin estos últimos muchas aplicaciones de visualización serían imposibles. La visualización toma comúnmente la forma de gráficos, figuras e imágenes que son utilizadas para apreciar fenómenos naturales (p.ej. mapas meteorológicos), estructuras teóricas e invisibles (p.ej. partículas atómicas y sub-atómicas), flujos de diferentes formas de materia (p.ej. flujo de aire por el ala de un avión), sistemas de interacciones (p.ej. procesos químicos), modelos de relación en series multivariante de datos (p.ej. datos médicos y sociométricos), entre otros fenómenos. Recientemente, se están aplicando estas técnicas a series de datos en el mundo de los negocios y a los contenidos informativos de conjuntos de documentos (Williams, Sochats, & Morse 1995). Esta última aplicación es la que a nosotros nos interesa.

El término visualización aparece por primera vez en 1987 en un informe del National Science Foundation (NSF) Advisory Panel on Graphics, Image Processing and Workstations bajo la forma *visualization in scientific computing*, aunque posteriormente sería reducida a *scientific visualization* (McCormick, Defanti, & Brown 1987). No obstante, la visualización se constituirá en una disciplina científica a principios de la década del noventa, con la aparición de su primera conferencia: la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Visualization Conference, y posteriormente con su correlato europeo:

Eurographics Workshop in Scientific Visualization. Un número especial en 1989 de la revista *Computer* editado por Gregory Nielson (Nielson 1989) y un manual publicado por el mismo autor al año siguiente (Nielson, Shriver, & Rosenblum 1990), sentaron las bases de esta disciplina incipiente.

Aunque la visualización es un proceso cognitivo ejecutado por el ser humano formando una imagen mental de un dominio (p.ej. química, arqueología, meteorología), en la informática se representa este dominio temático utilizando gráficos, imágenes y secuencias animadas, para presentar la estructura y el comportamiento dinámico de series de datos grandes y complejas, que representan sistemas, eventos, procesos y objetos. Los ordenadores como tales no visualizan, solo soportan la visualización humana.

Algunos autores definen la visualización desde una perspectiva abstracta de tratamiento de información multivariante. Tal es el caso de Rossignac y Novak, quienes afirman que la visualización consiste en la representación de valores discretos de un dominio  $n$ -dimensional en un mapa de *pixels*, mediante algún proceso de reducción de la dimensión. Este proceso de reducción se justifica por la capacidad de la percepción humana para extraer información de estímulos visuales (Rossignac & Novak 1994).

McCormick define a la visualización científica como un método de la informática, que transforma lo simbólico en geométrico. La visualización ofrece un método para ver lo que comúnmente no se ve. Enriquece el proceso de descubrimiento y fomenta revelaciones (*insights*) profundas e inesperadas. En algunos campos del conocimiento ya ha revolucionado la forma en que los científicos hacen ciencia (McCormick, Defanti, & Brown 1987). Para Shneiderman la visualización de la in-

formación persigue tres objetivos: 1) descubrimiento, 2) toma de decisiones, y 3) explicación (Card, MacKinlay, & Shneiderman 1999).

La principal dificultad en la visualización consiste en implementar una representación que muestre las características más relevantes de los datos de un determinado dominio. Para describir un elemento de un dominio (un sistema, proceso, objeto o evento), contamos con tres formas básicas de representación: 1) lingüística, 2) gráfica, y 3) una combinación de las dos anteriores. El lenguaje natural es un potente medio para describir un amplio rango de eventos u objetos, pero presenta algunas limitaciones tales como la velocidad de procesamiento, requisitos de memoria, contextos semánticos, etc. Por otra parte, las representaciones gráficas pueden mostrar relaciones espaciales entre un gran número de objetos mucho más rápidamente y con menos requisitos de memoria que el lenguaje natural, pero están limitadas con respecto a la forma en que los objetos pueden ser inequívocamente descritos. La solución óptima se encuentra en una sabia combinación de ambas formas, y que según algunos autores ha dado lugar a una nueva disciplina: la esquemática.

## **2.1 La esquemática**

La conceptualización del proceso de visualización humana ha incentivado la labor de varios autores. Joan Costa afirma que visualizar consiste en hacer visibles y comprensibles al ser humano aspectos y fenómenos de la realidad que no son accesibles al ojo, e incluso muchos de ellos no son de naturaleza visual. Por lo tanto, visualizar no es un resultado implícito en el acto de ver (Costa 1998). No es un pro-

ducto espontáneo del individuo que recibe la información "ya visualizada", sino del comunicador visual. Este trabajo consiste en transformar datos abstractos y fenómenos complejos de la realidad, en mensajes visibles, haciendo así posible a los individuos ver "con sus propios ojos" tales datos y fenómenos que son directamente inaprehensibles, y por tanto comprender la información que yace oculta. Es un acto de transferencia del conocimiento, por lo tanto, la visualización se justifica en el hecho de que el mundo es multifacético, multidimensional, multifenomenico, y se presenta como un *continuum* (Tufte 1990). Si lo que llamamos "la realidad" es lo que percibimos, se comprende que "visualizar" es un medio de ampliar el mundo de lo perceptible, es decir, de generar y transmitir conocimientos que en principio no están a nuestro alcance. Costa considera que el dominio de los lenguajes gráficos utilizados para visualizar estos "fenómenos invisibles" configuran una nueva ciencia de la comunicación visual, la esquemática, a la que el autor ha definido como el "tercer lenguaje", después de la imagen y el signo.

La esquemática es una actividad más comprensiva que lo que habíamos definido como visualización científica al principio de este capítulo. Costa establece tres campos principales de índole general, tal como podemos apreciar en el cuadro 2.1: 1) el de la investigación científica, 2) el de la técnica, y 3) el de la praxis cotidiana. Cada uno de los campos se caracteriza por las funciones de la esquemática, es decir, la utilidad precisa en cada caso se define por la motivaciones de sus destinatarios, y se expresa mediante diferentes tipos de lenguajes gráficos.

De los tres campos citados, al que más atención le presta Costa es el de la praxis cotidiana, y dentro de este, a los procesos comunicativos que deben entablar los usuarios con los dispositivos derivados de lo que el llama "la tecnología de la información". La utilización inteligente

de cualquier aparato, desde un lector de discos compactos hasta un cajero automático, constituyen para el usuario un verdadero reto cotidiano. En este punto Costa ataca dos puntos básicos: el del interfaz intuitivo que presenta cada dispositivo, y el de la documentación o folletos de instrucciones de uso.

<b>Ambito de aplicación</b>	<b>Ciencia</b>	<b>Técnica</b>	<b>Praxis cotidiana</b>
<b>Funciones</b>	Investigación Divulgación	Desarrollo Estrategia Innovación y aprendizaje Autodidaxia	Consumo Invencción tecnológica
<b>Destinatarios</b>	Teóricos Ingenieros	Gran público Especialistas Expertos	No especialista Usuarios profesionales
<b>Lenguajes gráficos dominantes</b>	Iconografía técnica Esquemas	Dibujos técnicos Esquemática Ilustraciones	Imágenes utilitarias Gráficas Píctogramas

Cuadro 2.1 – Los tres campos de la información visualizada (Costa 1998)

Por último, y con la finalidad de caracterizar de forma más clara a esta disciplina, Costa propone doce axiomas para caracterizar la visualización esquemática:

1. La "visualización esquemática" no tiene el carácter ni la función representacional que son propios de la imagen figurativa (fotografía, ilustración, cine, holografía), ni la función descriptiva o narrativa del texto escrito.
2. La primera condición del diseño de información es su valor semántico y monosémico; no es el valor estético (el esquematasta no es un artista), aunque la visualización gráfica implica en sí misma unos

valores estéticos relativos, a los que no se renuncia: el placer del ojo, la agradabilidad perceptiva y, por tanto, la eficacia comunicacional por esta vía añadida.

3. Tampoco son objetos del diseño de información, la persuasión publicitaria, la seducción de la propaganda ideológica, ni el decorativismo o la fascinación óptica.
4. La visualización de la información de baja iconicidad, se centra en "representaciones elaboradas" (planos, mapas, dibujos técnicos y otras formas de representación no literales). Las de iconicidad nula, con las "presentaciones no figurativas" (diagramas, gráficos y esquemas). Esto constituye, junto a la imagen y al texto, "el tercer lenguaje" de nuestra civilización técnica.
5. El objeto del diseño de información es la transmisión de conocimientos comprensibles y útiles, tanto para el individuo corriente en su vida cotidiana (mapas, planos, guías, señalética, folletos de instrucciones de uso), como para el técnico y el profesional (diagramas, dibujos técnicos, organigramas, gráficos, económico-estadísticos) y para el científico (ilustración médica, investigación neurométrica, oceanográfica, etc.).
6. La información visual tiene fines claramente pragmáticos y su grado de eficiencia depende de como el visualista elimina la complejidad de los fenómenos y los procesos y los hace visibles, inteligibles y comprensibles a los ojos de su receptor, con el mínimo espacio de tiempo y con el menor número de elementos.

7. La información visual por esquemas se opone a la ambigüedad abstracta de los fenómenos complejos e inaccesibles a la percepción directa, o a través de otros modos de presentación (lingüística, por ejemplo), o de representación por medio de la imagen (en sí misma, polisémica) y de otros "lenguajes" gráficos como el dibujo, la ilustración, la fotografía, la caricatura, el cómic, etc.
8. La información visual consiste en presentar mensajes unívocos, monosémicos, que no admitan otras interpretaciones más que las que se deben suscitar en el receptor humano por mediación del diseñador visualista, verdadero organizador de la estructura y los elementos del mensaje esquemático.
9. La información visual encarna el tránsito de la comunicación unidireccional y reactiva (el cartel, el embalaje de un producto, la señal de tráfico, el folleto de instrucciones y, en general, todo lo que concierne al "medio impreso"), hacia la comunicación bidireccional, interactiva, en el sentido de la autodidaxia, donde hay un juego entre los mecanismos de inducción-deducción, por los que el individuo deja de ser receptor pasivo ante los estímulos que le llegan, para ser intérprete, actor y protagonista.
10. El cometido de la información visual es reducir la complejidad, reducir la ambigüedad, reducir la incertidumbre. Pero estos modos de "reducir" lo real para hacerlo comprensible y utilizable, no puede ser "reduccionistas" del fenómeno que presentan, sino que deben con-

servar toda su riqueza real y tener en cuenta al propio tiempo las relaciones del fenómeno con su contexto.

11. La información visual debe ser implicante, animar al ojo para que descifre paso a paso el mensaje, compare las diferentes partes de los datos gráficos y extraiga así conocimientos prácticos.
12. Los esquemas constituyen un nuevo "lenguaje", que no es el de la imagen representacional ni el del texto literal. Es un lenguaje lógico, estructurado, codificado y abstracto: el "tercer lenguaje".

Para comprender un poco los elementos que entran en juego en la esquemática, hay que introducirse en el concepto de esquema como *Gestalt*. Una *Gestalt* es una unidad comunicacional que es percibida en su conjunto de una sola vez, y que toma los caracteres de instantaneidad y globalidad de una imagen. *Gestalt* es un término psicológico clave para designar una serie de propiedades o de reglas perceptivas. La escuela psicológica que ha trabajado a fondo este concepto se conoce por *Gestalttheorie* (teoría de la forma), un movimiento que se originó a principios de este siglo en Alemania y que luego pasó a Estados Unidos por la emigración intelectual que sufrió Europa Central. Bajo principios sencillos, "el todo es más que la suma de las partes", se la ha relacionado con el posterior estructuralismo: "percibir estructuras de elementos y estructurar lo que se percibe". La traducción de *Gestalt* como forma es un tanto pobre, el verdadero sentido en alemán sería *configuración*, un concepto mucho más complejo. La *Gestalttheorie* establece una serie de leyes y principios básicos para analizar la configuración de una imagen, y nosotros nos hemos valido de ellos para ver en

que grado responden nuestras representaciones a cada una de ellas. Estos principios son veinte en total (Costa 1998):

1. Ley de totalidad. El todo es diferente y es más que la suma de sus partes. Esta idea constituye la base de las representaciones ya que como dijimos anteriormente, el esquema va mucho más allá de lo datos que lo generan.
2. Ley estructural. Una forma es percibida como un todo, con independencia de la naturaleza de las partes que la constituyen.
3. Ley dialéctica. Toda forma se desprende del fondo sobre el que está establecida. La mirada decide si tal o cual elemento del campo visual pertenece alternativamente a la forma o al fondo (principio *in-out*).
4. Ley de contraste. Una forma es mejor percibida en la medida en que se establece un mayor contraste entre ella y su fondo.
5. Ley de cierre. Una forma será mejor en la medida en que su contorno esté mejor cerrado. Una forma debe volver sobre sí misma, de otro modo deja escapar la "forma potencial" por esa abertura provocada.
6. Ley de completación. Si un contorno no está completamente cerrado, la mente tiende a completar o continuar dicho contorno incluyendo los elementos que son más fáciles de aceptar en la forma, o que son de algún modo inducidos por ella.

7. Noción de pregnancia. Es la fuerza de la forma. Es la dictadura de la forma sobre el movimiento ocular, así como su capacidad por imponerse en la mente y en el recuerdo.
8. Ley de simplicidad. En un campo gráfico dado, las figuras menos complejas tienen una mayor pregnancia. Una figura simple es aquella que necesita menor número de elementos para construirla.
9. Ley de concentración. Llamada también de simetría, de equilibrio y de inclusión. Los elementos se organizan alrededor de un punto central, que es su núcleo.
10. Ley de continuidad. Los elementos que se desarrollan siguiendo un eje continuo constituyen una forma pregnante.
11. Ley de contorno. Las figuras cuyas formas poseen mayor contraste sobre el fondo son agrupadas y asociadas por la percepción, y poseen un alto potencial de pregnancia.
12. Ley del movimiento coordinado. Los diferentes elementos que participan de un mismo movimiento constituyen una forma pregnante.
13. Ley de continuidad de dirección. Una línea curva es percibida como un segmento de circunferencia y un segmento de línea.

14. Principio de invariancia topológica. Una forma resiste a la deformación en la que se la hace incurrir. Esta resistencia se da en la medida en que la forma es más pregnante.
15. Principio de enmascaramiento. Una forma resiste a las diferentes perturbaciones a las que está sometida. En la medida en que la forma sea más pregnante, será más persistente.
16. Principio de Birkhoff. Una forma será tanto más pregnante en la medida en que contenga un mayor número de "ejes de simetría" (regularidad, estabilidad).
17. Principio de proximidad. Los documentos del campo perceptivo que están aislados, pero que son vecinos, tienden a ser considerados como "grupos" o formas globales.
18. Principio de similaridad. En un campo de elementos equidistantes, aquellos que tienen mayor similitud por su forma, tamaño, color y dirección, se perciben ligados entre ellos para formar una cadena o grupos homogéneos.
19. Principio de memoria. Las formas son tanto mejor percibidas por un individuo en la medida en que le son presentados con mayor frecuencia.
20. Principio de jerarquización. Una forma compleja será tanto más pregnante cuando la percepción éste mejor orientada, conduciendo

la mirada del receptor de los principal a lo accesorio, es decir, cuando las partes están mejor jerarquizadas.

Todos estos principios son fundamentales para tener un acercamiento a la esquemática como lenguaje. Sin embargo, existen otros mecanismos que se encuentran en un umbral inferior de la percepción gúestáltica. Estos principios o reglas fueron planteados por Abraham Moles, denominándolos *Leyes de la infralógica visual*. Las reglas infralógicas son más o menos independientes del razonamiento lógico formal, ubicándose por debajo de él. Entre las reglas que pueden ser aplicadas a la esquemática encontramos (Moles 1987):

1. Ley de la centralidad. Los elementos que se presentan en el centro de la figura son más importantes, o mejores, que los presentados en la periferia.
2. Ley de la correlación. La correlación es siempre una (presunción de) causalidad: si A está junto a B, es porque A y B mantienen una relación causal; A es causa parcial de B, o bien a la inversa.
3. Ley de no transitividad. Si A implica a B y B implica a C, ello no significa que A implique a C.
4. Ley de amplificación de la causalidad de las series. Si A implica a B y B implica a C y si C implica a D, el hecho de que A implique a B es más evidente, más cierto, que si solo estuvieran presentes A y B.

5. Ley de infinidad. Si en una serie infinita de elementos representados, todos ellos son idénticos, la mente se forma la idea de que esa serie es limitada si la serie comporta al menos tres términos yuxtapuestos; la noción de infinito riguroso de la serie se adquiere cuando el número de elementos similares es superior a siete.
6. Ley de percepción de la complejidad. El concepto de complejidad emerge en la conciencia cuando el número de elementos presentes en el espacio gráfico con relaciones de diferentes naturalezas es superior a siete.
7. Ley perspectivista. En una composición, el orden cercano es *a priori* independiente del orden lejano.
8. Ley de dominio del ángulo recto. Los elementos u objetos cuyos contornos están formados por ángulos rectos están más elaborados, que los formados por otro tipo de ángulos.
9. Ley de cuantificación de los ángulos. Los únicos ángulos que poseen existencia autónoma en el mundo visual de ensamblaje de contornos lineales son los ángulos de  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $30^\circ$ . Todos los demás que aparecen en una figura plana se consideran *a priori* deformaciones o aberraciones de los ángulos precedentes.
10. Teorema de Franck. Cuando, en un conjunto amplio de elementos uniformes, un determinado número de elementos están provistos de una propiedad única (una coloración definida de los objetos, la presencia de una letra particular en el interior de una secuencia li-

teral, etc.), la percepción subjetiva estima que se ha producido un cambio cualitativo en el conjunto a partir del momento en que el cambio afecta a más del 34% de los elementos del conjunto.

11. Ley de perspectiva dinámica. Una representación perspectiva de objetos o de seres que poseen un punto de fuga más cercano es más dinámica que una vista perspectiva del mismo conjunto con un punto de fuga alejado (pequeñas o grandes distancias focales en fotografía).
12. Ley de coloración. Las cosas representadas en color tienen mayor carga connotativa y expresiva, en igualdad de condiciones, que las representadas en monocromo.
13. Ley del valor cualitativo de los colores. Los elementos que poseen una crominancia intensa son superiores a los que poseen una crominancia débil, si todos los demás factores son iguales.
14. Ley de pureza cromática. Los objetos de color puro saturado son superiores a los objetos de color mezclado o pastel en cualquier situación connotativa (más fuerte, mejor, más joven, más vivo, superior, etc.).
15. Ley de fuerza cromática. Los objetos de color puro y "fuerte" (rojo, amarillo, negro, blanco, etc.) dominan la atención con respecto a los objetos o cosas de colores débiles (gris, verde, azulado, violeta, rosa, etc.).

## 2.2 El modelo de Williams-Sochats-Morse

Los conceptos del punto anterior son útiles para caracterizar la problemática de la visualización de la información solo en términos generales. Para entrar más en detalle en cada uno de los elementos que participan en este proceso, es necesario adoptar un modelo de análisis detallado como el de la figura 2.1, desarrollado por James Williams, Kenneth Sochats y Emile Morse (Williams, Sochats, & Morse 1995).

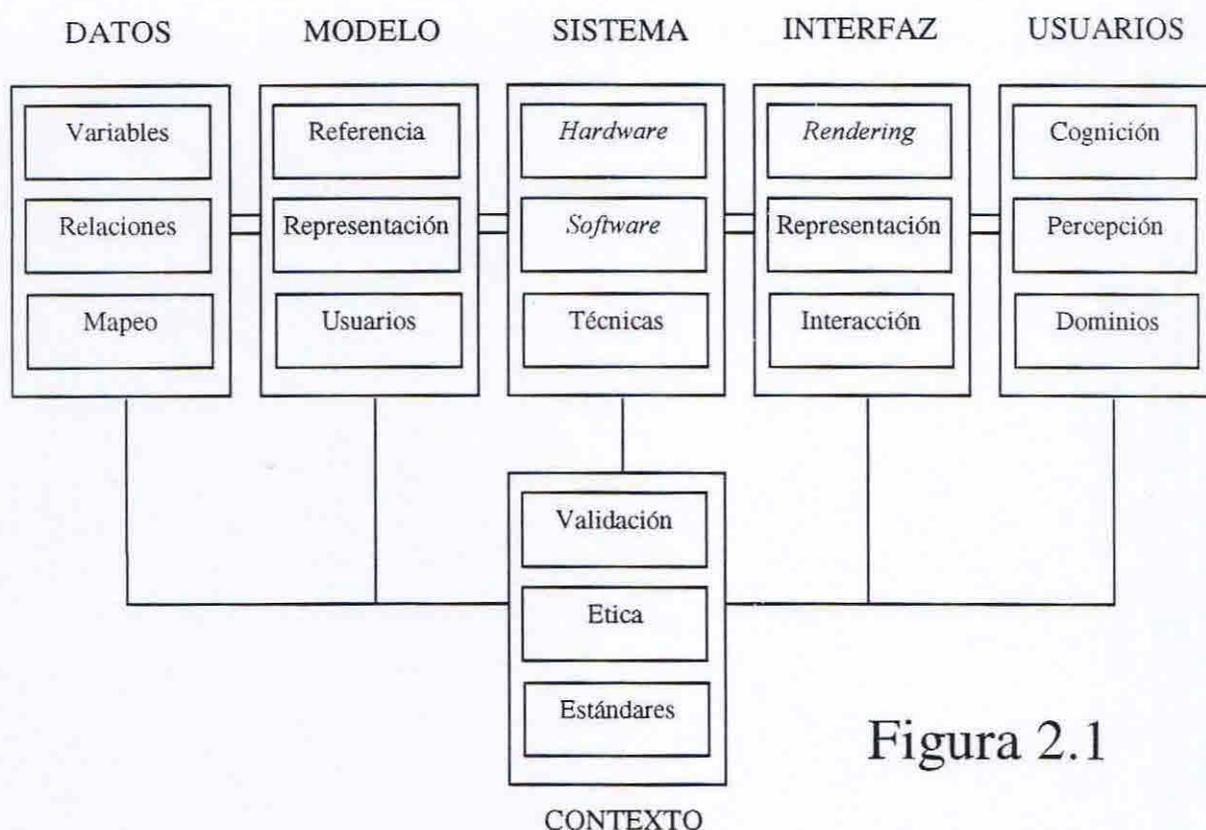


Figura 2.1

Ellos proponen la existencia de seis componentes principales, cada uno de ellos formado por tres elementos más específicos. El modelo asume la existencia de una serie de *datos* que en función de un *modelo* preestablecido y gracias a un *sistema* informático son presenta-

dos a los *usuarios* a través de un *interfaz*. El *contexto* esta relacionado con las convenciones informativas y con los límites que impone la cultura comunicativa. A continuación se detallaran brevemente cada uno de los componentes del modelo.

### 2.2.1 Usuarios

Los usuarios no solo son el eslabón final del proceso de visualización, sino que lo justifican en sí mismo ya que la visión es el sentido humano mejor preparado para recibir, reconocer y entender información. La percepción y cognición visual son las principales herramientas para analizar las imágenes. A su vez las imágenes constituyen el mejor medio para presentar grandes volúmenes de datos numéricos que permiten descubrir relaciones insospechadas u observar algo que ningún otro medio podría mostrar.

Generalmente, dentro de la literatura en torno a la visualización, nos encontramos con que los principales problemas abordados (al igual que mencionamos con el HCI en el capítulo anterior), se centran en cuestiones relativas a la gestión de los datos, el *hardware* y el *software*. Las cuestiones relativas a la percepción humana son tratadas solo tangencialmente, a pesar de que constituye una línea de investigación interesante. Uno de los autores más destacados en esta área es Edward Tufte, quién ha estudiado a fondo la naturaleza de la representaciones gráficas y su capacidad de transmitir información (Tufte 1983) (Tufte 1990).

Quizás el aspecto más trabajado ha sido el del color, tanto desde el punto de vista físico como artístico. Tal es el caso de Jean-Francois

Collona quien describe a la visualización científica como " la forma de reconciliar a artistas y científicos" (Colonna 1994). El presenta a la pintura como el mundo en el cual la capacidad artística de transmitir emoción al observador constituye una influencia positiva para el diseño de sistemas usados por científicos. En este mundo, el color es la forma más básica usada para codificar la información en el entorno visual.

Las propiedades de las escalas de colores son discutidas por Levkowitz y Herman. Ellos establecen tres principios básicos: 1) los colores utilizados en un mapa deben preservar la ordenación de los datos, 2) el color debe comunicar la distancia existentes entre los puntos en un espacio de datos, y 3) la utilización del color no debe crear bordes ni límites inexistentes en los propios datos (Levkowitz & Herman 1992). Este último punto debe ser interpretado con el fin de evitar la utilización de coloraciones tipo prisma o arco iris, ya que el color es percibido como una sensación y no como un ancho de banda (Gershon 1994).

A pesar de lo que se cree comúnmente, la utilización del color en una representación no mejora necesariamente la interpretación de la información (Levkowitz & Herman 1992) (Perlman Gary & Swan 1994). En muchos casos el empleo de muchos colores torna a la representación más atractiva, pero puede ser mucho más difícil de interpretar que una representación basada en escalas de grises. También es posible mejorar una representación a través de diferentes texturas, especialmente cuando se presentan datos multidimensionales.

El último elemento a tener en cuenta en el apartado de usuarios es el relativo a los dominios de aplicación de la visualización. Como hemos dicho a principio del capítulo los dominios de aplicación aumentan constantemente y es imposible hacer una lista exhaustiva de ellos. A los fines de nuestro trabajo, nos centraremos en la visualización de biblio-

gráficas, bases de datos, catálogos y colecciones de documentos. Estas aplicaciones, además de ser específicas de nuestra disciplina, constituyen es un campo relativamente nuevo en el que hay pocas experiencias, casi todas ellas recogidas en el interesante *review* de White y McCain (White & McCain 1997). Estas experiencias se analizarán con más detalle en los dos capítulos siguientes.

### **2.2.2 Interfaz**

El siguiente componente del modelo es el interfaz y sobre el mismo no entraremos en consideraciones generales ya que son totalmente válidas las planteadas en el capítulo anterior cuando hablamos del HCI. El primer elemento del componente interfaz son las técnicas gráficas de *rendering*, las cuales son esenciales para dotar de calidad, realismo, e integridad a la visualización. Optamos por el término *rendering* en inglés ya que no contamos con una traducción inequívoca al castellano. Se entiende por *rendering* a aquellas técnicas que mediante el agregado de luces, sombras, texturas, colores, reflejos, etc., dan realismo a una imagen. Este tipo de técnicas son muy específicas del diseño gráfico por ordenador y son de gran utilidad cuando la visualización es tridimensional y/o contiene animaciones.

El segundo elemento, la representación, no esta ligada a cuestiones estéticas como el primer elemento sino que su importancia es mayor ya que influye directamente en la interpretación y comprensión de la visualización. Los objetos físicos, por ejemplo, pueden ser representados tal y como existen en el mundo real, o pueden serlo utilizando una representación abstracta denominada comúnmente metáfora. De-

bido a que el objetivo de la representación consiste en transmitir un tipo de información que es compleja, abstracta, teórica y multidimensional, la utilización de una metáfora permite eliminar aquellas características del objeto que no son útiles para transmitir esta información y por otra parte sobredimensionar aquellas que si lo son.

George Robertson opina que la elección de una determinada metáfora depende del contexto, particularmente del modelo mental que es capaz de construir el usuario en función de la representación. Él habla del paradigma del escenario natural (*natural scene*), el cual se logra: 1) usando modelos entendibles y fáciles de utilizar, tales como las estructuras 3D, 2) representado los datos de la variables mediante propiedades reconocibles de los objetos, 3) induciendo los modelos y representaciones en la mente del observador mediante la utilización de técnicas gráficas de simulación (Robertson, MacKinlay, & Card 1991). Como podemos observar, las metáforas deben ser diseñadas en función de los usuarios y su contexto, y pueden ser de lo más variadas. De las metáforas y representaciones utilizadas especialmente en el campo de la recuperación de la información nos encargaremos con más detalle en los capítulos 4 y 5.

El tercer elemento es la interacción y está relacionada con aquellos periféricos con que cuenta el usuario para interactuar con el sistema: teclado, ratón, *joystick*, *trackball*, pantalla sensible al tacto (*touch-screen*), y el casi en desuso lápiz óptico. Estos periféricos son los más comunes en los entornos estándares de visualización. No obstante, si deseamos movernos en entornos tridimensionales de realidad virtual (RV), quizás sean necesarios otros tipo de dispositivos, tales como el ratón 3D, el *dataglove* (guante sensible) o el *datasuite* (traje sensible). También existen dispositivos para el reconocimiento del habla y de los

gestos, así como también el casco que permite la inmersión total en el entorno virtual.

### 2.2.3 Sistema

Como señalamos al principio del capítulo, la evolución de los ordenadores ha permitido el crecimiento y desarrollo de la visualización científica. Este crecimiento está incluso cuantificado por John Gantz, quién demuestra que el mercado de la visualización científica basado en estaciones de trabajo (*workstations*) es un segmento comercial muy activo, y lo atribuye a cinco razones: 1) la caída en el precio de las estaciones de trabajo junto a la mejora en el rendimiento de sus microprocesadores, 2) mejoras en los periféricos gráficos y la inclusión de capacidades de procesamiento en los propios periféricos, 3) disponibilidad de productos más baratos, 4) la integración dentro de paquetes de herramientas de visualización junto a software de modelado y animación, y 5) la aceptación por parte de los científicos del concepto de visualización científica (Gantz 1992).

Del componente sistema el elemento que está creciendo con más espectacularidad es el del *hardware*. Se calcula que en términos generales el hardware disponible en el mercado mejora cerca del 30% en un año, esto teniendo en cuenta que son los propios fabricantes quienes frenan este fenómeno para poder liquidar sus *stocks* y remanentes. Las mejoras no sólo tienen que ver con la velocidad de procesamiento y la capacidad de almacenamiento. Los dispositivos gráficos también están en constante cambio. La resolución de las pantallas está cada vez más cerca de llegar al límite de la resolución del ojo humano, mientras que

las tarjetas aceleradoras de video permiten trabajar con el volumen de datos que deben soportar semejante nivel de calidad.

Con respecto al *software*, es necesario hacer una división en dos grandes categorías: 1) los paquetes generales de gestión de gráficos, y 2) las aplicaciones de visualización específicas. Los primeros poseen varias características comunes que permiten clasificarlos. Williams establece 11 de esas características (Williams, Sochats, & Morse 1995):

- Entorno: el software de visualización debe proveer un entorno que soporte representaciones 2D, 3D, volumétricas, y de otros tipos.
- Punto de vista: debe dar al usuario un punto de referencia con respecto a los objetos que visualiza y de ser posible una referencia absoluta de origen.
- Navegación: debe facilitar el cambio del punto de vista de los objetos visualizados.
- Transformación gráfica: debe ser capaz de modificar la escala, rotación, translación, reflexión y perspectiva del objeto visualizado.
- Transformación de datos: debe disponer de funciones estadísticas y matemáticas para filtrar y modificar objetos.
- Agrupamiento: debe permitir el agrupamiento de diferentes objetos para combinarlos en un macro-objeto.



- Rendering: debe permitir al usuario cambiar las propiedades visuales (*rendering*) de un objeto (i.e. color, textura, iluminación, sombras, etc.).
- Mapeo: el sistema debe tener la capacidad de mapear o graficar los datos en escalas estándares (i.e. ejes cartesianos, logarítmicos, polares, esféricos, etc.).
- Animación: debe permitir al usuario aplicar técnicas de animación a los objetos.
- Entrada/salida: el sistema debe proveer la facilidad de exportar e importar información desde y hacia otros paquetes del mercado o formatos estándar.
- Gestión: finalmente el sistema debe presentar un interfaz de trabajo flexible, coordinado y modular.

Las aplicaciones de visualización específicas no pueden ser descritas genéricamente ya que responden de forma diferente a los diferentes contextos y campos de conocimientos para las que han sido diseñadas y desarrolladas. El tercer elemento, las técnicas, son en realidad un derivado del *software* ya que se refiere a las cuestiones específicas de cómo se resuelven los problemas estéticos de la representación gráfica de los objetos (mediante polígonos, texturas, etc.).

## 2.2.4 Modelo

Un modelo es una abstracción que describe un objeto o proceso, sus componentes más importantes y su comportamiento. Phillip Robertson discute sobre la necesidad de un modelo y concluye que la visualización no ha avanzado más por falta de cinco modelos (Robertson et al. 1994):

- Modelo de referencia: este modelo sería útil para estandarizar la terminología, identificar los componentes nucleares, identificar limitaciones y comparar sistemas.
- Modelo de datos: estos modelos han sido propuestos, aunque no incorporan una descripción genérica de que incluya todo los tipos de datos para una amplia gama de aplicaciones y que permita trabajar a los desarrolladores y usuarios en un alto nivel de abstracción, preservando la integridad de las estructuras de datos.
- Modelo de usuario: esta basado en el dominio de aplicación, el tipo de herramienta de visualización necesaria, los métodos para operar estas herramientas, y el nivel de conocimientos necesario para ello.
- Modelo de tiempo: este modelo es necesario para poder describir formalmente a la variable tiempo y su relación con todos los procesos sobre los que influye.
- Modelo de dispositivo: es necesario para describir el tipo de datos que un dispositivo puede aceptar. Los tipos de datos pueden ser

geométricos, cinemáticos, dinámicos, físicos, etc. El modelo de dispositivo puede incorporar vídeo, audio, pantallas montadas (*head-mounted displays*), posicionamiento y orientación 3D, etc.

### **2.2.5 Datos**

Los datos son la materia prima de la visualización. Pueden ser colectados de nuestro entorno, generados por experimentos de laboratorio, producidos por simulación, o abstraídos de objetos y procesos mediante el hombre o los ordenadores. Los datos pueden provenir de mediciones realizadas directa o indirectamente sobre objetos o procesos, que generalmente representan variables, relaciones y valores seleccionados de ellos. Las variables, relaciones y valores usados en la visualización deben ser el resultado de un teoría bien establecida, o pueden provenir de una teoría que buscan verificar. En otras palabras, la visualización tiene por objetivo facilitar el descubrimiento de nuevas estructura, relaciones, hipótesis, modelos o teorías. Desde el momento en que la visualización consiste en el mapeo (*mapping*) de un dominio de datos para su exposición, la gestión, preparación, estructura, y representación de los datos son pasos críticos de un proceso complicado. Nelson y Elvins señalan que la clasificación de los datos es una de las funciones más difíciles de realizar debido al gran volumen de cálculos necesarios (Nelson & Elvins 1993).

### **2.2.6 Contexto**

Se entiende por contexto a las condiciones en que se realiza la visualización, incluyendo el contexto social. La validación y la verificación de los sistemas de visualización se fundamenta en la necesidad de evaluarlos. Para ello es necesario desarrollar estándares que permitan la interacción de forma más precisa entre los usuarios, investigadores y desarrolladores de aplicaciones. En la actualidad, la terminología en este campo es todavía ambigua y conflictiva, al igual que otros aspectos como el de los formatos de datos. Estos formatos multiplican día a día y generalmente cada aplicación nueva desarrolla su propio formato (llamado propietario). Por ello Gershon destaca la importancia de los formatos universales, que si bien generalmente son menos potentes que los propietarios, garantizan el intercambio de datos entre distintas aplicaciones y plataformas (Gershon 1994). En este sentido, un ejemplo bastante claro lo constituye el formato para modelos tridimensionales Virtual Reality Modeling Language (VRML), formato que utilizaremos en nuestro estudio.

El modelo se completa con unas consideraciones en torno a la ética. Ellos afirman que al ser la visualización una actividad mediante la cual se brinda una representación gráfica sobre un fenómeno que generalmente no percibimos a simple vista, es susceptible de ser manipulada para representar falsamente una colección de datos. Como ejemplo citan la capacidad de ciertas representaciones estadísticas (o de ciertos estadísticos) para ocultar o incluso tergiversar la realidad misma.

Para finalizar Williams, Sochats y Morse presentan siete tendencias para un futuro mediato en el mundo de la visualización:

- La visualización tenderá a ser cada vez más multimedia. El sonido, las animaciones, la información táctil y los interfaces de RV serán incorporados paulatinamente.
- Los avances en materia de *hardware* permitirán la utilización de monitores más grandes, con mayor cantidad de colores y mejor resolución de puntos (*pixels*). También se mejorará la velocidad de procesamiento de las imágenes, por lo que mejorarán las prestaciones de las representaciones dinámicas en tiempo real.
- Por su parte al avance en materia de *hardware* lo seguirá el del *software*, por lo que el usuario tendrá mayor capacidad de trabajo. También se contará con nuevos procesos para la transformación y análisis de los datos.
- Debido a que los responsables de crear las visualizaciones día a día van ganando experiencia sobre la forma en que el usuario interpreta sus representaciones, estas se volverán más fáciles de interpretar y navegar. Con el tiempo se tenderán a ser multisensoriales, aprovechando el incremento de la relación hombre-ordenador.
- La visualización se impondrá hacia otros campos aún no explotados, como los propios de las humanidades y las ciencias sociales.

- Los desarrollos para estos nuevos campos fomentarán la creación de nuevos modelos y herramientas que serán útiles a su vez para los campos más tradicionales de la visualización.
- Se fortalecerán los estándares en este campo, permitiendo su generalización, favoreciendo aún más su portabilidad, comunicabilidad, uniformidad y usabilidad.

### **2.3 La visualización aplicada al campo de la documentación**

Tal como afirman Williams y Sochats en el quinto punto de sus tendencias, la visualización de la información comienza a ser paulatinamente utilizada por las humanidades y ciencias sociales. En nuestro caso, la documentación comienza a mostrar cierto interés por estos recursos. White y McCain, de la Universidad de Drexel, son quienes más han analizado esta tendencia. Por una parte, para ellos el objetivo de la ciencia de la información es el estudio del interfaz entre la gente (*people*) y los documentos o literatura (*literatures*), y por el otro la tendencia dominante consiste en combinar la visualizaciones (gráficas y por ordenador) con la recuperación automatizada de la información (White & McCain 1997). Los documentos son articulados generalmente en colecciones. Estas colecciones pueden llegar a ser muy grandes, por lo que es muy difícil llegar a tener una idea aproximada del contenido de la colección en su conjunto. Para ello es necesario algún tipo de simplificación o resumen que reduzca en cierto modo la complejidad del conjunto. Existen cuando menos, cinco clases de modelos de simplificación:

- Modelos bibliográficos: representa a los documentos mediante su caracterización en base a una relativamente pequeña serie de atributos (campos), que son a su vez utilizados por los usuarios para localizar un documento determinado. Muchos de los atributos están determinados por las potenciales consultas del usuario: autor, fecha de publicación, editorial, etc. Los *abstracts* o resúmenes constituyen un tipo especial de atributo ya que mantiene en parte el contenido original del documento. Por otra parte, existe un caso especial del modelo bibliográfico, el del texto completo. Aquí la representación del documento coincide exactamente con el documento mismo, por lo que no hay simplificación.
- Modelos editoriales: aquí la reducción se obtiene mediante un criterio cualitativo de críticos o revisores, que extraen de la literatura solo aquellos documentos que destacan por su contenido. Algunas veces estos criterios son explícitos, como es el caso de los servicios de indización y resumen (el más influyente es el del Institute for Scientific Information - ISI), o el de las políticas del desarrollo de colecciones de las grandes bibliotecas del mundo. Algunos criterios son implícitos, como por ejemplo el hecho de que un determinado documento se encuentre publicado en un determinado idioma (generalmente el inglés). Por lo tanto, los documentos que cumplan con una determinada serie de requisitos son aceptados y el resto rechazados, de esta forma se logra una simplificación en función del valor agregado.
- Modelos bibliométricos: de la misma forma en que el modelo anterior se basa en consideraciones cualitativas, el modelo bibliométrico

lo hace en las cuantitativas. Generalmente se cuantifican la cantidad de ocurrencias o co-ocurrencias de los datos en un determinado atributo. Algunos recuentos son fijos (p.ej. el número de referencias bibliográficas que contiene un documento), mientras que otros pueden variar en función del tiempo (p.ej. el número de citas recibidas por un determinado documento). Con estos recuentos comúnmente se compilan listas (*rankings*), que permiten extraer (a partir de un determinado umbral establecido arbitrariamente) los autores más productivos, los trabajos más citados, etc. Los modelos bibliométricos basados en co-ocurrencias son un poco más complejos y consisten en el recuento de la cantidad de veces en que dos cadenas de texto determinadas (autores, revistas, términos, etc.) aparecen juntas en un determinado atributo (campo de autores, de referencias bibliográficas, de título, etc.). El recuento de las co-ocurrencias genera información más rica, variada y compleja que la originada por el recuento de ocurrencias, sin embargo, para aprovechar esta riqueza son necesarias técnicas de análisis más complejas y difíciles de manejar.

- Modelos de usuario: en este modelo la literatura se reduce a lo que el usuario desea, por ejemplo mediante ecuaciones de búsquedas, perfiles de usuario (como los utilizados en los servicios de disseminación selectiva de la información o DSI), filtros de información personalizados, etc. En realidad se trata de los mismos criterios que en el modelo editorial, pero no aplicados a nivel de grupo sino a nivel personal.

- **Modelos sintéticos:** en este modelo la literatura es condensada y reducida mediante la compilación, extracción y re-escritura. El objetivo de este modelo no solo es simplificar sino también reemplazar un determinado corpus documental. Ejemplos de esto son los manuales, las antologías, los artículos de enciclopedias, *reviews*, etc. El objetivo de ellos es evitar la lectura de una gran cantidad de documentos y para su confección es necesaria la competencia de expertos en cada una de las áreas temáticas.

<b>Modelos de simplificación</b>	<b>Presencia en las bibliotecas</b>
Modelo bibliográfico	Catálogos e índices
Modelo editorial	Desarrollo de la colección principal
Modelo bibliométrico	No está presente
Modelo de usuario	Perfiles de diseminación DSI
Modelo Sintético	Material de referencia general

Cuadro 2.2. Presencia de los modelos en las bibliotecas

Como podemos apreciar los cuatro últimos modelos generalmente se expresan en los términos del primero, los atributos o campos del modelo bibliográfico, que es el dominante. Por otra parte, en el cuadro 2.2 podemos apreciar como la mayoría de los modelos se encuentran representados de una forma u otra en los servicios normales de una biblioteca. Esto explicaría el hecho de que la biblioteca genérica (un espacio físico que el usuario puede consultar/navegar), es considerado como un poderoso modelo visual para el acceso a documentos. Como veremos más adelante, esto ha llevado a varios diseñadores a adoptar este modelo para el desarrollo de interfaces.

Por otra parte, el modelo bibliométrico no se encuentra representado en las bibliotecas. Esta es una fuente de información muy rica y complementaria que se encuentra desaprovechada debido particular-

mente a la dificultad y complejidad que entraña el manejo de los datos. Una de las líneas de investigación más reciente en nuestra especialidad estudia los medios para enriquecer los cuatro primeros modelos con las ventajas del modelo bibliométrico.

El objetivo de la visualización de textos, es la transformación del "espacio textual" en una nueva representación visual que revela patrones temáticos y relaciones entre los documentos de manera natural e intuitiva para el usuario (Wise & et.al. 1995). White y McCaine clasifican las visualizaciones en dos grandes grupos: 1) aquellas que son creadas en-línea (*online*), y que permiten que el usuario se conecte a través de ella directamente con una base de datos bibliográfica o de texto completo, y 2) las que se generan fuera de línea (*offline*), y que por lo tanto no permiten el acceso directo a la base de datos. Las visualizaciones *online* forman parte del interfaz del ordenador que le facilita las tareas de *browsing* al usuario, mientras que las *offline* generalmente son representaciones generadas para especialistas y suelen ser impresas. Dentro de las representaciones *offline* se encuentran los mapas bibliométricos, que son utilizados desde hace ya bastante tiempo, entre otras cosas, para:

- Identificar tendencias en la literatura, detectando los temas de investigación emergentes e identificando los altibajos de interés en el resto de los tópicos.
- Localizar, mediante las citas, los trabajos que más influencia han ejercido en una disciplina durante un lapso determinado de tiempo.

- Identificar relaciones entre los temas de investigación que no son evidentes a simple vista.
- Descubrir las "comunidades discursivas" que se encuentran unidas a través de la citación mutua.

La caracterización de White y McCaine de estos dos grandes grupos va incluso un poco más allá, estableciendo un paralelo con la estructura de la propia disciplina (Library & Information Science - LIS) y que ambos autores han presentado en una reciente publicación (White & McCain 1998). Esta estructura guarda una gran similitud con la planteada por Olle Persson en un estudio de cocitación de autores (ACA) con las referencias de los artículos publicados en JASIS (Persson 1994). Si bien el trabajo de White y McCain abarca un periodo de tiempo mayor e incluye además del JASIS otras 11 publicaciones, la estructura general de la disciplina presenta los dos grandes grupos o frentes de investigación hallados por Persson: 1) el de los autores dedicados a la recuperación de la información (IR), también llamados recuperacionistas (*retrievalists*), y 2) el de los autores que trabajan en el campo de la bibliometría, informetría, cienciometría y sociología de la ciencia, o bibliométricos (*bibliometricians*). White y McCaine hacen un paralelo entre estas categorías y las establecidas en el caso de la visualización, llegando a la correlación que podemos ver en el cuadro 2.3.

Visualización offline	→	Bibliométricos	→	Análisis de dominio
Visualización online	→	Recuperacionistas	→	HCI

Cuadro 2.3 - Categorización de LIS (White & McCain 1997)

De todas formas, esta categorización no es del todo clara, particularmente por la utilización del concepto "análisis de dominio", perteneciente a Birger Hørland y Hanne Albrechtsen, dos autores daneses que lo proponen como un nuevo paradigma teórico conceptual de la LIS (Hørland & Albrechtsen 1995). White y McCain utilizan al análisis de dominio como un sinónimo actualizado de bibliometría (basado particularmente en técnicas de análisis multivariante), aunque también afirman que este paradigma también se encuentra presente en algunos autores recuperacionistas. Con este razonamiento llegan a una fórmula que sintetiza la línea de investigación en la que están embarcados:

***Análisis de dominio + Motor de búsqueda = Recuperación de la información***

El desafío planteado en las actuales líneas de investigación consiste en aprovechar las ventajas que brindan los mapas bibliométricos tradicionales (de autores, revistas, temáticos, etc.), para diseñar representaciones *online* que se encuentren integradas a grandes bases de datos y que enriquezcan las posibilidades del usuario a la hora de realizar *browsing*. Sobre la naturaleza de este último nos detendremos en el próximo capítulo.

## **Capítulo 3**

### **El *browsing* gráfico de la información**

#### **3.1. La naturaleza de la búsqueda mediante *browsing***

Existe mucha literatura escrita en torno al problema del usuario y el proceso de acceso a la información en entornos automatizados. La mayoría de los trabajos profundizan en la problemática cognitiva del usuario ante este proceso. No obstante, y a pesar de su complejidad, la mayoría de los autores resumen las diferentes formas de acceso en dos grandes categorías: la interrogación o *querying* y la exploración o *browsing* (Moya Anegón 1995):

- La búsqueda específica *-querying-*, es la que se realiza cuando el usuario conoce con cierta precisión lo que está buscando y puede representar su conocimiento del documento buscado en términos asequibles a la base de datos bibliográfica. Estos términos pueden ser expresiones o unitérminos, conectables en ambos casos por medio de operadores booleanos o de proximidad.
  
- El *browsing* de los ficheros de acceso es una forma de búsqueda idónea cuando el objeto de la búsqueda no es específico o no se puede expresar con precisión. En este tipo de búsquedas el resultado no se puede anticipar debido a la imprecisión de los conocimientos del usuario. Este hojear/ojeo de los ficheros puede realizarse tanto de forma lineal como multidireccional.

Los nuevos modelos teóricos de la recuperación de la información aceptan al *browsing* como una estrategia básica e imprescindible para la búsqueda de información, especialmente en sistemas dirigidos a usuarios finales, cuyas necesidades de información suelen estar en un principio poco o mal definidas. Sin un intermediario que pueda ayudarle a clarificar y formular el problema, el usuario se verá obligado a llevar a cabo una larga y compleja modificación de su estrategia de búsqueda original a través de la interacción con el sistema en este contexto el empleo del *browsing* es sin duda la mejor solución (Fernández Molina & Moya Anegón 1998).

Si bien el *browsing* es una actividad que se considera independientemente del medio (por ejemplo un usuario puede hacer *browsing* de los anaqueles de una biblioteca), de aquí en adelante nos circunscribiremos solo a su utilización para la consulta y recuperación de información automatizada. Como dijimos en el capítulo anterior, el modelo bibliográfico es el modelo predominante en nuestro entorno. El mismo ha sido concebido con el fin de controlar cada ítem de información mediante la desagregación de cada elemento correspondiente a un documento determinado. Esta fragmentación facilita la primera de las tareas (el *querying*) ya que es posible acceder a un determinado ítem sabiendo solamente el valor de uno de sus atributos. No obstante, este modelo da respuestas muy pobres ante el *browsing* debido a que es incapaz de simplificar y resumir la colección documental.

Quizás sea por esta razón que el *browsing* nunca fue satisfactoriamente estudiado por los profesionales de la documentación. Incluso ha habido una fuerte tendencia a considerar que el *browsing* era utilizado por los usuarios debido a que no habían sido formado adecuada-

mente para utilizar los recursos de información, además de considerar que su existencia era un claro y obvio indicador de las insuficiencias de los métodos de acceso disponibles (Fernández Molina & Peis 1997). Los adjetivos que han acompañado al *browsing* durante todo este tiempo: "informal", "no sistemático", "no programado", "eventual" y "carente de estructura", han ayudado muy poco a incentivar su estudio. Otra razón para explicar este fenómeno la constituye el problema de la formalización del *browsing*, lo cual redundaba en su dificultad a la hora de sistematizar su análisis. Esto no ha ocurrido con la búsqueda por interrogación, la cual ha sido mucho más fácil de cuantificar y analizar.

Uno de los primeros investigadores en considerar al *browsing* como una actividad relevante y digna de atención fue Marcia Bates, quién estableció 17 tácticas (*idea tactics*) para la búsqueda de información. Una de ellas, a la cual denomina *wandering* (deambular), se trata del *browsing* tal cual lo conocemos, una actividad mediante la cual se puede encontrar información relevante mediante el hallazgo fortuito o el descubrimiento inesperado (Bates 1979). Algunos autores incluso afirman que hay tipos de búsqueda que solo pueden ser resueltas mediante el *browsing*, por ejemplo, cuando se desea hallar una imagen o gráfico determinado. Cualquiera que sea el sistema de indización utilizado, consultable mediante la búsqueda por interrogación, jamás podrá caracterizar el contenido informativo de una imagen. Aquí se podría aplicar claramente el refrán sobre la imagen y las mil palabras.

Las funciones particulares del *browsing* también han sido establecidas. David Ellis considera que este conlleva tres funciones básicas: 1) identificación, 2) familiarización, y 3) diferenciación (Ellis 1989). Cove y Walsh en la misma línea, plantean tres tipos de estrategias para realizar *browsing* (Cove & Walsh 1988): 1) *browsing* de búsqueda (*search*

*browsing*) o búsqueda directa, ocurre cuando el usuario tiene una idea clara de lo que busca, 2) *browsing* de propósito general (*general purpose browsing*), se realiza para tener una idea general de la fuente de datos con la que se trabaja, 3) *browsing* "serendípico" (*serendipitous browsing*), se denomina así a la exploración puramente aleatoria y azarosa. Basándose en esta tipología, Lara Catledge y James Pitkow, del Instituto Tecnológico de Georgia (Gatech), realizaron un estudio experimental mediante el cual pudieron cuantificar de forma más o menos precisa cada tipo de búsqueda en función de la frecuencia con que el usuario visitaba un mismo punto del sistema. El estudio se realizó sobre el website del instituto (<http://www.gatech.edu>) mediante los archivos testigos (*log*) de acceso de los usuarios. Los autores hallaron tres grupos delimitados de datos, donde el correspondiente al *browsing* "serendípico" presentaba el mayor número de repeticiones, mientras que el de búsqueda presentaba el menor y el de propósito general se encontraba entre ambos (Catledge & Pitkow 1995).

Por su parte, Bates establece seis diferentes estrategias de búsqueda que el usuario pone en práctica y que se asocian de diferente manera con el *browsing* (Bates 1989):

- Vaciado de revistas (*journal run*)
- Exploración de área (*area scanning*)
- Búsquedas temáticas en bibliografías e índices y resúmenes (*subject searching in bibliographies and abstracting and indexing*)
- Búsqueda de autores (*author searching*)
- Búsquedas de citas (*citation searching*)
- "Persecución" de notas a pie de página (*footnote chasing*)

Es interesante apreciar como hay estrategias, por ejemplo la búsquedas de citas, que se verían fuertemente beneficiadas con el modelo bibliométrico de simplificación documental que planteamos en el capítulo, y justifican su inclusión en cualquier interfaz que tenga por objetivo potenciar las posibilidades de los usuarios a la hora de realizar *browsing*.

Las técnicas de *browsing*, por otra parte, adolecen también de una serie de limitaciones importantes. Gary Marchionini presenta una serie de ellas, entre las que destacan (Marchionini 1995):

- Demanda mucha atención
- Ineficiente para satisfacer una consulta bien definida
- Puede ocasionar distracción del objetivo inicial
- Puede generar sobrecarga de información
- Existe una carencia de ayuda contextual en muchos sistemas

A pesar de sus limitaciones esta técnicas no parecen ser sustituibles. Shan-Ju Chang y Ronald Rice recogen de varios autores las consecuencias más comunes que acarrea la práctica de este tipo de búsqueda, entre ellas citan: 1) serendipia (*serendipity*) o el descubrimiento accidental y fortuito, 2) modificación de los requerimientos o necesidades de información, y 3) aprendizaje altamente valorable. Estos autores finalizan a su vez su estudio multidimensional del *browsing* con cuatro conclusiones (Chang & Rice 1993):

- El *browsing* no se limita solo a la búsqueda de libros en los anaqueles de la biblioteca o registros bibliográficos en una base de datos,

sino que también es aplicable a otros dominios humanos de la vida cotidiana. Es concebido como una estrategia de búsqueda, un patrón de observación, una técnica de visualización, e incluso una actividad recreativa.

- Existen varias dimensiones del *browsing*, por lo que es una reducción simplista hablar de interrogación intencionada vs. *browsing* aleatorio. Los distintos grados de este, dependen mucho del objetivo del usuario y del grado de "estado anómalo del conocimiento" en que se encuentra. A pesar de que se han planteado varias taxonomías para este fenómeno, realmente el *browsing* podrá ser correctamente caracterizado cuando los investigadores lleguen a ser más específicos y explícitos en su cuantificación y evaluación, un problema aún no resuelto.
- Es evidente que la consideración de la interrogación como único medio sensato de búsqueda ha quedado definitivamente desterrada. El *browsing* es considerado como un comportamiento informativo del ser humano sumamente enriquecedor y fundamental. Sin su comprensión el concepto de la búsqueda de información no se encontraría completo.
- Los diseñadores, evaluadores y usuarios de los nuevos recursos de información automatizada deberán tener en consideración cual es la mejor forma de optimizar las opciones de *browsing* y como contrarrestar los inconvenientes que lo dificultan.

### 3.2. El *browsing* de "visión global" y el *browsing* gráfico

El *browsing* está íntimamente asociado con el reconocimiento visual y el razonamiento espacial, de forma opuesta a la especificación lingüística y razonamiento lógico de la búsqueda por interrogación (Oddy & Balakrishnan 1991). Por otra parte, los sistemas basados en imágenes y gráficos proveen de una estrategia basada en el reconocimiento (*recognition-based*) que reduce la carga cognitiva y las tareas de memorización (Marchionini & Liebscher 1991).

Con el desarrollo y aplicación de la tecnología de hipertextos, las capacidades de *browsing* se constituyeron en una de las características central de los sistemas hipertextuales, permitiendo la exploración no lineal de la estructura informativa de una base de datos. Una base de datos con capacidad hipertextual puede ser recorrida siguiendo los enlaces y abriendo ventanas con nuevos contenidos de información. Generalmente esta tarea es facilitada por una representación gráfica de la estructura de la red de enlaces (Conklin & Begeman 1989). Esta característica se comenzó a popularizar en los catálogos en línea de acceso público (OPAC) cuando se les introdujo la posibilidad de ser consultados a través del web mediante una pasarela (*gateway*). La versatilidad para generar código HTML dinámico permitió, de forma incluso externa a los datos de la base, la inclusión de enlaces hipertextuales en los campos que más interesan al usuario a la hora de expandir una búsqueda (autor, título de la revista, descriptores, clasificación, colección, etc.) (Herrero Solana & Moya Anegón 1999).

Los autores no parecen ponerse de acuerdo sobre las formas y tipos de *browsing* existentes. David Bawden establece sus propias tres formas básicas (Bawden 1993):

- Equiparación por similitud: consiste en encontrar documentos similares a otros ya conocidos cuando la naturaleza de la similitud esta establecida de forma imprecisa.
- Guiado por estructura: en este caso se sigue una estructura que puede ser jerárquica y que permite acceder a los documentos potencialmente relevantes que se encuentran organizados en torno a ella.
- De visión global: aquí la principal tarea es obtener una idea general del espacio informativo a través de una representación del contenido temático de la colección de documentos. La mejor manera para expresar este "resumen global" es a través de imágenes gráficas que representen el contenido informativo.

Este último tipo de *browsing*, que llamaremos "*browsing* gráfico", utiliza una serie de diagramas esquemáticos basados técnica hipertextuales donde se muestran cada uno de los elementos como un nodo interconectado mediante el cual se puede navegar. A aquellos sistemas que complementan la recuperación de información con representaciones gráficas se los denomina VIRI, siglas que en inglés significan "interfaces visuales para la recuperación de la información" (Visual Information Retrieval Interfaces). Un VIRI utiliza objetos gráficos (íconos, figuras geométricas, etc.) para representar documentos, los cuales generalmente son diferenciados o agrupados mediante colores. Si bien este tipo de solución aportan un buen medio para la exploración del espacio informativo, puede acarrear serios problemas cuando las re-

presentaciones son demasiado grandes y complejas, teniendo que ser presentada esta información de forma fragmentada (Dillon 1991). Dentro de las ventajas de un VIRI, encontramos:

- Mayor poder representativo. Permite mostrar más información en un limitado espacio de pantalla y posibilita la agrupación de documentos bajo diferentes criterios.
- Representación combinada. Es posible presentar tanto a los documentos como a los descriptores, en la misma representación bidimensional.
- "Visión global". La representación asociada al VIRI posibilita la "visión global" que propone Bawden.
- Interacción. Los VIRI son mucho más interactivos que los sistemas basados solo en texto.

Por otra parte, también presenta algunas desventajas:

- Generación dificultosa. Debido a los algoritmos utilizados y al volumen de datos a procesar, los recursos de máquina necesarios para generar las representaciones son muy grandes.
- Entendimiento. Las representaciones de los VIRI no siempre son sencillas de entender.

- Dificultad de uso. En un primer momento, la utilización de un VIRI puede ser un tanto complicada.

La representación de la información de forma gráfica es una herramienta poderosa que facilita su entendimiento y diseminación (Tufte 1990), y constituye también un medio sencillo para realizar visualizaciones de fenómenos científicos. Sin embargo, y tal como lo hemos visto en el capítulo anterior, la representación trata de mostrar una realidad que esta oculta a simple vista. Esto lo logra a través de una metáfora, que ya sea de forma explícita o implícita, comunica un determinado mensaje.

### **3.3. El problema de las metáforas en las representaciones**

Las metáforas son unidades lingüísticas mediante las cuales las similitudes entre dos objetos son remarcadas de forma tal que sean considerados como equivalentes. Generalmente se comparan objetos que tienen identidades claramente establecidas, tanto a nivel conceptual como en apariencia, por lo que es posible crear metáforas tanto lingüística como gráficamente. Las gráficas pueden crearse combinando las apariencias de dos los conceptos comparados.

En la figura 3.1 podemos observar el ejemplo de la metáfora lingüística (textual) y gráfica para "árbol genealógico" (*family tree*). Lo verdaderamente importante es lograr esto sin cambiar el sentido del concepto. La metáfora es la representación o mapa conceptual (*conceptual mapping*) entre dos ideas, y es independiente de la representación o mapa perceptual (*perceptual mapping*) que relaciona las ideas

con su representación, tanto en forma de palabra (*text*) como de imagen (*graphics*) (Gaver 1995).

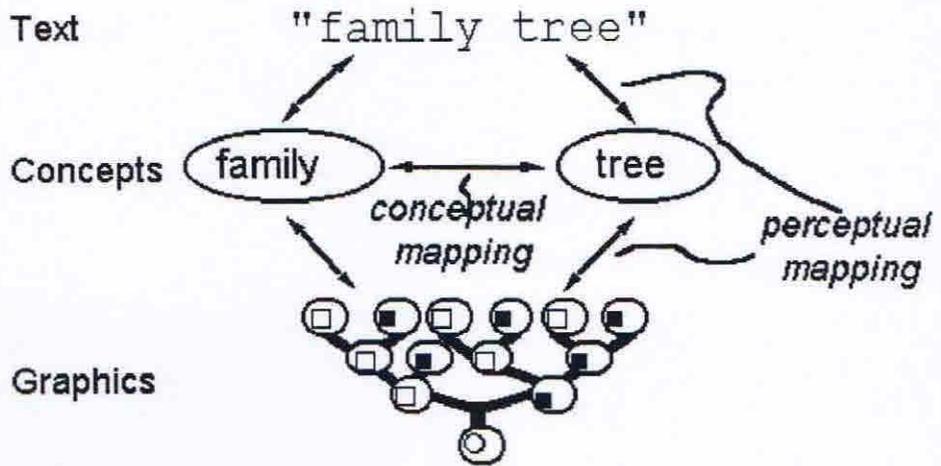


Figura 3.1 - Metáforas gráficas y textuales (Gaver 1995)

Las metáforas informáticas (o metáforas VIRI) trabajan de forma diferente a las de la vida cotidiana. Mientras que en el caso anterior las metáforas destacan similitudes entre entidades existentes, las metáforas VIRI (tan corrientes como botones y ventanas) son utilizadas para definir entidades nuevas. Dos tipos de atributos son asignados a estas metáforas: 1) apariencia (forma, tamaño, color, etc.), y 2) función (la tarea que se ejecuta al ser activada). En el mundo cotidiano, la relación entre los atributos apariencia y función es siempre muy cercana porque en el mundo de los objetos físicos esta relación se encuentra ampliamente documentada por nuestra percepción.

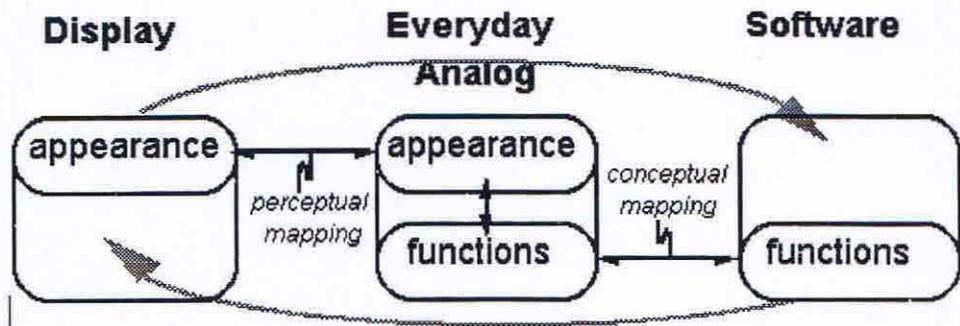


Figura 3.2 - Atributos funcionales y perceptuales de una metáfora VIRI  
(Gaver 1995)

Por el contrario, en el entorno informático la relación entre ambos atributos no es tan predecible ya que la función que se encuentra tras la apariencia ha sido asignada arbitrariamente por el programador del sistema. Después de todo, los elementos gráficos (como los íconos) poseen atributos perceptuales, pero no funcionales. Las tareas informáticas poseen atributos funcionales pero no perceptuales. La función de las metáforas informáticas consistirá en establecer relaciones entre atributos funcionales (tareas) y perceptuales (formas, gráficos) con el fin de crear un VIRI que provea una representación gráfico-conceptual y preferentemente que esté basada en algún tipo de analogía o similitud que el usuario pueda captar intuitivamente (ver figura 3.2). El resultado es que la metáfora funde a la representación y al software ya que la representación gráfica gana la funcionalidad de software y este los atributos de apariencia de la parte gráfica. En la práctica, los dos se convierten en uno solo, de forma tal que se pueden considerar a los elementos gráficos directamente y estrechamente relacionados con la función que les ha sido asignada arbitrariamente.

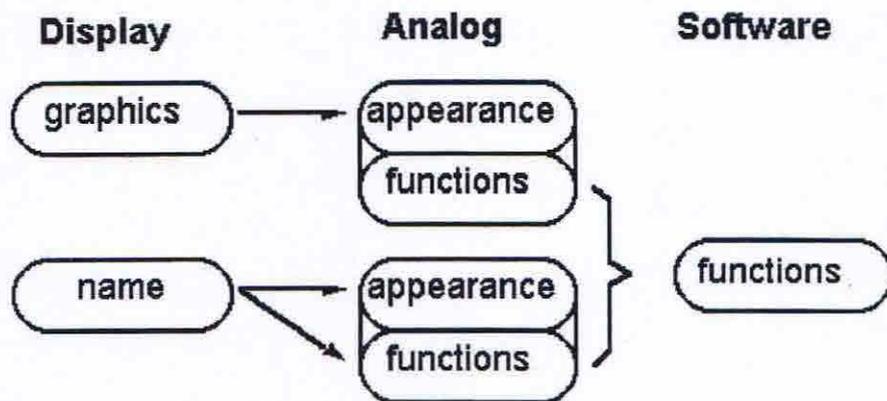


Figura 3.3 - Atributos de la combinación metáfora-nombre (Gaver 1995)

La situación se torna más compleja cuando además de entidades gráficas se incluyen textos o nombres aclaratorios (*names*) adjuntos. En muchos casos los nombres y los gráficos sugieren la misma función, pero en otros las entidades gráficas pueden expresar diferentes funciones de aquellas que sugieren los nombres. Desde este punto de vista, los nombres introducen un nivel de análisis suplementario que se puede apreciar en la figura 3.3. Debido a que el nombre también presenta una relación apariencia-función al igual que los gráficos, nos encontraremos con el mismo problema que planteamos en el párrafo anterior. La solución radica en utilizar nombres con una relación apariencia-función sumamente estrecha (esto puede incluso ser muy sencillo debido a que se trata de una metáfora lingüística), de forma tal que lejos de complicar y entorpecer la relación apariencia-función de los gráficos la refuercen y aclaren.

Mientras que las metáforas cotidianas se basan en similitudes con entidades preexistentes, las metáforas informáticas se basan generalmente en entidades nuevas. Esto lleva a que las representaciones, que algunos autores utilizan como sinónimo de metáfora, son complejas

y confusas, pero gana en potencia y flexibilidad que hubieran perdido si solo se basaran en entidades cotidianas. Las relaciones entre las representaciones gráficas, la funcionalidad de los VIRI, y los objetos cotidianos es un poco más compleja de lo que sugiere "la metáfora del escritorio" (*the desktop metaphor*) concebida por Xerox-PARC y posteriormente adoptada por Microsoft-Windows. Xia Lin propone, además de la metáfora de escritorio, otros tres tipos de metáfora:

- Metáforas tipo ventana/escritorio
- Metáforas tipo mapa
- Metáforas de superficie (*landscape*)
- Metáforas tipo galaxias

Estos tipos de metáforas son comunes a todas las representaciones gráficas que podemos encontrar. Sin embargo, hay un tipo especial de representaciones que ameritan un análisis detallado, son las que se basan en modelos espaciales tridimensionales.

### **3.4. Las metáforas y representaciones espaciales**

En esta línea, la representación en 3D y la RV juegan un papel muy importante, el cual se ha visto incrementado partir de la creación del estándar VRML. En un entorno de RV, la metáfora de visualización cobra un papel protagónico y se ve enriquecida por la amplia gama de formas que esta puede adoptar: formas geométricas (cubos, esferas, poliedros, et.), formas artificiales (casas, habitaciones, ciudades, etc.), formas naturales (relieves de terreno, árboles, etc.), estructuras siste-

máticas (sistemas de carreteras, sistemas de flujo, etc.), sistemas dinámicos (átomos, moléculas, constelaciones, etc.), y sistemas simbólicos tradicionales (mandalas, cruces, etc.) (Benking & Judge 1994).

Existen varios desarrollos de metáforas 3D, las cuales podemos dividir en dos grandes grupos: las basadas en nodos espaciales (*spatial nodes*) y las basadas en mapas estructurales (*structured maps*) (Andrews 1994). Las primeras son muy utilizadas para navegar entornos hipertextuales (generalmente la *web*), a través de racimos de nodos entrelazados mediante líneas de conexión, mientras que las segundas son más indicadas para representar relaciones estructurales más complejas como el contenido documental de una base de datos. Con respecto a las primeras, Jay Bolter presentó en 1992 su visión sobre la "realidad virtual hipertextualizada", combinando la RV con la potencia del hipertexto. Bajo esta visión estableció dos dominios de investigación concurrentes: 1) la "hipertextualización del espacio" (*hypertextualising the space*) y, 2) "la espacialización del hipertexto" (*spatialising the hypertext*). Cada una de estas líneas toma como base una tecnología y luego la enriquece con los elementos de la otra (Bolter 1992).

Con respecto a la utilización de las técnicas de RV en el campo de la documentación, Gregory Newby propone tres grandes áreas de aplicación (Newby 1993):

- Visualización gráfica de datos bibliográficos
- Métodos alternativos de acceso al libro
- Comunicación y compartimiento de recursos a través de la red

De las tres líneas, la primera es la que más nos interesa a los fines del presente trabajo. Varios sistemas de RI experimentales utilizan la representación espacial para facilitar la búsqueda y recuperación de la información. Generalmente se consigue esto mediante el procesamiento (bajo diferentes métodos) de los datos, para lograr una sistema de representación espacial. En menor medida hay sistemas que representan los datos basándose en características cognitivas y psicológicas de los usuarios.

Estas ideas se remontan a los años sesenta, cuando George Miller analizó (de forma teórica) la posibilidad de la representación, organización y navegación espacial de la información (Miller 1968). Con bastante posterioridad Bertram Brookes propuso la utilización de la perspectiva en la visualización de información bibliográfica con el fin de representar el grado de relevancia de un determinado objeto (documento) en función de su "cercanía" o "lejanía" en el modelo espacial (Brookes 1980).

Varios de los investigadores que se encuentran trabajando en esta temática se han nucleado en un grupo denominado "Fundamentos para el Avance de la Visualización de la Información en 3D" o FADIVA (Foundations of Advanced 3D Information Visualization). FADIVA es un grupo de trabajo que estudia los fundamentos teóricos para el entendimiento y desarrollo de la visualización tridimensional como interfaz de comunicación con bases de datos y sistemas de información. Los aspectos de interés del grupo son básicamente tres: 1) la categorización de las visualizaciones 3D interactivas basadas en aspectos humanos, sus propiedades formales y su orientación hacia diversas tareas, 2) el diseño de enlaces entre las presentaciones 3D y los datos almacenados, y 3) las arquitecturas de sistemas que facilitan la construcción de inter-

faces 3D. En torno a este grupo se nuclean proyectos e investigadores de diversos países, que describiremos en los capítulos 6 y 7. La coordinación de FADIVA se encuentra en el Centro Nacional Alemán de Investigación en Cómputo (GMD), más precisamente en el Departamento de Interacción Visual (VISIT), y está a cargo de Matthias Hemmje.

Los VIRI hacen un uso extendido de las metáforas gráficas, constituyendo incluso el elemento más importante de la representación. Keith Andrews distingue varios puntos que tienen que ser tenidos en cuenta a la hora de considerar las metáforas y representaciones de un VIRI (Andrews 1994):

- Efectividad. Es importante tratar de medir en que medida el VIRI es efectivo. Esto generalmente se logra con algún tipo de estudio comparativo donde se lo confronte con un interfaz tradicional determinado. Lamentablemente, debido a que la naturaleza del *browsing* es demasiado amplia y vaga, no contamos aún con metodologías de evaluación concretas y contrastadas.
- Usabilidad. Esta consideración esta íntimamente ligada a la anterior. Es también muy importante pero adolece de los mismos inconvenientes metodológicos.
- Re-estructuración dinámica. Una de las características más importante de las representaciones automáticamente generadas es la posibilidad de volver a generarlas de forma dinámica ante la interacción con el usuario. Sin embargo, algunos VIRI se basan en métodos para el procesamiento de datos que necesitan gran cantidad de

tiempo de máquina y que no pueden ser actualizados en tiempo real.

- Realismo. Una de las características de los VIRI es en que medida reproducen un entorno más o menos real en sus representaciones. La verdaderamente importante es establecer si este realismo ayuda o entorpece la interacción del usuario.
- Representación espacial. Sobre la misma línea que el punto anterior, la utilización de la tridimensionalidad aporta mayor cantidad de datos para un mismo espacio. Lo interesante es descubrir si la misma ayuda u obstruye el trabajo del usuario.
- Metáforas de navegación. Caminar, volar, conducir, teletransportarse, etc., son medios por los cuales navegamos en un VIRI tridimensional. La metáfora en este caso es una variable fundamental que determinará en gran medida la efectividad en la realización de estas tareas.
- Guías (*guidelines*). La creación de una representación creada de forma manual (*handcrafted*) se basa en principios establecidos en campos ajenos como la arquitectura y el diseño gráfico. ¿Será posible establecer principios similares para las representaciones generadas de forma automática.
- Estandarización e interoperatividad. Un apartado importante que generalmente se deja de lado es el de los estándares. Si una representación se soporta en un formato propietario, podrá ser apreciada

solamente con el *software* del mismo fabricante. La utilización de formatos estándares como el VRML garantiza la globalización de la representación y facilita la interoperatividad con otros sistemas externos.

Si bien los VIRI basados en RV constituyen un interesante frente de investigación, para Gregory Newby no existe suficientes indicios que indiquen que estos son superior a los interfaces tradicionales. Incluso es posible que mientras que por un lado facilitan el comportamiento del usuario a la hora del *browsing*, por el otro generen una recuperación más azarosa y confusa (Newby 1993).

Martin Halbert postula que para el futuro todos los SRI serán VIRI en los cuales los usuarios podrán "volar" sobre una superficie (*landscape*) virtual sobre la cual las características de la literatura estarán representadas por entidades físicas. Estos sistemas serán una mezcla entre simulador de vuelo y *videogame* (Halbert 1992). Si bien este tipo de sistemas parece ser atractivo de utilizar no existen estudios empíricos que afirmen que esta concepción de interfaz solucione las necesidades de información de la vida cotidiana.

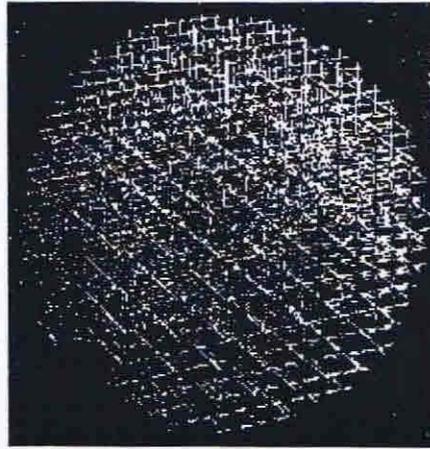


Figura 3.4 - Perspectiva hostil de un objeto (Benking 1998)

Otra cuestión que comúnmente se plantea es la de la ventaja de la representación 3D sobre la 2D. Lo cierto es que no existe ningún criterio firme al respecto. Por regla general, un modelo 3D contiene más datos que el 2D, pero este "plus" de datos puede acentuar los problemas de confusión que ya de por sí presentan las imágenes 2D. En los modelos 3D es muy importante la capacidad práctica que tenga el usuario de mover y examinar el o los objetos, con el fin de eliminar lo que Benking llama "perspectivas hostiles" del objeto y que son las que dificultan la comprensión de, en este ejemplo, del patrón de estructura del modelo de la figura 3.4. En la figura 3.5 podemos apreciar la "perspectiva participativa" que nos permite apreciar la estructura interna del mismo objeto (Benking 1998).

Keith Andrews distingue entre los VIRI que utilizan representaciones 3D "hechas a mano" (*hand-crafted*) o generadas automáticamente (*automatically generated*). Las primeras son construidas por el diseñador del sistema utilizando los programas de modelado tridimensional apropiados. Esta solución generalmente se utiliza en aplicaciones específicas y tiende a ser un tanto intrincada por naturaleza. La

opción de generar automáticamente el interfaz se basa en la creación de una representación con componentes pre-fabricados bajo un determinado método automático de ordenación. La solución "manual" no es realmente operativa debido a que cuando se cambia levemente la colección de documentos la representación debe ser también corregida. Por ello la solución "automatizada" es la más acertada.

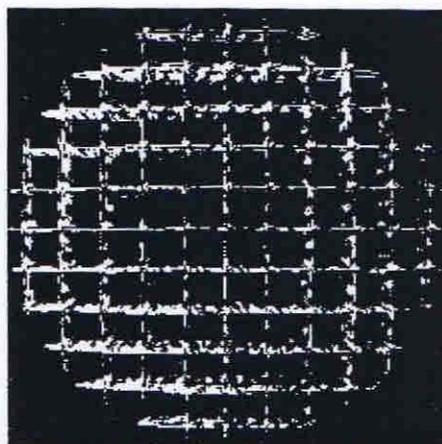


Figura 3.4 - Perspectiva participativa de un objeto (Benking 1998)

Uno de los métodos de análisis más potentes es el basado en la co-ocurrencia de elementos, que hemos visto en el capítulo 2, bajo el "Modelo Bibliométrico" de White y McCain. Este método genera grandes matrices de datos multidimensionales que resultan completamente imposibles de comprender por el ser humano a simple vista. Esta riqueza informativa debe reducirse para poder ser representada mediante un esquema que sea apreciable a simple vista y de forma global. Para ello, se utilizan algunos métodos de análisis estadístico multivariante para reducir este espacio n-dimensional a uno de dos o tres dimensiones. Ultimamente se está experimentando con métodos no-estadísticos para lograr el mismo objetivo, tales como las redes neuronales artificiales

(RNA). En el capítulo siguiente analizaremos algunas de estas técnicas de reducción de la dimensión.

## Capítulo 4

### Técnicas de reducción de espacios multidimensionales

En el capítulo 2 vimos la diferencia que establecen de White y McCain entre la naturaleza *online* y *offline* de las representaciones gráficas. Estas dos funciones claramente diferenciadas (análisis vs. interfaz), intentan ser integradas para lograr un mismo objetivo (la visualización). Esta brecha (*gap*) entre ambas cuestiones ha sido planteada, aunque no definitivamente resuelta, por varios autores (Doszkocs, Reggia, & Lin 1990) (Polanco, François, & Keim 1998). Cada una de ellas tiene finalidades y objetivos diferentes, pero comparten las técnicas para la construcción de las representaciones gráficas, clasificadas en dos grandes grupos: 1) las de naturaleza estadística (basadas en el análisis multivariante), y 2) las de naturaleza conexionista (basadas común pero no exclusivamente, en RNA).

Como dijimos en el capítulo anterior, las matrices de datos generadas por los análisis de ocurrencia o co-ocurrencia de determinados atributos solo pueden ser tratadas por técnicas de reducción que faciliten su visualización. En primer lugar trataremos las de naturaleza estadística y posteriormente las de naturaleza conexionista, centrándonos exclusivamente en un tipo determinado de RNA. Hacia el final del mismo se comparan ambas aproximaciones.

#### 4.1. Técnicas estadísticas de análisis multivariante

Se entiende por análisis multivariante a la rama de la estadística y del análisis de datos, que estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre un conjunto de variables, que pueden ser de tipo cuantitativo, cualitativo o una mezcla de ambos. La información en este tipo de análisis es, por lo tanto, de naturaleza multidimensional. Quizás la propiedad más determinante es que todas las variables son dependientes, de naturaleza similar y que ninguna de ellas tiene una importancia superior a la demás (Cuadras 1991).

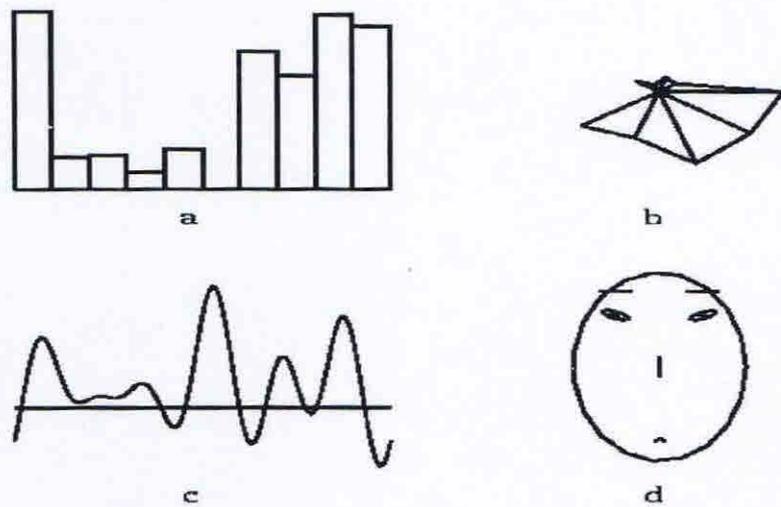


Figura 4.1 - Representaciones utilizadas para visualizar espacios de pocas variables (Kaski 1997)

El principal problema con que nos encontramos en el análisis multivariante radica en la forma mediante la cual visualizamos los datos con todos sus matices y sin perder la riqueza informativa. Una de las soluciones ha consistido en representar todas las variables simultánea-

mente. En la figura 4.1 vemos cuatro de ellas utilizadas para describir un grupo de diez variables (Kaski 1997). En la primera (a) tenemos la más sencilla de todas, cada barra del diagrama representa la magnitud de cada variable. La siguiente (b) es bastante similar a la anterior, con la diferencia de que aquí las variables se representa mediante rayos o ejes concéntricos. Un medio un poco más complejo es el denominado como "Curvas de Andrews" (c), aquí se obtiene una curva generada mediante la modulación sinusoidal de los valores de las distintas variables, de forma tal que la envolvente obtenida representa el contenido de las mismas. Por último, tenemos las llamadas caras de Chernoff (d), un modo de representación muy utilizado donde cada una de las variables es asociada con una característica del rostro (largo, ancho, tamaño de la boca, separación entre los ojos, etc.). Las caras de Chernoff son sumamente útiles para realizar un rápido análisis comparativo de una gran cantidad de individuos.

Estos tipos de representación solamente son útiles cuando manejamos pocas variables. Cuando nos encontramos con un gran número de ellas es muy difícil visualizarlas directamente, por lo que es necesario adoptar algún método que las reduzca de algún modo. Dentro de las técnicas de análisis estadístico multivariante que cumplen con esta tarea, nos encontramos con tres básicas: 1) análisis de *cluster* o *clustering*, 2) análisis de componentes principales (PCA), y 3) escalamiento multidimensional (MDS). Estos métodos son llamados "métodos de reducción de la dimensión" porque su función es simplificar todo lo posible el complejo patrón de asociación existente entre las entidades. Este proceso de simplificación consiste en la proyección de un gran número de dimensiones en un número menor de ellas, generalmente dos o tres,

de forma similar a como se proyecta la superficie terrestre en un plano mediante el método de Mercator (Kinnucan, Nelson, & Allen 1987).

Los tres métodos comparten algunas características similares, por ejemplo trabajan con una misma matriz de datos simétrica y cuadrada. Las filas y columnas de la matriz hacen referencia a las mismas entidades, y el contenido de esta matriz consiste en un valor numérico que representa el grado de asociación (similaridad) o disociación (distancia) entre la entidad correspondiente a la fila y la entidad correspondiente a la columna. Esta matriz es similar a la que se utiliza comúnmente en las guías de carreteras para presentar las distancia entre un gran número de ciudades.

Con respecto a la matriz de entrada es similar para el MDS y el *clustering* y consiste en una serie de valores de similaridad o distancia entre los objetos estudiados. En el caso del PCA la matriz de entrada estará formadas por las covarianzas o correlaciones entre dos variables. En cuanto a la salida, el MDS y el PCA presentan gráficas parecidas, una nube de puntos (objetos) distribuidos en el espacio reducido (2D o 3D). Por su parte, el *clustering* presenta generalmente un dendograma bidimensional donde se representa una estructura jerárquica de clasificación.

#### **4.1.1. Análisis de *cluster***

El objetivo del análisis de cluster (*clustering*) es reducir el volumen de información mediante la categorización o agrupamiento de los datos con características similares, la cual es una tarea natural del intelecto humano. El *clustering* aprovecha esta característica aportando he-

rramientas que faciliten la construcción automática de taxonomías y minimizando la intervención humana en el proceso. Esta técnica es utilizada para crear una gráfica bidimensional, denominada dendograma, de *clusters* (agrupaciones) de diferentes objetos cuyas relaciones subyacen en la matriz de datos. Este tipo de clasificación automática es conocida también como taxonomía numérica, debido a que fue desarrollada originalmente para ser aplicada en clasificaciones biológicas. Existen alrededor de 150 técnicas diferentes de *clustering*, las cuales son agrupadas en función del principio de aglomeración utilizado. En documentación se han utilizado sobre todo técnicas jerárquicas aglomerativas politéticas para crear arboles que muestran jerarquías de relaciones entre los elementos, en base a características individuales.

Cualquiera de estas técnicas de *clustering* utiliza al menos dos elementos: la función de distancia y las reglas de aglomeración. La combinación de estos factores permite la clasificación de los objetos partiendo de que cada uno de ellos inicialmente pertenece a una clase distinta independientemente de la distancia existente entre ellos. A través de un proceso iterativo se van agrupando los objetos más próximos, al tiempo que se sube en el nivel de la jerarquía lo que permite representar las agrupaciones en forma de árbol (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & De la Moneda Corrochano 1998).

Dentro de las reglas de aglomeración entre las más usadas encontramos: agrupamiento simple (*single linkage*) también denominado método del vecino más cercano (*nearest neighbour method*), agrupamiento completo (*complete linkage*) o método del vecino más lejano (*furthest neighbour method*), agrupamiento promedio (*average linkage*), y el método de Ward (*Ward's method*) o método de la suma de cuadrados (*sum of squares method*). Con respecto a los resultados ob-

tenidos con cada uno de ellos, no es del todo correcto establecer cual es mejor y cual peor, ya que la regla de aglomeración óptima será aquella que permita la mejor interpretación de la estructura de cada espacio n-dimensional en concreto (McCain 1990). No obstante, en el análisis de cocitación de autores (ACA) se utilizan comúnmente los métodos de encadenamiento completo y el de Ward.

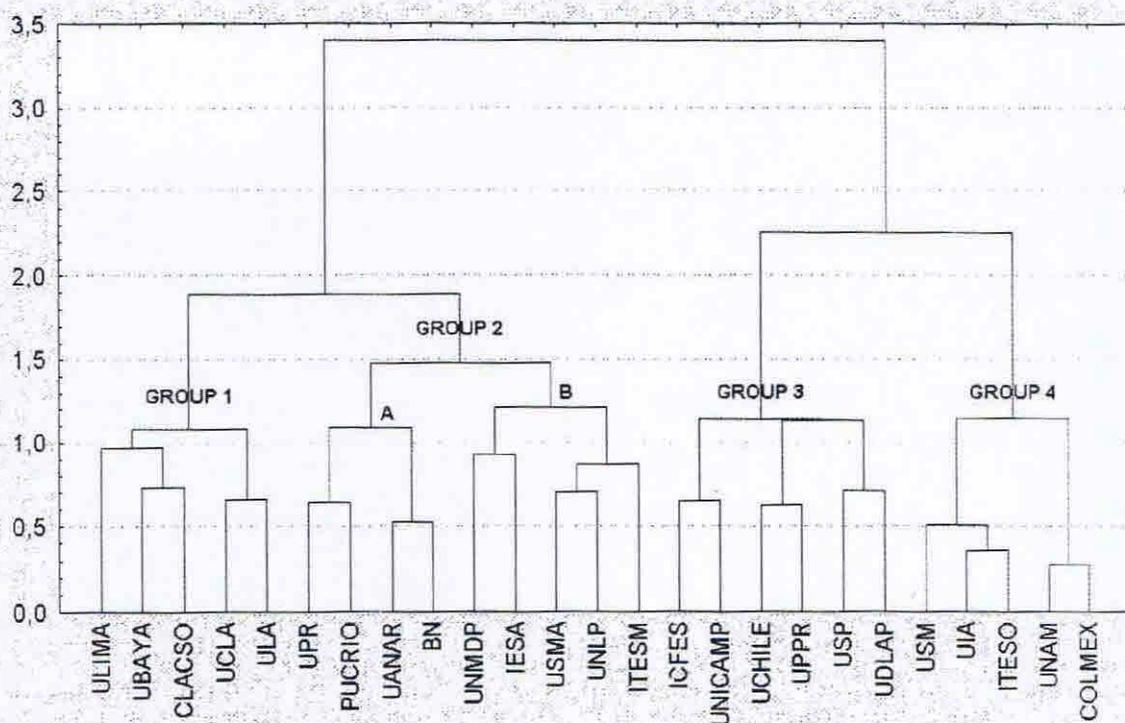


Figura 4.2 – Dendrograma basado en el método de Ward  
(Herrero Solana & Moya Anegón 1999)

En la figura 4.2 tenemos un ejemplo de dendrograma cuyo regla de aglomeración esta basada en el método de Ward. Este método utiliza el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre *clusters*, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias entre los *clusters* que son formados en cada iteración. En términos generales y

de forma intuitiva se puede decir que tiende a crear clusters de pequeño tamaño haciendo desaparecer progresivamente los *árboles* (elementos), mientras aparece el *bosque* (estructura). En este ejemplo en concreto, se clasifican los interfaces de los OPACs de diferentes bibliotecas latinoamericanas, y la aplicación del método de Ward permite desagregar cuatro grupos claramente definidos al priorizar la discriminación de la estructura por sobre las diferencias entre cada uno de los OPACs (Herrero Solana & Moya Anegón 1999). Esta característica del árbol y el bosque (micro vs. macro) hacen del método Ward uno de los más utilizados (Egghe & Rousseau 1990).

Por otra parte, una de los principales problemas de los algoritmos de *clustering* es que no establecen ningún tipo de umbral (*stopping rule*) que ayude a determinar el verdadero número de *clusters* existentes. En el ejemplo de la figura 4.2, si realizamos un corte del esquema jerárquico entre 1.5 y 2.0, obtenemos claramente cuatro *clusters*. No obstante, si movemos el nivel de corte levemente por debajo de 1.5 nos encontramos con que el grupo 2 se divide a su vez en dos *clusters*. Esta bifurcación está por debajo de los cuatro grupos originales pero muy por encima de las subdivisiones de los otros tres *clusters* restantes. El significado de esta subdivisión (que se ha llamado A y B), así como también la interpretación de toda la representación, queda en manos del observador humano, preferentemente un especialista en el problema analizado. Este es un inconveniente que debe tenerse siempre en cuenta ya que ni el *clustering* ni ninguna de las técnicas que trataremos a continuación, pueden ser adoptadas de forma mecánica y acrítica. Todas ellas nos brindan una representación que no tiene sentido por sí sola, sino que es una herramienta que nos sugiere

nuevas interpretaciones sobre un contexto real multifacético que debemos conocer de antemano.

#### **4.1.2. Análisis factorial**

Esta técnica trabaja mediante una estrategia de "parsimonia informativa" que le permite reducir una gran cantidad de variables a un número inferior de dimensiones o rasgos básicos y centrales los cuales, sin perder información y sin perder capacidad explicativa, resumen la abundante información contenida. Esto lo desarrolló Spearman en 1904 en un trabajo sobre la inteligencia humana en el que descubrió, a partir de los resultados de diversos tests, que existía un factor general (factor G) y un cierto número de factores específicos. Posteriormente, Burt y Thurstone siguieron perfeccionando el método de Análisis Factorial de Factores Principales para lograr discriminar los factores comunes de los factores específicos. En la misma línea surgieron las aportaciones de Pearson y Hotelling, la más importante de ellas es el denominado Análisis de Componentes Principales (PCA), que está basado en el hecho de que no hay factores comunes y específicos sino que cada factor (al final debe haber tanto factores como variables) debe explicar el máximo de la variabilidad inicial. El Análisis Factorial de Factores Principales (AFP) es, en definitiva, un método de análisis multivariante que intenta explicar, según un modelo lineal, un conjunto extenso de variables observables mediante un número reducido de variables hipotéticas llamadas Factores Comunes. Se pone en juego pues, el principio o la estrategia de la parsimonia científica o economía de la descripción, asumiendo que las variables son susceptibles de ser reducidas a factores comunes lo

cual supone que cada variable se relaciona con ellos, es decir, tiene dentro de sí en mayor o menor grado a cada uno de los factores, o lo que es lo mismo, cada factor esta presente en mayor o menor grado en las variables. Las aplicaciones del AFP son múltiples, pero pueden ser resumidas en cuatro áreas (Calvo Gómez 1993):

- Permite explorar los patrones de relación que unen a las diferentes variables, es decir, descubrir los factores.
- Es posible confirmar hipótesis previamente formuladas.
- Es posible construir tipos de sujetos con puntuaciones semejantes, es decir, analizar la similitud entre los sujetos.
- Permite la construcción de Indices Sociológicos a partir de aquellos ítems o variables que constituyen un factor determinado.

Nosotros nos centraremos en el PCA.

#### **4.1.2.1. Análisis de componentes principales (PCA)**

La premisa básica del PCA es que la mejor forma de representar relación lineal entre dos variables es a través de la recta de regresión. En otras palabras, la variable que representa la recta de regresión como una nube de puntos contiene información esencial sobre las dos variables anteriores. De esta forma las dos variables son combinadas en una tercera llamada factor. El mecanismo puede ser usado para reducir pa-

res de variables a menos dimensiones con el fin de simplificar la representación gráfica de los elementos incluidos en la matriz.

Cada una de estas dimensiones se denomina "factor", los cuales van desde el más importante (primer factor) al menos importante (último factor). De esta manera, el primer factor o "primer componente principal" es aquel que acumula la mayor cantidad de varianza, el segundo componente acumula un poco menos, y así sucesivamente con cada uno de ellos.

### Componentes principales

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Tobin	.92	Robinson .94	Clower .95	Baily .88	Marshall .95	Jorgenson .92	Weintraub .81
Friedman	.91	Kaldor .92	Leijonhufvud .93	D.Gordon .88	Pigou .91	Eisner .91	Davidson .68
Brunner	.89	Pasinetti .92	Grossman .88	Azariadis .84	Hicks .86	Hall .81	Keynes .58
Cagan	.88	Sraffa .88	Barro .83	R.Gordon .79	Samuelson .82	Feldstein .69	
Meltzer	.84	Solow .75	Patinkin .82	Lucas .69	Keynes .77	Lucas .59	
Modigliani	.79	Samuelson .73	Keynes .61	Okun .67	Ricardo .67	Duesenberry .53	
Johnson	.77	Kalecki .72	Davidson .58	Sargent .62	Fisher .65	Modigliani .53	
Fisher	.75	Harrod .70		Hall .60	Robinson .63		
Sargent	.66	Ricardo .67		Feldstein .51	Fellner .58		
Patinkin	.59	Hicks .66			Kaldor .55		
R.Gordon	.57	Fellner .54			Friedman .54		
Lucas	.56						
Duesenberry	.55						
Feldstein	.53						
Barro	.51						
Keynes	.51						
Okun	.51						

### Matriz de intercorrelación de factores

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Factor 1	1.000	0.003	0.197	0.334	0.286	0.271	0.203
Factor 2	0.003	1.000	0.078	-0.201	0.459	-0.003	0.247
Factor 3	0.197	0.078	1.000	0.140	0.221	-0.072	0.191
Factor 4	0.334	-0.201	0.140	1.000	0.016	0.236	-0.020
Factor 5	0.286	0.459	0.221	0.016	1.000	0.051	0.273
Factor 6	0.271	-0.003	-0.072	0.236	0.051	1.000	0.109
Factor 7	0.203	0.247	0.191	-0.020	0.273	0.109	1.000

Cuadro 4.1 – PCA de la disciplina macroeconomía (1972-1977)  
(McCain 1990)

En un análisis de co-ocurrencia de atributos, cada factor esta compuesto por una determinada cantidad de estos atributos con una carga asociada al factor. Por ejemplo, en un ACA, cada autor tendría una determinada carga o ponderación en cada uno de los factores. La carga puede considerarse como el grado de pertenencia del autor al factor, el cual a su vez puede ser caracterizado (etiquetado) teniendo en cuenta los autores con mayor carga. En el caso del ACA los factores constituyen los campos temáticos o frentes de investigación donde se mueven los autores. Aquellos autores que no sobrepasan de un determinado umbral no son considerados para caracterizar el factor.

Este tipo de análisis, a diferencia del *clustering*, permite que un determinado atributo (autor) caracterice a más de un factor. Esto permite ver la "amplitud" de cada autor, o lo que es lo mismo, su capacidad para estar presente en más de un factor o frente de investigación. El número total de factores extraídos puede ser como máximo igual al número de variables, y se determina mediante una regla de corte que varía según el paquete estadístico utilizado. Generalmente la regla de corte tiene en cuenta un valor asociado a cada factor denominado *eigenvalue*, que representa el tamaño o peso de cada factor con respecto al resto. Esta medida también es expresada mediante el porcentaje de varianza que acumula cada factor. Generalmente los primeros factores (con mayor *eigenvalue*), suelen acumular un porcentaje muy alto de la varianza, lo que en la práctica significa que por sí mismos pueden caracterizar el comportamiento del espacio n-dimencional. El resto de los factores, acumulan generalmente muy poca varianza, por lo que pueden ser automáticamente desechados sin correr riesgo de eliminar información importante.

En el cuadro 4.1 observamos un ejemplo de PCA realizado en base a un ACA del campo de la macroeconomía y correspondiente a los años 1972-1977 (McCain 1990). Solo se han seleccionado los siete factores o componentes principales, a los cuales se les ha asociado los autores que presentan una carga  $> 0.5$ . Convenientemente evaluados por un experto, cada uno de los factores puede ser caracterizado o etiquetado en función de sus autores asociados:

- Factor 1 – “los monetaristas y sus críticos”
- Factor 2 – “keynesianos”
- Factor 3 – “teoría del desequilibrio”
- Factor 4 – “empíricos”
- Factor 5 – “post-keynesianos críticos británicos”
- Factor 6 – “herramientas econométricas”
- Factor 7 – “post-keynesianos estadounidenses”

Como se puede apreciar el PCA es un tipo de análisis que pone de relieve muchos matices. Si observamos los factores 2 y 5 vemos que tienen más de un autor en común, lo cual se refleja mediante un valor alto (0.46) en la matriz de intercorrelación de factores. Aquí nos encontramos con dos frentes de investigación claramente relacionados, incluso pueden ser considerados como dos facetas diferentes de un mismo frente.

Como ya hemos dicho, la principal característica del PCA consiste en que permite ver la amplitud temática que posee cada autor. El mejor ejemplo es el de John Maynard Keynes, quién es considerado como el padre de la macroeconomía moderna y que aparece en cuatro de los siete frentes (factores 1, 3, 5 y 7).

Factor	<i>Eigenvalue</i>	% variación	% acumulado
1	7.71	36.69	36.69
2	2.70	12.86	49.55
3	1.87	8.91	58.46
4	1.58	7.50	65.96
5	1.33	6.36	72.32
6	1.03	4.91	77.23
7	0.95	4.52	81.75
8	0.69	3.27	85.01
9	0.67	3.17	88.18
10	0.50	2.38	90.56
...	...	...	...
20	-9.11 E-08	0.00	100.00

Cuadro 4.2 – *Eigenvalues* de la matriz de intercitación de las revistas de Botánica (Egghe & Rousseau 1990)

Otra forma de presentar los resultados del PCA es mediante una gráfica de nube de puntos de los dos factores con mayor *eigenvalue*. En el cuadro 4.2 vemos los factores extraídos mediante PCA en un estudio de intercitación de 21 revistas de botánica, con el fin de detectar posibles subcampos de esta especialidad (Egghe & Rousseau 1990). En el cuadro podemos apreciar como los dos primeros factores acumulan la mitad del total de la varianza, mientras que por otro lado el factor 20 es directamente despreciable.

Posteriormente, los dos primeros factores son proyectados sobre un par de ejes cartesianos, obteniendo la representación de la figura 4.3. Esta representación solamente contiene el 49.55% de la información total, sin embargo, los especialistas en la disciplina han podido reconocer cuatro agrupaciones: A) fisiología de las plantas, b) publicaciones generales, c) fitopatología, y D) botánica aplicada.

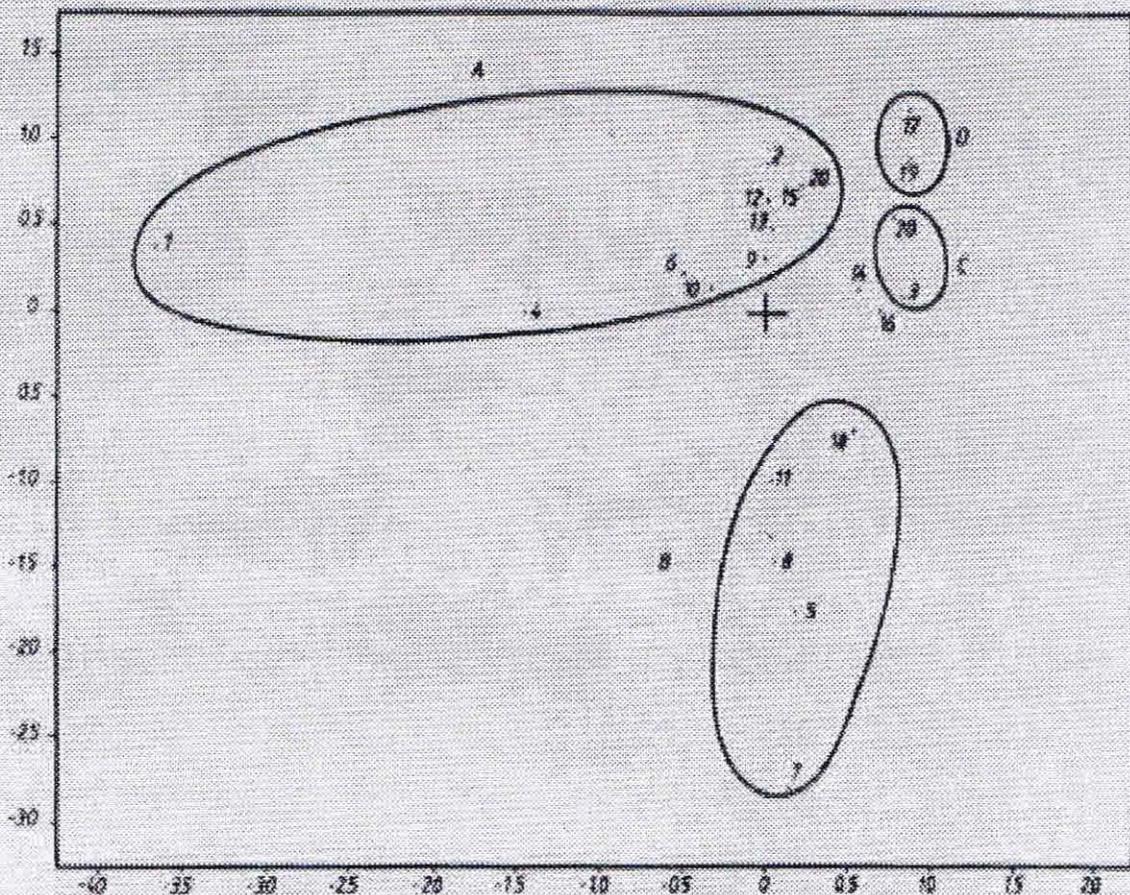


Fig.1.5.6 Projection of the scatterplot of citations to botanical journals onto the plane of the first two eigenvectors. The numbers have the following meaning :

- |                   |                        |                          |
|-------------------|------------------------|--------------------------|
| 1. PLANT PHYSIOL  | 8. NEW PHYTOL          | 15. PLANT SCI LETT       |
| 2. PHYTOCHEMISTRY | 9. ANNU REV PLANT PHYS | 16. J PHYCOL             |
| 3. PHYTOPATHOLOGY | 10. J EXP BOT          | 17. WEED SCI             |
| 4. PLANTA         | 11. ANN BOT - LONDON   | 18. BOT GAZ              |
| 5. CAN J BOT      | 12. PLANT CELL PHYSIOL | 19. CAN J PLANT SCI      |
| 6. PHYSIOL PLANT  | 13. Z PFLANZENPHYSIOL  | 20. AUST J PLANT PHYSIOL |
| 7. AM J BOT       | 14. PLANT SOIL         | 21. PHYSIOL PLANT PATHOL |

Figura 4.3 – Proyección de los dos factores principales  
(Eghe & Rousseau 1990)

### 4.1.3. Escalamiento multidimensional (MDS)

Esta técnica es utilizada para identificar las dimensiones que mejor muestran las similitudes y distancias entre variables. Debido a que el propósito del MDS es generar un mapa de objetos, puede considerarse en cierto modo como una alternativa al PCA. Las aplicaciones en las que se ha implementado alguno de los procedimientos de cálculo MDS utilizan como entrada una matriz de similitudes o distancias y calculan unas coordenadas en un espacio de dos o tres dimensiones de tal forma que las distancias o similitudes obtenidas se parezcan lo más posible a las que contiene la matriz. Con el fin de asegurar que se ha conseguido el mejor ajuste posible entre unas distancias u otras se utiliza una medida estadística denominada *stress*, que mide el grado de ajuste entre similitudes observadas y calculadas.

La utilización del MDS en el campo de la documentación se ha aplicado principalmente al análisis de las similitudes entre los autores de un campo temático con el fin de generar un mapa del espacio intelectual de la disciplina en cuestión. Estas similitudes se establecen generalmente mediante un ACA, de forma tal que los autores altamente citados aparecen agrupados de alguna forma en el espacio. Además, aquellos autores que tienden a estar relacionados con una mayor cantidad de pares, se ubicarán en el centro de la representación, mientras que aquellos que solo lo hacen con muy pocos y determinados tenderán a alejarse del centro. Esta relación centro/periferia de la representación refleja generalmente el comportamiento mismo de la disciplina, además de que los autores agrupados forman frentes de investigación más o menos específicos en función de su relación con el resto de los autores (McCain 1990). En la figura 4.4 podemos ver una representa-

ción MDS bidimensional de un ACA realizado sobre la disciplina documentación en España. Los puntos (autores) se agrupan por afinidad, aunque no se llega a ocupar el centro del mapa. En función a las agrupaciones y al conocimiento de la actividad de los propios autores, los especialistas han podido establecer cuatro frentes de investigación: bibliotecas, informetría, universidad 1 y universidad 2.

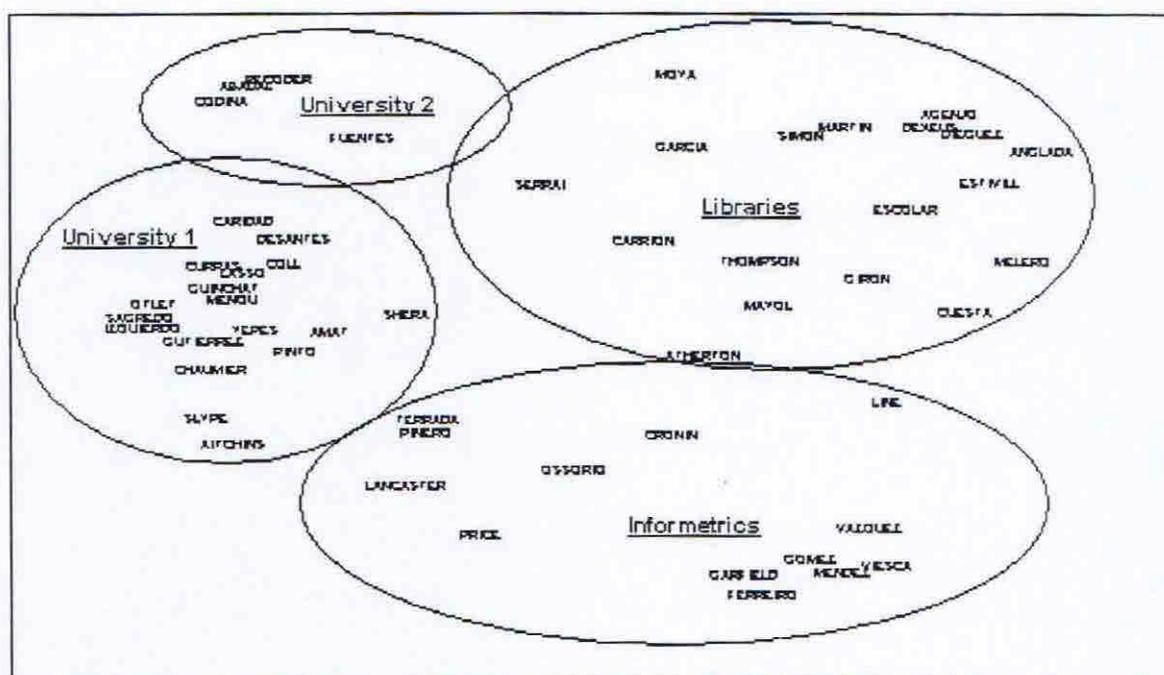


Figura 4.4 – Representación MDS bidimensional de un ACA (Moya Anegón & Jiménez Contreras, 1998)

La interpretación de una representación MDS de un ACA se basa en la localización de cada autor y en la forma en que tienden a agruparse en el espacio bidimensional. Generalmente este espacio captura cerca del 85% de la varianza del espacio n-dimensional. No obstante, es posible ir un poco más allá y utilizar una representación tridimensional.

nal, lo cual es una solución más compleja pero que brinda un poco más de fidelidad al disminuir el *stress*. La interpretación correcta de este tipo de estructuras requiere la visualización de todas las posibles orientaciones del modelo y no solo una faceta capturada sobre el papel. Si bien las líneas de proyección de cada uno de los puntos dan una idea de la ubicación espacial de cada elemento, la verdadera potencia de la representación se revela cuando podemos analizarla mediante algún tipo de interfaz dinámico basado en RV.

Por último, es importante destacar que comúnmente las representaciones MDS son complementadas con la información generada por el *clustering*. Esto brinda la posibilidad de agrupar de manera más o menos automática las nubes de puntos que forman los autores. El secreto radica en contemporizar los frentes propuestos por el *clustering* con las agrupaciones del MDS, tarea que no realiza el algoritmo y que debe llevar a cabo el especialista en la materia. En el MDS de la figura 4.4 vemos claramente las cuatro agrupaciones o frentes de investigación "descubiertos" por el *clustering*.

## **4.2. Redes neuronales artificiales (RNA)**

Durante la pasada década en el campo de la recuperación de la información se ha experimentado con diversas técnicas de Inteligencia Artificial (IA) basadas en reglas y conocimiento. Estas técnicas parecen tener muchas limitaciones y dificultades de aplicación, por lo que ya en la presente década se ha comenzado a trabajar con las técnicas de IA más recientes, basadas en el aprendizaje inductivo: el aprendizaje simbólico, los algoritmos genéticos y las redes neuronales (Chen 1995).

Los primeros trabajos en computación neuronal se remontan a principios de los años cuarenta. Un neurofísico llamado Warren McCulloch y un matemático llamado Walter Pitts propusieron, en base a sus estudios del sistema nervioso, un modelo de neurona formal implementada mediante circuitos eléctricos (McCulloch & Pitts 1943). El entusiasmo que despertó el modelo neuronal, impulsó la investigación en esta línea durante los años cincuenta y sesenta. En 1957 Frank Rosenblatt desarrolló el Perceptrón, un modelo de red que posee la capacidad de generalización, por lo que se ha utilizado hasta el día de hoy en diversas aplicaciones, generalmente en el reconocimiento de patrones.

En 1969 Marvin Minsky y Seymour Papert del MIT, publicaron una obra en la que atacan al modelo neural y consideran que cualquier investigación sobre esa línea era estéril (Minsky & Papert 1969). Debido a esta crítica los trabajos sobre RNA se detienen hasta un nuevo impulso durante los años ochenta. A pesar de esta pausa, varios investigadores siguieron trabajando sobre esta línea durante los años setenta. Tal es el caso del estadounidense James Anderson que desarrolla el modelo BSB (Brain-State-in-a-Box), o del finlandés Teuvo Kohonen que hace lo propio con uno basado en mapas auto-organizativos.

A partir de 1982 el interés por la computación neuronal comenzó a cobrar fuerza nuevamente. El avance logrado en hardware y software, los avances metodológicos en torno a los algoritmos de aprendizaje para RNA, y las nuevas técnicas de inteligencia artificial, favorecieron este renacimiento. En 1987 se crea la Sociedad Internacional de Redes Neuronales (INNS), y durante los años noventa las RNA comienzan a ser aplicadas a distintos campos del conocimiento: clasificación

de patrones, robótica, visión artificial, procesamiento de señales y reconocimiento de escritura y habla, etc.

#### **4.2.1. Definición y características**

Una RNA puede definirse como un sistema de procesamiento de información compuesto por un gran número de elementos de procesamiento (neuronas), profusamente conectados entre sí a través de canales de comunicación (Regueiro & et.al. 1995). Estas conexiones establecen una estructura jerárquica y permiten la interacción con los objetos del mundo real tratando de emular al sistema nervioso biológico. A diferencia de la computación tradicional, basada en algoritmos predecibles, la computación neuronal permite desarrollar sistemas que resuelvan problemas complejos cuya formalización matemática es sumamente difícil. Esto se logra gracias a los principios de funcionamiento de las RNA, de los cuales citamos a continuación los cinco más importantes (Hilera González & Martínez Hernando 1995):

1. Aprendizaje adaptativo: esta es quizás la característica más importante de las RNA, ya que pueden comportarse en función de un entrenamiento con una serie de ejemplos ilustrativos. De esta forma, no es necesario elaborar un modelo *a priori*, ni establecer funciones probabilísticas. Una RNA es adaptativa porque puede modificarse constantemente con el fin de adaptarse a nuevas condiciones de trabajo.

2. Autoorganización: mientras que el aprendizaje es un proceso donde se modifica la información interna de la RNA, la autoorganización consiste en la modificación de toda la red completa con el fin de llevar a cabo un objetivo específico. Autoorganización significa generalización, de esta forma una red puede responder a datos o situaciones que no ha experimentado antes, pero que puede inferir en base a su entrenamiento. Esta característica es muy útil sobre todo cuando la información de entrada es poco clara o se encuentra incompleta.
  
3. Tolerancia a fallos: en la computación tradicional la pérdida de un fragmento pequeño de información puede acarrear comúnmente la inutilización del sistema. Las RNA poseen una alta capacidad de tolerancia a fallos. La tolerancia a fallos se entiende aquí en dos sentidos: primero, las redes pueden reconocer patrones de información con ruido, distorsión o incompletos (tolerancia de fallos respecto de los datos); y segundo, pueden seguir trabajando (con cierta degradación) aunque se destruya parte de la red (tolerancia a fallos respecto de la estructura). La explicación de este fenómeno se encuentra en que, mientras la computación tradicional almacena la información en espacios únicos, localizados y direccionables, las redes neuronales lo hacen de forma distribuida y con un alto grado de redundancia.
  
4. Operación en tiempo real: de todos los métodos existentes, la RNA son las más indicadas para el reconocimiento de patrones en tiempo real, debido a que trabajan en paralelo actualizando todas sus instancias simultáneamente. Es importante destacar que esta caracte-

rística solo se aprecia cuando se implementan redes con hardware especialmente diseñado para el procesamiento en paralelo.

5. Fácil inserción en la tecnología existente: es relativamente sencillo obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilita la integración modular en los sistemas existentes.

Existen varios modelos diferentes de redes neuronales. Cada una de ellos ha sido diseñado para fines más o menos específicos, no obstante, existen varios que han ganado gran popularidad. En el cuadro 4.3, presentamos modelos más conocidos junto a sus características (Hilera González & Martínez Hernando 1995):

Nombre	Año	Aplicaciones	Comentarios	Limitaciones	Creador/es
Avalancha	1967	Reconocimiento de habla continua. Control de robots	Ninguna red sencilla realiza estas tareas	No es fácil alterar la velocidad o interpolar el movimiento	Stephen Grossberg
Teoría de resonancia adaptativa (ART)	1986	Reconocimiento de patrones (radar, sonar, etc.)	Sofisticada, poco utilizada	Sensible a la translación, distorsión y escala	Gail Carpenter, Stephen Grossberg
ADALINE/MADALINE	1960	Filtrado de señales. Ecuilizador adaptativo. Modems.	Rápida, fácil de implementar con circuitos analógicos	Solo es posible clasificar espacios linealmente separados.	Bernard Widrow
Back propagation	1974-1985	Síntesis de voz desde texto. Control de robots. Predicción. Reconocimiento de patrones.	La red más popular. Numerosas aplicaciones con éxito. Facilidad de aprendizaje. Potente.	Necesita mucho tiempo para el aprendizaje y muchos ejemplos.	Paul Werbos, David Parker, David Rumelhart
Memoria asociativa bidireccional	1985	Memoria heteroasociativa de acceso por contenido	Aprendizaje y arquitectura simples	Baja capacidad de almacenamiento. Los datos deben ser codificados.	Bart Kosko
Máquinas de Boltzmann y Cauchy	1985-1986	Reconocimiento de patrones (imágenes, sonar y radar). Optimización.	Redes simples. Capacidad de representación óptima de patrones.	La máquina de Boltzmann necesita un tiempo muy largo de aprendizaje.	Jeffrey Hinton, Terry Sejnowski, Harold Szu
Brain-State-in-a-Box	1977	Extracción de conocimiento de bases de datos	Posiblemente mejor realización que las redes de Hopfield	Realización y potenciales aplicaciones no estudiadas totalmente	James Anderson
Cerebellatron	1969	Control del movimiento de los brazos de un robot	Semejante a Avalancha	Requiere complicadas entradas de control.	David Marr, James Albus, Andres Pellionez
Counter-	1986	Comprensión de	Combinación de	Numerosas neuronas y	Robert

propagation Hopfield	1982	imágenes. Reconstrucción de patrones y optimización	Perceptrón y TPM. Puede implementarse en VLSI. Fácil de conceptualizar.	conexiones. Capacidad y estabilidad.	Hecht-Nielsen John Hopfield
Neocognitrón	1978-1984	Reconocimiento de caracteres manuscritos.	Insensible a la translación, rotación y escala.	Requiere muchos elementos de proceso, niveles y conexiones.	K. Fukushima
Perceptron	1957	Reconocimiento de caracteres impresos.	La red más antigua.	No puede reconocer caracteres complejos.	Frank Rosenblatt
Self-Organizing-Map (SOM)	1980-1984	Reconocimiento de patrones, codificación de datos, optimización.	Realiza mapas de características comunes de los datos aprendidos.	Requiere mucho entrenamiento.	Teuvo Kohonen

Cuadro 4.3 - Modelos de RNA  
(Hilera González & Martínez Hernando 1995)

#### 4.2.2. Las RNA en el campo de la documentación

El tema de las RNA es relativamente nuevo en el campo de la documentación y a pesar de ello ha experimentado un gran auge en los últimos años. Un estudio realizado en la base de datos LISA, nos permite observar el abrupto crecimiento de la literatura especializada en dicha temática (Moya Anegón, Herrero Solana, & Guerrero Bote 1998). Las referencias se recuperaron mediante la búsqueda del término "*neural*" en texto libre, la cual arrojó cerca de 200 entradas. De ahí se eliminaron las entradas correspondientes a investigaciones en curso y se dejaron solamente los artículos, reseñas y comunicaciones de congresos: 170 registros. Luego se ordenaron de forma temporal desde 1981 hasta 1996, y se construyó el gráfico de la figura 4.5. En él podemos observar claramente el crecimiento exponencial de la literatura sobre el tema, especialmente en los períodos 1992-93 y 1994-95. La caída de 1999 no debe ser tomada en cuenta ya que la información sobre este año se encuentra incompleta, y recién estará disponible en las ediciones del 2000 de la base.

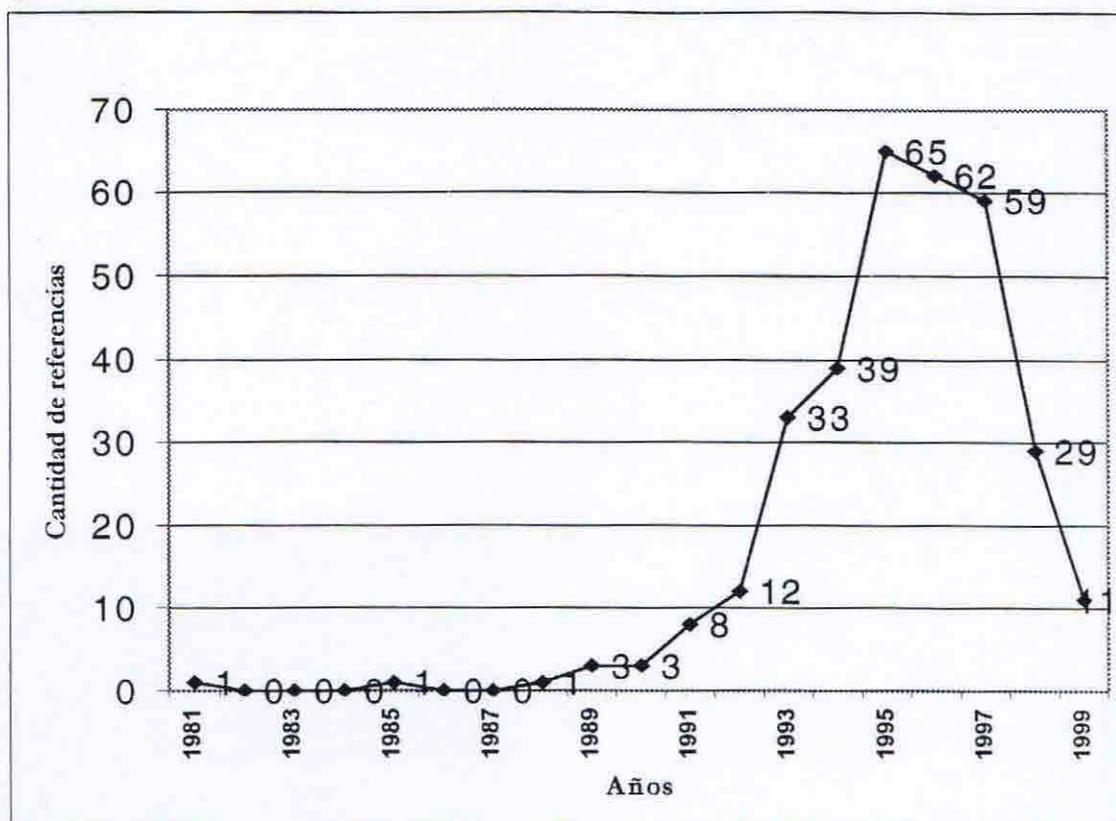


Figura 4.5 – Artículos relativos a RNA en LISA

Otro dato importante es el de los títulos de revistas involucrados en este estudio. En el cuadro 4.4 podemos apreciar los nombres de las publicaciones ordenados por su frecuencia de aparición. Es evidente que esta distribución se asemeja a la de la dispersión de Bradford, ya que cuenta con un núcleo de pocos títulos que acaparan un gran porcentaje de artículos mientras que por otro lado tenemos una gran cantidad de revistas con solo uno o dos artículos. Lo curioso de estudio tal vez sea que la publicación más frecuente no está especializada en redes neuronales ni en inteligencia artificial, sino que proviene del campo químico. El *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* cubre cerca del 25% de las referencias sobre el tema, por lo que podemos afirmar que la recuperación de la información química aparece

como el segmento más activo en el estudio de las redes neuronales. Por detrás de ella aparecen distintos títulos especializados en sistemas expertos e inteligencia artificial, temáticas mucho más afines con las RNA, y que cubren un rango de entre el 2.8 y 6 % (*Experts Systems* 6%, *Knowledge-Based Systems* 4.81%, *IEEE Expert* 4.81%, *Applied Intelligence* 3.21%, *Artificial Intelligence* 2.88%).

Título de la publicación	Nº	%	Acu	% Acu
Journal-of-Chemical-Information-and-Computer-Sciences	79	25,32	79	25,32
Expert-Systems	19	6,09	98	31,41
Knowledge-Based-Systems	15	4,81	113	36,22
IEEE-Expert	15	4,81	128	41,03
Computers-in-Biology-and-Medicine	11	3,53	139	44,55
Applied-Intelligence	10	3,21	149	47,76
Artificial-Intelligence	9	2,88	158	50,64
Journal-of-the-American-Society-for-Information-Science	9	2,88	167	53,53
Information-Processing-and-Management	8	2,56	175	56,09
Artificial-Intelligence-in-Medicine	7	2,24	182	58,33
Scientometrics-	7	2,24	189	60,58
Telematics-and-Informatics	7	2,24	196	62,82
Artificial-Intelligence-Review	6	1,92	202	64,74
New-Review-of-Applied-Expert-Systems	5	1,60	207	66,35
Journal-of-Medical-Systems	5	1,60	212	67,95
Byte	4	1,28	216	69,23
Journal-of-Information-Science	4	1,28	220	70,51
Information-and-Software-Technology	4	1,28	224	71,79
Library-Hi-Tech	3	0,96	227	72,76
International-Journal-of-Human-Computer-Studies	3	0,96	230	73,72
Computer-Communications	3	0,96	233	74,68
Information-Systems-Management	3	0,96	236	75,64
AI-Magazine	3	0,96	239	76,60
17 títulos con 2 documentos	34	10,90	273	87,50
39 títulos con 1 documento	39	12,50	312	100,00

Cuadro 4.4 – Títulos de revistas por frecuencia de aparición

No obstante, si sumáramos las referencias de todas estas revistas, aún no alcanzaríamos los números de la primera. En las restantes encontramos títulos de informática en general (*Telematics and Infor-*

*matics* 2.24%, *Byte* 1.28%), especializados en recuperación de la información y bibliometría (*Information Processing and Management* 2.56%, *JASIS* 2.88%, *Scientometrics* 2.24%, y *Library Hi Tech* 0.96%). Detrás de ellas viene un pelotón compuesto por 48 revistas que presentan a lo sumo un par de artículos sobre el tema.

La última cuestión que debemos resaltar es el hecho de que la mayoría de los títulos especializados en documentación y recuperación de la información, y que podríamos denominar como el núcleo duro de la especialidad, no aparecen o lo hacen con una o dos referencias. Aquí algunos ejemplos: *Journal of Information Science* 4, *ARIST* 1, *ASLIB Proceedings* 1, *Journal of Documentation* 0, y *Library Trends* 0. Esto nos estaría indicando que las RNA no constituyen todavía una temática plenamente abordada por la literatura de la disciplina y que si deseamos hacer un estudio sobre su aplicación a la recuperación de la información debemos prestar mucha atención a los trabajos que se encuentran en la frontera entre diversas disciplinas (química, biología, inteligencia artificial, etc.) y la documentación.

Para un estudio más profundo de la bibliografía sobre redes neuronales, consultar el estudio bibliométrico de Van Rann (Raaijmakers & Tijssen 1993). En él se presenta un mapa de la ciencia elaborado mediante el método de co-ocurrencia de términos en el campo temático.

Las aplicaciones específicas de RNA al campo documental pueden clasificarse por diversos criterios. Nosotros utilizaremos una adaptación del esquema de Scholtes, que contempla una ordenación por tipo de aplicación (Scholtes 1995):

- Gestión bibliotecaria (*library management*)
- Clasificación de la información (*information clustering*)

- Diseño de interfaz (*interface design*)
- Filtrado de información (*filtering of information*)
- Búsqueda incompleta (*incomplete searching*)
- *Data mining*

Dentro de estas categorías, existen varias aplicaciones que explotan las características de las RNA y las aplican al campo de la recuperación de la información. Sin embargo, se encuentran todavía limitaciones muy grandes. El principal problema consiste en el volumen de procesamiento de información necesario. Es importante tener en cuenta aquí que las RNA son un modelo del procesamiento de la información, y que los sistemas que las emulan son solo eso: emuladores de un modelo ideal. Esto es necesario de aclarar en el caso de las RNA debido a que la mayoría de las aplicaciones aquí citadas simulan el funcionamiento de una red masivamente paralela mediante un ordenador secuencial. Estas simulaciones no explotan la principal característica de las redes, el procesamiento paralelo, por lo que es imposible desarrollar aplicaciones que manejen volúmenes de información reales. Solo se limitan a los que Scholtes llama "problemas de juguete" (*toy problems*) (Scholtes 1995). La solución de esta cuestión no radica en contar con máquinas secuenciales más potentes, sino con disponer de ordenadores expresamente diseñados para el cálculo paralelo masivo.

Otro asunto a tener en cuenta es la limitación de las RNA en cuanto a la naturaleza de la información que pueden manejar. El auge de estas técnicas puede hacer pensar que son útiles para resolver cualquier problema informativo, pero no es así. Las ventajas de las RNA se aprecia a la hora de procesar información en lenguaje natural, ruidosa e incompleta. En el contexto de la recuperación de la información, es co-

mún ver aplicaciones de RNA a problemas de información estructurada, que podrían ser resueltos por otros métodos más tradicionales y fáciles de implementar (Scholtes 1995). A pesar de estas limitaciones las técnicas basadas en RNA aplicadas a la recuperación de la información, constituyen un campo de investigación muy prometedor que va a brindar muchos resultados a corto y mediano plazo.

#### **4.2.3. Mapas auto-organizativos (SOM)**

A principio de los años ochenta, el finlandés Teuvo Kohonen demostró que una información de entrada por sí sola, suponiendo una estructura propia y una descripción funcional del comportamiento de la red, era suficiente para forzar la formación de mapas topológicos (Kohonen 1982). Estos mapas presentan la característica de organizar la información de entrada clasificándola automáticamente.

Este modelo presenta dos variantes: 1) la denominada "Cuantificación por Vector de Aprendizaje" (*Learning Vector Quantization*) o LVQ, y 2) la llamada "Mapa de Preservación Topológica" (*Topology-Preserving Map*) o TPM. A esta última también se la conoce comúnmente como "mapa auto-organizativo" (*Self-Organizing Map*) o SOM. La diferencia entre ambos modelos radica en que mientras la LVQ trabaja con salidas en una sola dimensión, la salida en el SOM es bidimensional. Esta última es la que se encuentra más extendida (Kohonen 1997).

El principio de funcionamiento de este modelo es sencillo y se puede apreciar en el diagrama en bloques de la figura 4.6, básicamente se trata de establecer una correspondencia entre la información de entrada y un espacio de salida de dos dimensiones, o mapa topológico.

De esta manera, los datos de entrada con características comunes activarán zonas próximas del mapa. Es muy común representar este modelo de red con sus neuronas de salida dispuestas de manera bidimensional. Cuando se ingresa un dato a la red esta reacciona de forma tal que solo una neurona de la capa de salida resulta activada. A esta neurona se la denomina vencedora (*winner-take-all unit*) y determina un punto en el mapa bidimensional. Lo que realmente esta haciendo la red es clasificar la información de entrada, ya que la neurona ganadora representa la clase a la que pertenece la entrada, además de que ante entradas similares se activará siempre la misma neurona. Por tanto, la red es válida para establecer relaciones, desconocidas previamente, entre un conjunto determinado de datos.

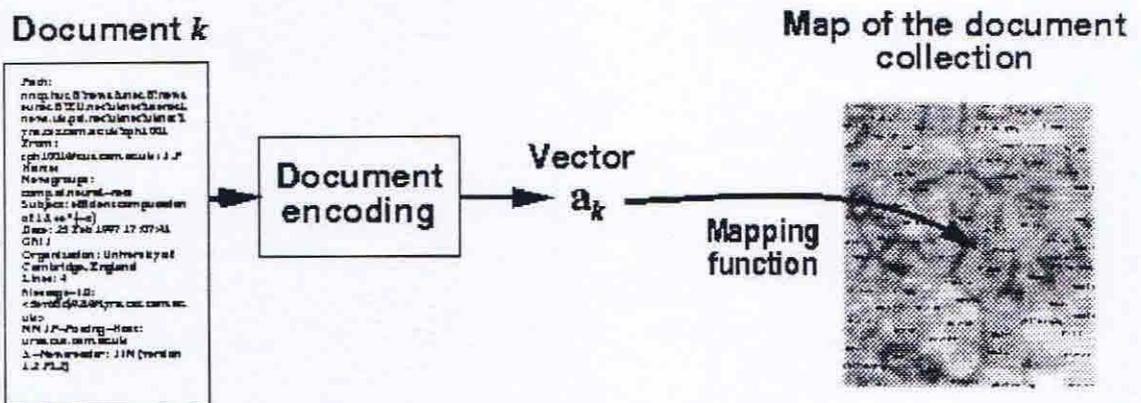


Figura 4.6 – Proceso de creación de un SOM (Kaski et al. 1998)

El método de aprendizaje del modelo SOM se denomina competitivo y es del tipo no supervisado y *off-line*, por lo que se contará con una etapa previa de entrenamiento y una posterior de operación. El modelo de Kohonen es una de las RNA más útiles que se han desarrollado, aunque posee dos limitaciones: 1) el proceso de aprendizaje

suele ser largo y arduo, y 2) para aprender nuevos datos es necesario repetir el proceso de aprendizaje por completo. No obstante, la versatilidad de este tipo de red es muy amplia, lo que le permite clasificar todo tipo de información, desde la literaria (Honkela, Pulkki, & Kohonen 1995) hasta la económica (Kaski & Kohonen 1995).

Según Samuel Kaski, colaborador de Kohonen, el SOM presenta cuatro propiedades importantes con relación a la exploración de información (Kaski 1997):

- Presentación de un orden (*ordered display*). Esta característica ayuda a entender las estructuras que subyacen en las series de datos, aunque según Kaski el problema con esto consiste en que los analistas deben "familiarizarse" con la forma en que el SOM presenta los resultados.
- Visualización de clusters (*visualization of clusters*). En un SOM es posible apreciar la densidad de *clustering* de las distintas regiones del mapa, el inconveniente en este caso es que no se puede apreciar la forma y límites de cada cluster en particular.
- Falta de datos (*missing data*). El SOM permite trabajar con vectores incompletos, ya sea por falta o por pérdida de datos.
- Datos particulares (*outlier*). Mediante el SOM es posible detectar los casos extraños que hayan sido generados por un error en las entradas o similar.

El SOM no es en sentido estricto una técnica de reducción de la dimensión como las vistas con anterioridad, no obstante, la ordenación

que realiza en el espacio bidimensional puede considerarse una verdadera dimensión reducida. Algunos autores destacan la importancia de los métodos de reducción que preservan la vecindad, aunque afirman que los mapas SOM solo son útiles (en este sentido) bajo determinadas interpretaciones de lo que un mapa en este sentido debe ser (Goodhill & Sejnowski 1996). Esto estaría relacionado con la primera de las características propuesta por Kaski.

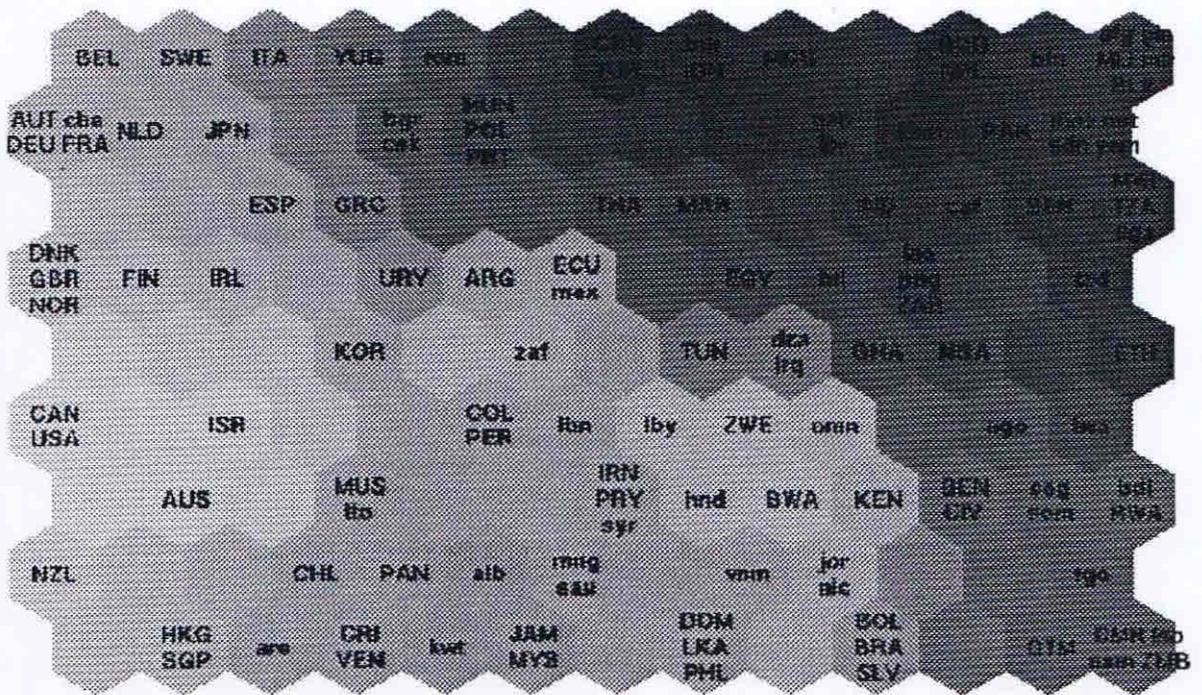


Figura 4.7 – “Mapa de la miseria” basado en SOM (Kaski et al. 1998)

En la figura 4.7 podemos ver un ejemplo de SOM como espacio reducido. La fuente de datos consiste en una matriz de 39 variables relacionadas con la economía de todos países del mundo, información extraída del “World Development Report” del Banco Mundial (1992). Las variables reflejan distintos aspectos relacionados con la calidad de vida:

salud, alimentación, educación, etc. En total aparecen 126 países que han sido caracterizados por 12 o más de las 39 variables posibles. El mapa fue entrenado con 78 países, los que aparecen en mayúsculas, mientras que los restantes –en minúscula- fueron incorporados después de la fase de aprendizaje (Kohonen 1997).

En la representación, que ha sido llamada "mapa de la miseria" (*map of poverty*), los ejes vertical y horizontal no tienen ningún significado explícito, solo las relaciones geométricas locales son importantes. Aquellos países que se ubican próximos poseen un estadio de desarrollo similar. El SOM además es capaz de realizar una especie de *clustering*, el cual se representa mediante los colores y las tonalidades de las celdas. Esto permite hacer agrupaciones, pero a diferencia de lo que ocurriría en el ejemplo de la representación MDS, cada grupo no tiene un límite perfectamente delimitado, ya que los bordes tienden a difuminarse mediante la utilización de tonalidades medias. Una especie de área de influencia de la neurona ganadora. Si se llevan estas tonalidades a un planisferio y se colorean los países, es posible además percibir una cierta concordancia entre el color de un grupo de países y su proximidad geográfica.

#### **4.3. Comparación entre las diferentes técnicas**

Como venimos afirmando a lo largo del capítulo, las técnicas enunciadas son complementarias y brindan diferentes soluciones a un mismo problema. No obstante, algunos autores han analizado comparativamente los resultados obtenidos con varias de ellas. Esto ocurre particularmente con el MDS y el SOM, debido a que ambas técnicas tien-

den a representar de forma diferente en un mismo espacio bidimensional las distancias del espacio real.

Kaski en su tesis doctoral realiza un estudio comparativo entre PCA, MDS y SOM (Kaski 1997). Para ello se vale de los datos sobre la riqueza/pobreza de las naciones, mencionado en el punto anterior.

En la figura 4.8 vemos la representación PCA de las naciones, y en ella se puede apreciar la preponderancia de un eje sobre el otro. El componente principal se encuentra representado en el eje horizontal, que es el que mejor caracteriza el nivel de riqueza/pobreza de los países. Entre los países más ricos existe muy poca diferencia, por lo que tienden a ser representados de forma bastante apretada.

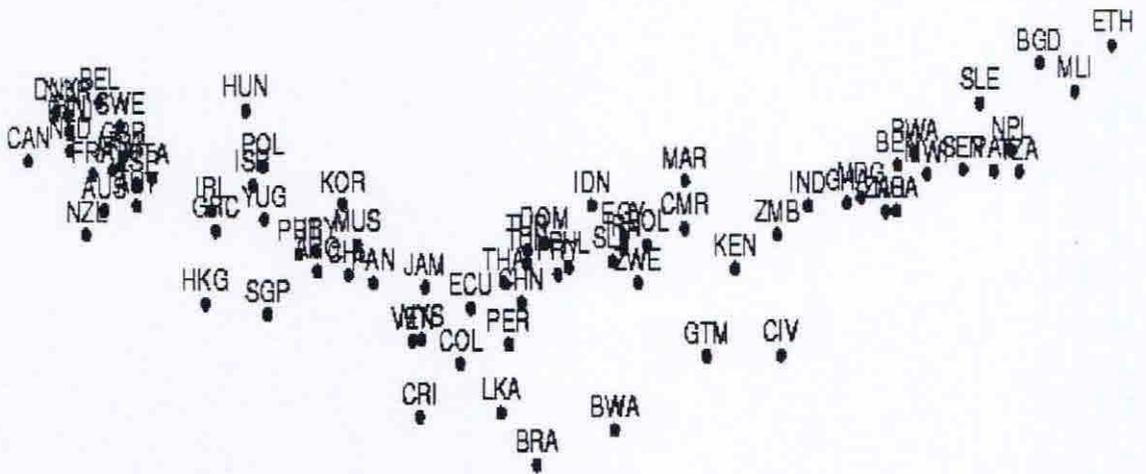


Figura 4.8 – Ejemplo de representación PCA (Kaski 1997)

En la figura 4.9 nos encontramos con la representación MDS, la cual es bastante más abierta que la PCA. Aquí los países se encuentran más distanciados, aunque las naciones ricas siguen estando muy agrupadas. La desagregación de los elementos le brinda más claridad al MDS que al PCA.

Por último, en la figura 4.10 tenemos la representación SOM. Este SOM difiere un poco del visto en el punto anterior. En primer lugar presenta una retícula rectangular, mientras que en el otro es hexagonal. Además, esta versión no utiliza los colores para realizar un *clustering*, sino que aquí se utiliza con el fin de estirar y comprimir el mapa, como si se tratara de un relieve de valles y montañas. Por ejemplo, la distancia entre dos elementos cercanos en una zona oscura será mayor que la de dos elementos que se encontraran a la misma distancia (medida en neuronas) pero sobre una zona clara. De esta forma se le está brindando a la representación un poco más de libertad que la que estrictamente le confiere la bidimensionalidad. La ubicación de los países se encuentra mucho más desagregada que en el caso del MDS, debido a que el SOM siempre prioriza la relación entre los elementos cercanos (vecindad) sobre la estructura global de los datos, y tienden a ocupar todo el espacio disponible con los datos.

Esta característica es muy importante. Para Kaski la diferencia entre el MDS y el SOM radica en que el SOM intenta presentar una proyección localmente corregida, mientras que el MDS intenta preservar todas las distancias entre los puntos. El MDS es *distant-preserving* y el SOM *topology-preserving*. Por otra parte, el SOM permite al mismo tiempo reducir la dimensión y realizar un tipo de *clustering* que podríamos llamar paulatino. El MDS solo reduce la dimensión y necesita del auxilio de alguna técnica de *clustering* para resolver el problema de las agrupación, lo cual lleva a que en algunos casos las agrupaciones y la representación bidimensional no coinciden exactamente.



Figura 4.9 – Ejemplo de representación MDS (Kaski 1997)

Kaski afirma que los resultados obtenidos mediante un SOM (al igual que un MDS) deben ser evaluados e interpretados por expertos en el área objeto de estudio. Lo mismo opina Tijssen y añade que es el elemento más importante para determinar la credibilidad del mismo. Sin embargo, en su estudio demuestra con datos concretos que la percepción cognitiva que tiene un grupo de expertos en la misma materia sobre un mismo mapa es considerablemente divergente (Tijssen 1993). Sobre esta línea, ya en los años setenta Eugene Garfield expresaba que el status ontológico de los mapas de la ciencia y otros tipos de mapas cognitivos es y será siendo meramente especulativo hasta que no se conozca la estructura del pensamiento humano en sí mismo (Garfield, Malin, & Small 1978).

Posteriormente Tijssen matiza el asunto diciendo que las representaciones mentales de los expertos y los mapas bibliométricos son entidades inherentemente distintas. Los esquemas mentales definen una representación de la realidad muy individual (micro-nivel), mientras

que los mapas la representan a un macro-nivel. Finaliza diciendo que los mapas basados en MDS reflejan de forma significativa las opiniones de los expertos, complementándolas, y que deberían utilizarse otros métodos que aporten otras visiones también complementarias. Sería interesante en este punto preguntarnos la validez de esta afirmación con respecto al SOM. Como ya hemos dicho, el SOM no representa las estructuras (macro-nivel), sino las relaciones de vecindad (micro-nivel). ¿Estará por lo tanto el SOM mejor preparado para representar la realidad concebida en los esquemas mentales?

Por otra parte, esta confrontación entre el SOM y el MDS parece inscripta en una dicotomía de índole más general: la de los métodos estadísticos frente a los basados en redes neuronales. En realidad esta antinomia parece afectar más a las personas que a las metodologías, tal cual lo expresa Arthur Flexer quien asume que hay un conflicto entre estadísticos y conexionistas (Flexer 1995). Lo mismo opina Sarle y lo resume afirmando que el *marketing* en torno a las redes neuronales es tal, que llega a pensarse que no es necesario ningún tipo de experiencia o aprendizaje por parte del usuario para su comprensión, lo cual no tiene sentido (Sarle 1994). Un poco en contradicción con esta idea, Hsinchun Chen afirma que el SOM es un recurso sumamente útil a la hora de crear un VIRI intuitivo que presente los conceptos más importantes de una colección de información (Chen, Schuffels, & Orwig 1996) (Orwig, Chen, & Nunamaker 1997).

Por otra parte, la capacidad del SOM para realizar *clustering* no está tan clara para algunos autores. Flexer analiza las capacidades del SOM para realizar *clustering* y reducción de la dimensión, comparándolas sobre todo con el MDS. Concluye que el SOM no puede reemplazar a las técnicas de *clustering* y al MDS, pero puede llegar a complementa-

rias, a pesar de afirmar que el SOM como herramienta de visualización de datos (*data visualization tool*) es un concepto vago. Destaca las similitudes del método de *clustering* de las k-medias (*k-mean*) con el SOM, cuando este último utiliza un valor de vecindad igual a cero (Flexer 1996). El problema del *clustering* del SOM, consiste en que no establece el área de influencia de cada neurona en particular ni del conjunto que forma el *cluster*. Merkl y Rauber desarrollaron una técnica para subsanar este problema llamada Cluster Connections (CC). En ella se utiliza la distancia entre vectores de las neuronas vecinas para determinar si estas neuronas pertenecen al mismo *cluster* y deben visualizarse conectadas, o están localizadas a lo largo del límite del *cluster* y no deben ser conectadas (Merkl & Rauber 1997a) (Merkl & Rauber 1997b).

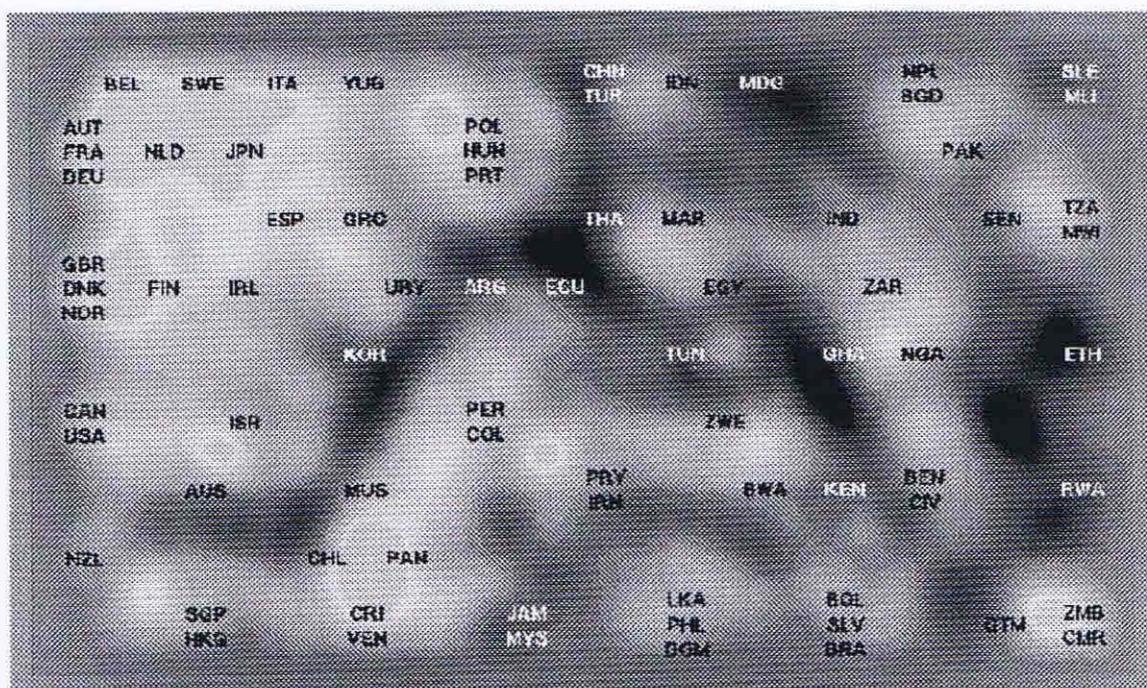


Figura 4.10 – Ejemplo de representación SOM (Kaski 1997)

Si bien hemos mencionado las características de las representaciones SOM y MDS, la elección de uno de ellos para la construcción de un VIRI estará más condicionada por los problemas prácticos de implementación que por las características propias de cada representación. Bajo este criterio el SOM presenta muchas ventajas por sobre las técnicas estadísticas de análisis multivariante. En primer lugar, un SOM se puede generar mucho más rápidamente que un MDS. Esto se pone particularmente de manifiesto cuando se cuenta con un ordenador que utiliza procesamiento en paralelo, el cual puede explotar las ventajas del modelo conexionista (Kohonen et al. 1996). En segundo lugar el SOM puede trabajar con mayor cantidad de elementos que el MDS. Los paquetes estadísticos que generan MDS por lo general no pueden manejar más de 100 variables de entrada mientras que el SOM puede fácilmente superar esta cifra (White, Lin, & McCain 1998). En el próximo capítulo veremos algunos ejemplos concretos de representaciones bidimensionales.

## Capítulo 5

### Las representaciones bidimensionales I: mapas *offline*

Cuando abordamos el tratamiento de los ejemplos de representaciones visuales nos encontramos con el problema de no contar una tipología clara. Algunos autores han intentado clasificar los diferentes sistemas según la apariencia de los mismos (Kahn 1999) (Card, MacKinlay, & Shneiderman 1999), aunque solo se han circunscripto a cierto tipos de VIRI. Por esta razón hemos optado por establecer una taxonomía basada en el criterio de White y McCain, que tiene en cuenta el método de ordenación sobre el que se estructura.

En primer lugar, y con el fin de facilitar su tratamiento, hemos dividido las representaciones bidimensionales (capítulos 5 y 6), de las tridimensionales (capítulo 7). Dentro de las primeras, hemos optado por dividir las en: 1) aquellas que son utilizadas como representaciones *offline*, cuya función es la de mapas informativos (capítulo 5), y 2) aquellas que son utilizadas online (capítulo 6), cuya función es la de servir de interfaz (VIRI). Esta división no es muy común en la literatura, pero nos brinda la posibilidad de integrar la vertiente la bibliométrica con la recuperacionista mediante la representación gráfica de la información.

Dentro de las representaciones *offline*, las dividiremos en función del tipo de análisis realizado: 1) análisis de cocitación de autores (ACA), 2) análisis de cocitación de revistas (ACR), 3) análisis de co-ocurrencia de palabras, 4) análisis de co-ocurrencia de temas, 5) análisis de co-ocurrencia de instituciones, 6) análisis de co-ocurrencia de países, y 7)

análisis de co-ocurrencia de enlaces web. La principal característica de las representaciones *offline* es que pueden prescindir del ordenador, ya que aunque es muy común generar estas representaciones de forma automática, podemos apreciarlas impresas sin necesidad de contar con la máquina de por medio.

### **5.1. Análisis de cocitación de autores (ACA)**

El método de análisis de cocitación fue definido a comienzos de los setenta de forma simultánea en los Estados Unidos (Small 1973) y la entonces Unión Soviética (Marshakova 1973). En ambos trabajos se partió del principio de que cuanto mayor es el número de veces que dos trabajos son cocitados, más alta será la probabilidad de que exista entre ellos afinidad temática. Esta idea básica ha sido desarrollada después al menos de tres formas: como cocitación de trabajos, autores y revistas, en todo casos, como un modelo objetivo de análisis de la estructura intelectual de las distintas disciplinas científicas. El modelo bibliométrico de cocitación, al mismo tiempo que agrupa autores, trabajos o revistas según sus afinidades temáticas, nos permite medir la interacción entre los distintos frentes de investigación hasta convertir el conjunto en una jerarquía de especialidades científicas que se relacionan entre sí (Franklin & Johnston 1988). El método de co-ocurrencia más extendido es el análisis de cocitación de autores (ACA).

A comienzos de los ochenta se llevaron a cabo los primeros trabajos de ACA (White & Griffith 1981). En ellos ya se pone de manifiesto la posibilidad que ofrece el ACA para facilitar la comprensión de la estructura intelectual de una disciplina. Como había ocurrido en traba-

jos realizados anteriormente sobre cocitación de artículos, el producto inmediato obtenido eran mapas que representaban la disciplina a través de la agrupación de los autores que integraban distintos frentes. Estos mapas se elaboran partiendo del principio de que las cifras de cocitación entre dos autores cualesquiera deben ser consideradas como el inverso de la distancia (similaridad) existente entre esos mismos autores en una representación bidimensional. Esta relación inversamente proporcional nos permite utilizar diversos procedimientos matemáticos para calcular las coordenadas de los autores en el mapa a partir de sus distancias, así como las agrupaciones de autores que conforman los diferentes frentes de investigación. Estos mapas son sumamente útiles para determinar cuestiones tales como: ¿qué factores influyen en el crecimiento de la estructura de la comunidad científica en un campo concreto?, ¿es posible determinar el impacto de política científica en el desarrollo de dicha disciplina? (Ripp 1988).

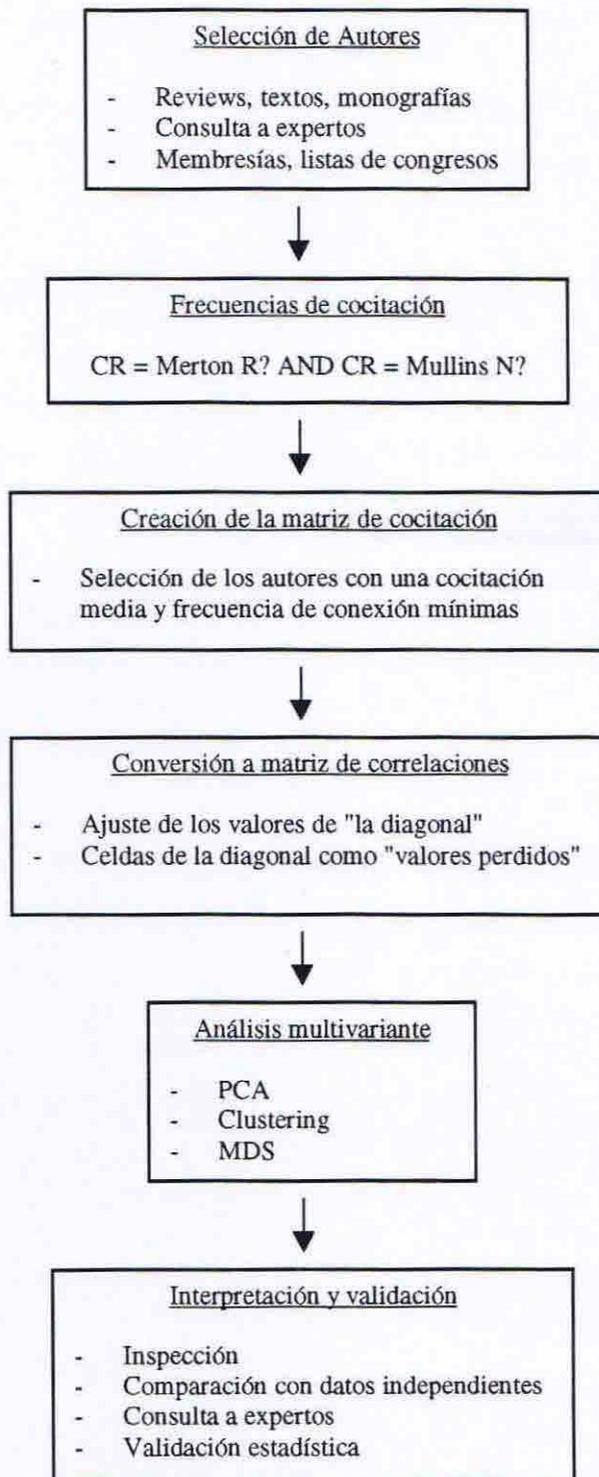


Figura 5.1 - Proceso del análisis de cocitación de autores (McCain 1990)

Cada agrupación de autores en el mapa tiene dos componentes, uno visible y otro invisible. El primero está formado por aquellos autores más intensamente cocitados en una disciplina, éstos aparecerán en el mapa tanto más próximos cuanto más cocitados hayan sido. El otro componente lo forman los autores citantes, que se incorporan también al frente en la medida en que han utilizado a los integrantes del grupo visible como base intelectual para el desarrollo de sus investigaciones. Por lo tanto, la estructura intelectual de la disciplina así obtenida es el resultado del consenso de todos los autores que la integran, aunque, la representación de la misma que obtenemos a través del mapa es una herramienta para el análisis que precisa de una interpretación que implica un cierto conocimiento del contexto. En algunos casos el análisis de cocitación ha sido utilizado como instrumento de corroboración de análisis individuales realizados anteriormente (White 1983).

El proceso detallado del ACA ha sido expuesto por McCain y puede ser observado en el figura 5.1 (McCain 1990). El primer paso consiste en seleccionar los autores que serán analizados. No es posible utilizar a todos los autores de una disciplina, solo se deben seleccionar los más importantes. Estos pueden ser extraídos de las principales monografías, *reviews*, etc., seleccionados por expertos y recuperados de listas de conferencias y membresías de asociaciones. Existe otra forma de selección que es la basada en la propia citación. Este método se vio beneficiado con la introducción del comando RANK en el sistema Dialog, ya que permite establecer una lista ponderada (ranking) de cualquiera de los campos del Science Citation Index (SCI) con lo cual es muy fácil extraer los nombres de los autores más citados.

Cuando se cuenta con la lista de autores se procede a determinar en que medida son cocitados cada uno de los posibles pares. En el se-

gundo cuadro de la figura 5.1 vemos la forma de interrogar al SCI sobre, p.ej. las cocitas que reciben Robert Merton y Nicholas Mullins. Este valor se introduce en una matriz simétrica donde se incluyen todos los valores de todos los pares de autores. A esta matriz se le eliminan aquellos autores (fila y columna) que no posean un mínimo de cocitación, para evitar que la ausencia de datos distorsione la representación. Por último, debe ajustarse los valores de la diagonal de la matriz (cocitas de cada autor consigo mismo), para evitar distorsiones en la representación ya que el valor que nos da el SCI consiste en la cantidad de artículos que citan dos veces al autor. Existen varios métodos de corrección, generalmente lo que se hace es colocar un valor alto en toda la diagonal, igual a una vez y media el valor más alto de la matriz. McCain utiliza un método diferente, considera los valores de la diagonal como "perdidos" (*missing data*), y los ignora.

El siguiente paso consiste en convertir la matriz de cocitación en una matriz de similaridades mediante valores que oscilan entre 1 y -1. El método más utilizado para construir la matriz de similaridades es la correlación  $r$  de Pearson. La creación de esta matriz de correlaciones aporta dos ventajas: 1) los valores indican de forma más clara la proximidad o lejanía entre cada par de autores, 2) al ser valores relativos se remueven factores de escala que no permiten apreciar claramente estas relaciones. Una vez obtenida la matriz de correlaciones o similaridades, se está en condiciones de analizarla con algunas de las técnicas de análisis multivariante. Básicamente son tres: 1) PCA, 2) MDS, y 3) *clustering*, aunque no las trataremos aquí ya que han sido analizadas en el capítulo anterior. A estas técnicas deben sumarse las RNA, en particular los mapas auto-organizativos (SOM), tratados también en el anterior capítulo.

El último paso en el proceso consiste en la interpretación y validación de las representaciones obtenidas. Este es la parte más delicada y subjetiva del proceso, debido a que los resultados son representaciones parciales mediante la cual el usuario puede apreciar de forma inteligible (dos o tres dimensiones) un fenómeno que está operando de manera multidimensional. McCain indica cuatro tareas de inspección/validación: 1) la inspección propiamente dicha, 2) el cruzamiento con otros datos independientes del estudio, 3) la consulta a especialistas, 4) y la validación estadística. De todas ellas, la consulta a especialistas es la más común, aunque no está exenta de inconvenientes. Este tema ya lo hemos abordado en el último punto del capítulo anterior. Es importante destacar que el proceso aquí descrito para el ACA puede ser utilizado para analizar cualquier otro tipo de objeto: obras, títulos de revistas, palabras, temas, etc., como veremos más adelante.

### **5.1.1. Mapas ACA**

El ACA es quizás el tipo de análisis que más ejemplos de representaciones presenta en la bibliografía especializada. De todos ellos, los basados en MDS y *clustering* son los más comunes. En la figura 5.2 vemos un ACA realizado por White y McCain en la disciplina *library & information science* (LIS) para un periodo amplio de tiempo (1972-95). En el mapa los autores identifican dos grandes frentes de investigación: 1) el correspondiente a la bibliometría, informetría y cienciometría (SIB), arriba a la izquierda, y 2) el de la recuperación de la información (IR), ubicado abajo a la derecha (White & McCain 1998). En un trabajo posterior White presentó los mismos datos pero organizados mediante

un SOM (figura 5.3) (White, Lin, & McCain 1998). En el observamos a los autores ubicados en función de su afinidad temática, la cual se insinúa mediante las un tanto confusas tonalidades de la retícula (neuronas). Para aclarar la representación agregó una serie de etiquetas según su juicio de experto.

Existen otras formas de agrupar la información representada en un mapa, ya sea este MDS o SOM. El más utilizado quizás sea la combinación con el análisis de *cluster*. En la figura 5.4 vemos un dendograma donde se presenta el *clustering* basado en el método de Ward de una matriz de datos de un estudio parecido al anterior, la disciplina LIS entre 1991 y 1998. De allí se desprenden seis grandes grupos: a) Scientometrics, b) Citationist, c) Bibliometrics, d) Communication theory, e) Soft IR, y f) Hard IR. Estos grupos, que están claramente relacionados con los dos grandes dominios propuestos por White, sirven para colorear las áreas del SOM de la figura 5.5. En este mapa podemos apreciar no solamente el área de influencia de cada *cluster* por el color, sino que también podemos establecer la zona de influencia de cada autor mediante las líneas delgadas. Si bien este SOM es más determinante que el anterior a la hora de establecer las relaciones con los grandes temas, es más sencillo y esquemático.

El SOM y el MDS no son los únicos métodos mediante los cuales se puede representar los resultados de un ACA. Como hemos ya visto en el capítulo anterior el PCA es un buen método de análisis para determinar los componentes más importantes que constituyen al conjunto de datos. Usualmente se colocan en dos o tres ejes cartesianos los primeros componentes, e forma tal que los elementos se agrupen en función de estos componentes. En la figura 5.6 podemos observar una representación tridimensional (3D) PCA, correspondiente a un estudio de

la producción en bibliotecología y documentación (ByD) en España para el periodo 1985-84 (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & De la Moneda Corrochano 1998). Los tres componentes principales acumulan una cantidad de varianza suficiente como para agrupar satisfactoriamente a los autores. También es posible encontrar representaciones PCA en dos dimensiones, como la que hemos utilizado para ejemplificar el capítulo anterior, y si bien son más simples de entender acumulan necesariamente menos varianza con dos factores que lo que lo harían con tres.

Este tipo de representaciones tridimensionales no se utilizan exclusivamente para el PCA. En la figura 5.7 vemos una representación MDS 3D, de un ACA realizado en una especialidad de la sociología (familia) (Bayer, Smart, & McLaughlin 1990). La ventaja de trabajar con MDS en 3D consiste en que la deformación de la representación en espacio reducido (*stress*) con respecto al espacio n-dimensional es menor que en 2D. Este grado de libertad que añade el 3D facilitaría en teoría el análisis y evaluación de la representación. No obstante, una representación 3D *offline* es una representación plana en la que se sugiere la tridimensionalidad. En algunos casos esto puede constituir un obstáculo que impide apreciar el mapa en toda su dimensión. Este problema solo puede ser solucionado mediante la utilización de la representación en un entorno informático, como veremos en los capítulos siguientes.

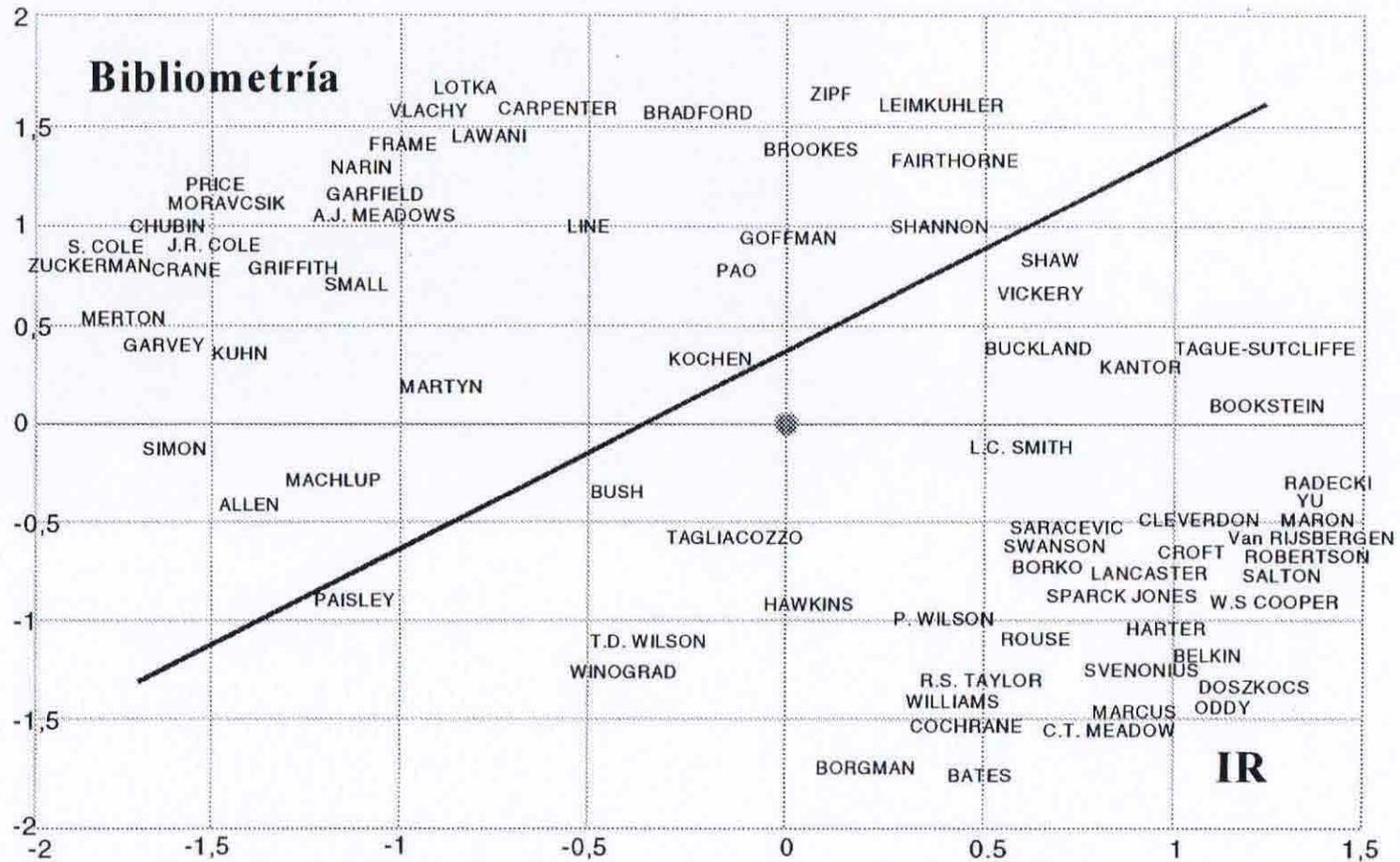
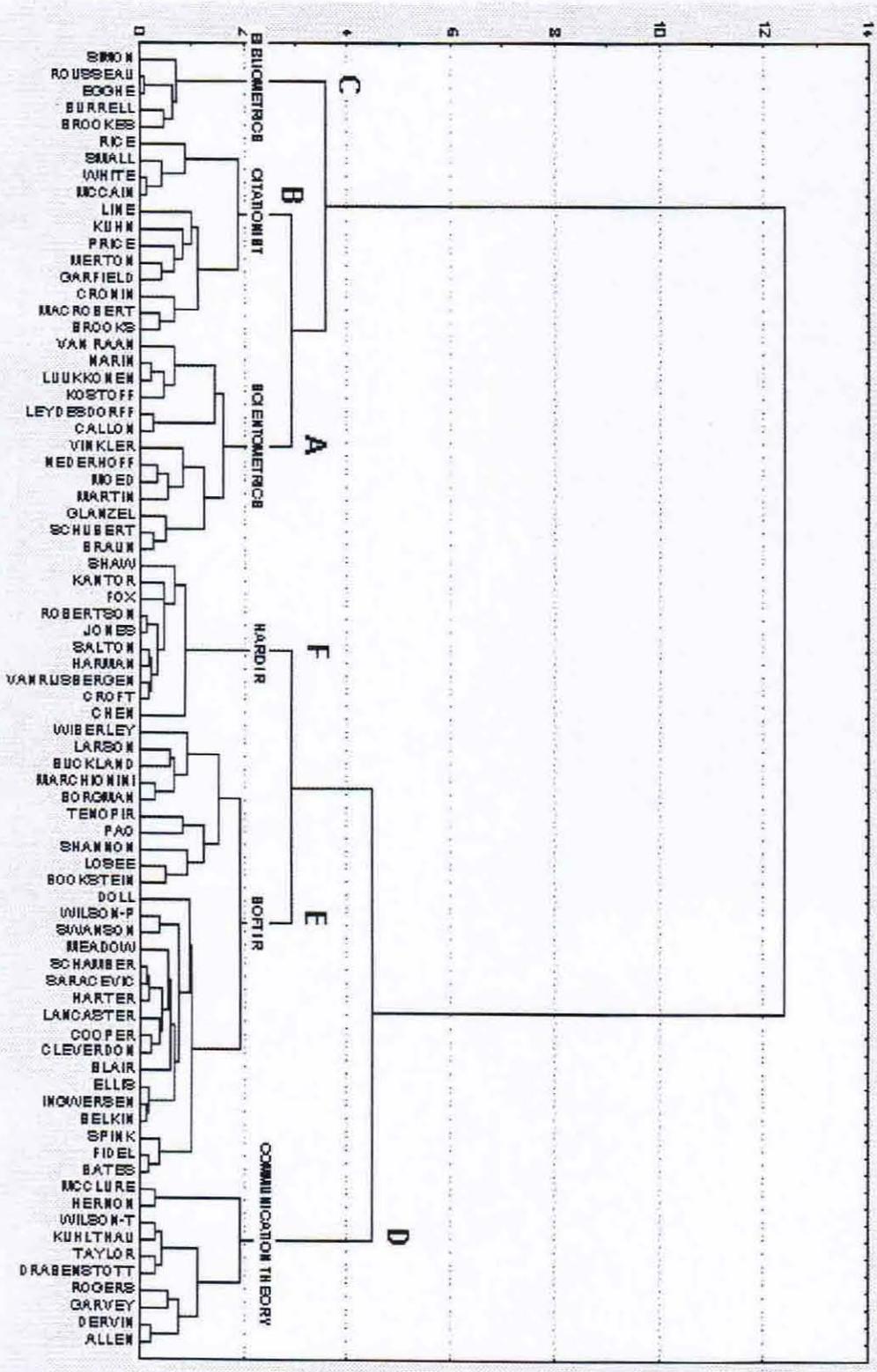


Figura 5.2 - Mapa ACA- MDS de LIS (1972-95) (White & McCain 1998)



Figura 5.4 - Clustering basado en Ward del ACA-LIS (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & Herrero Solana 1999)



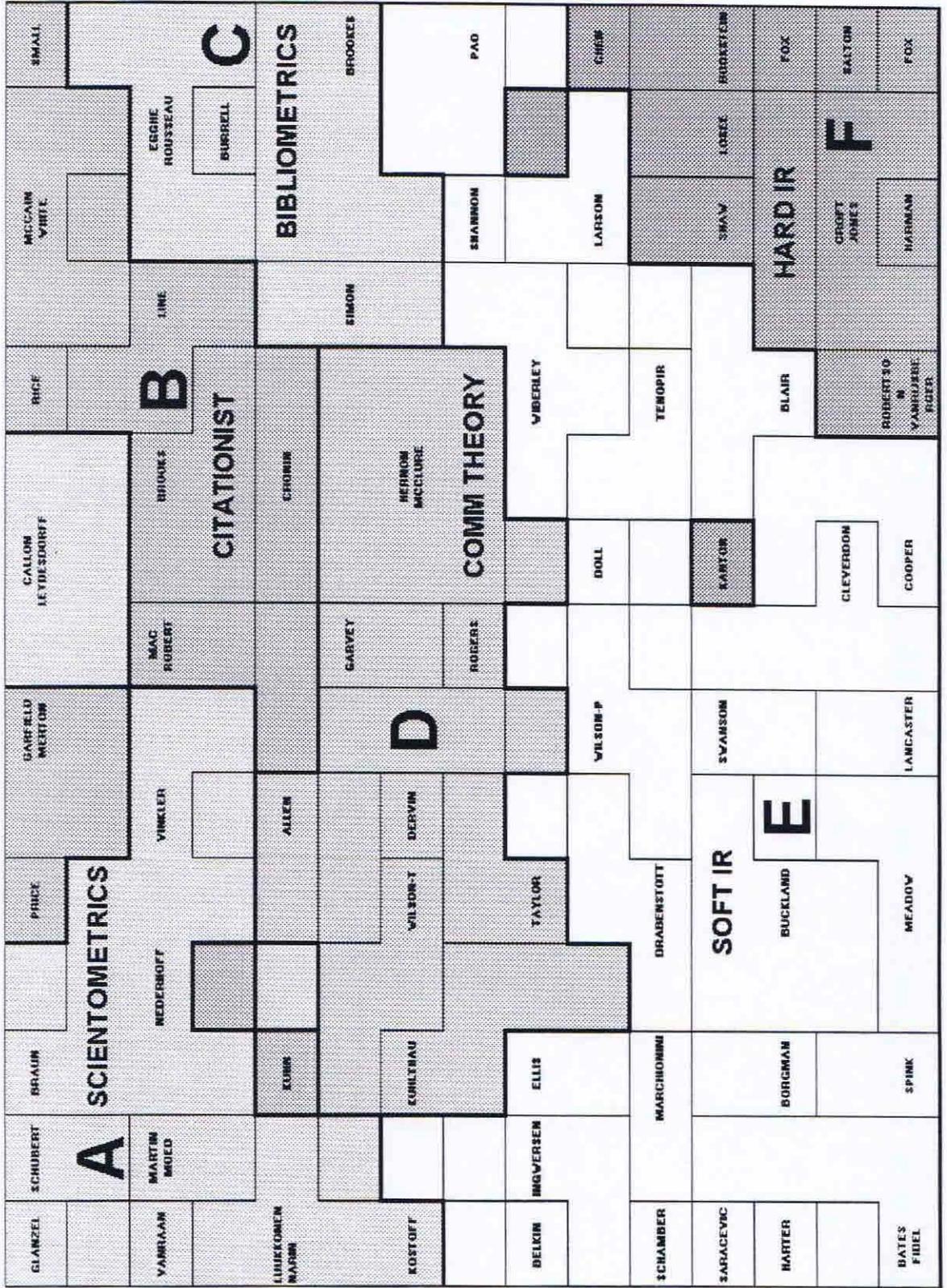


Figura 5.5 - Mapa ACA-SOM de LIS (1991-98) (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & Herrero Solana 1999)

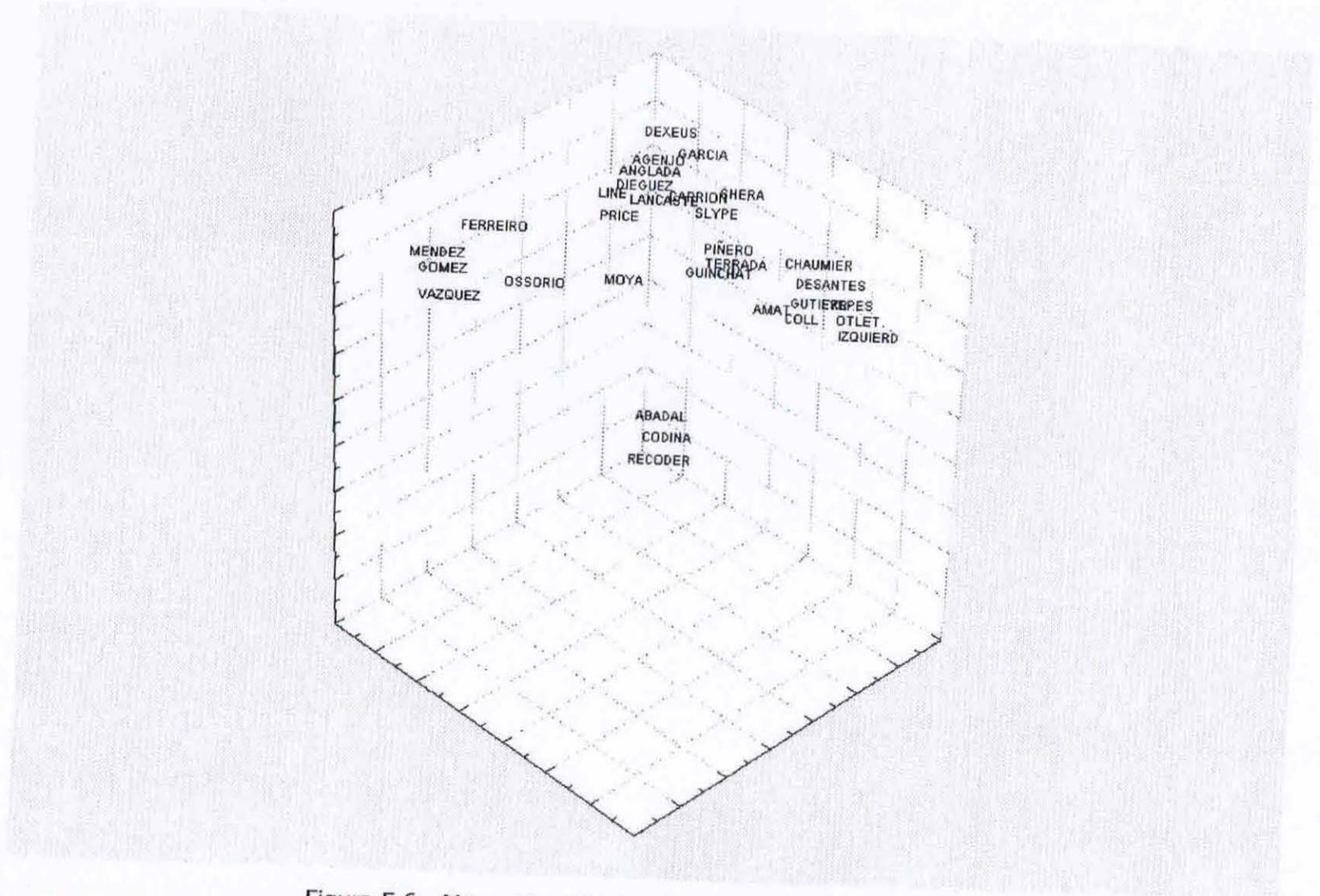


Figura 5.6 - Mapa ACA-PCA-3D de ByD en España (1984-95)  
 (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & De la Moneda Corrochano 1998)

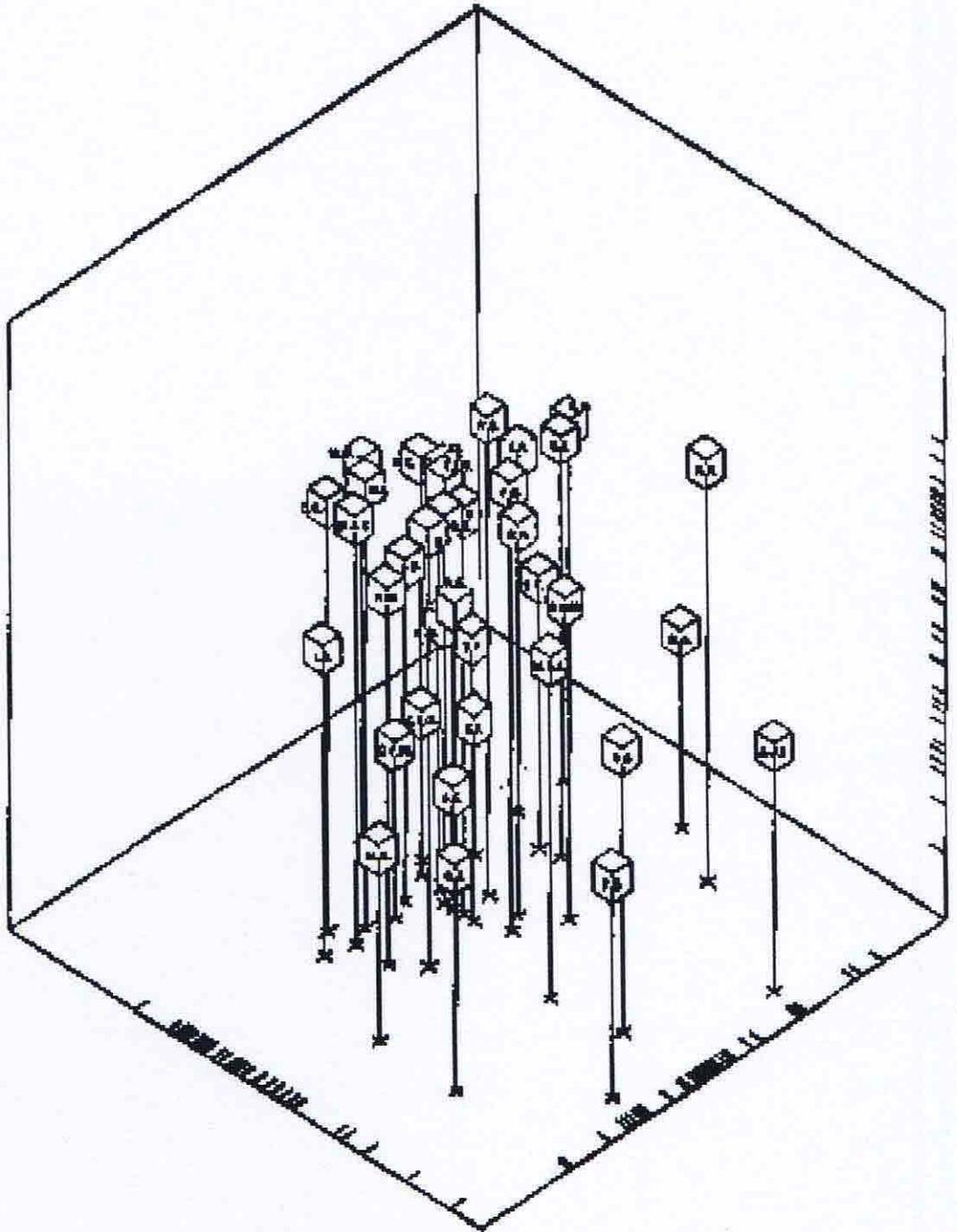


Figura 5.7 - Mapa ACA-MDS-3D de Sociología (Bayer, Smart, & McLaughlin 1990)

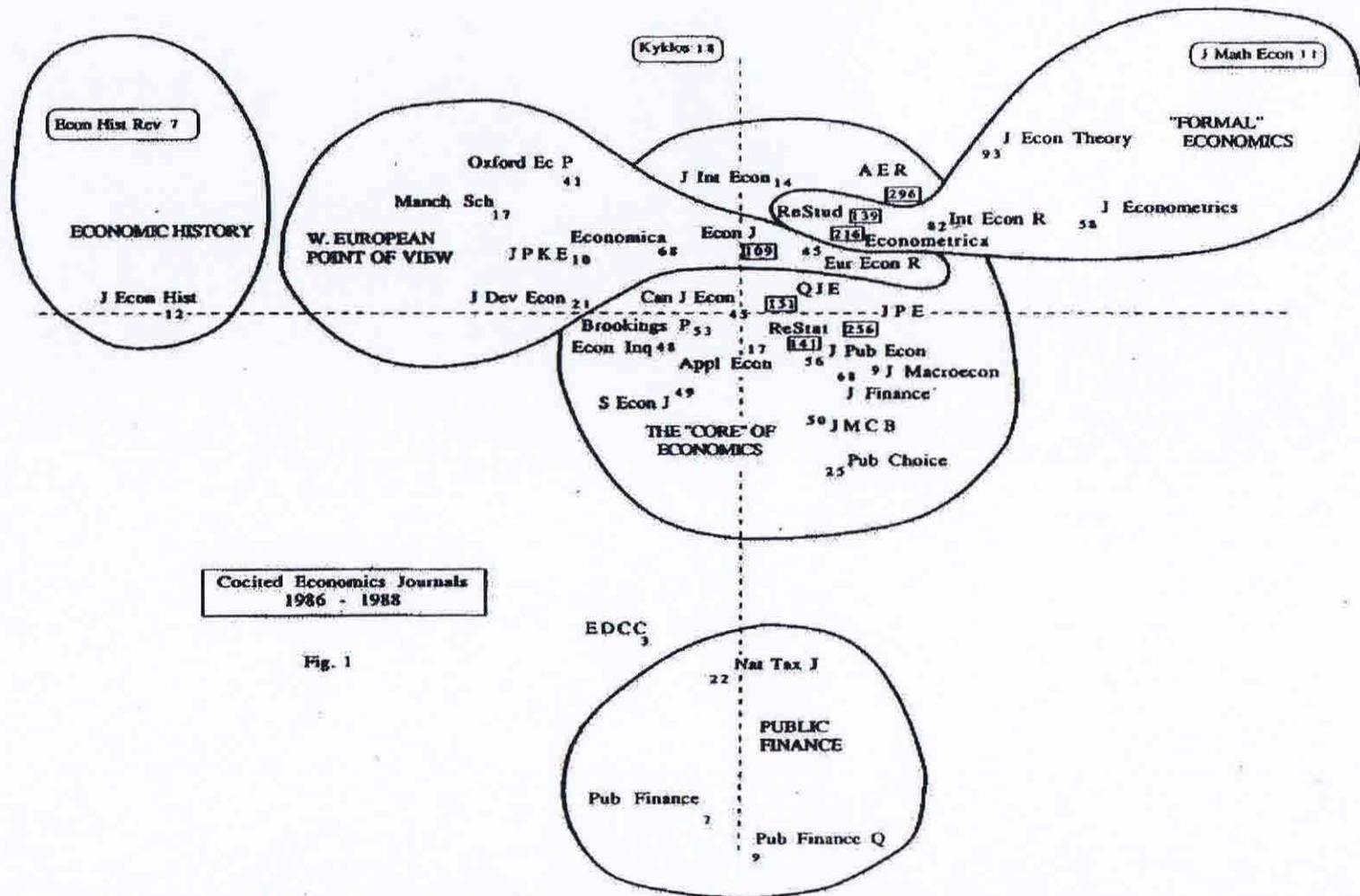
## 5.2. Análisis de cocitación de revistas (ACR)

El análisis de cocitación también puede ser aplicado a los títulos de revistas (ACR). Estudios sobre la estructura de diferentes disciplinas científicas en función de la cocitación de revistas pueden encontrarse en la literatura: psicología (Doreian 1985), geografía (Doreian 1988), economía (McCain 1991), y ciencias de la comunicación (Rice, Borgman, & Reeves 1988), son algunos ejemplos.

Según McCain los estudios de ACR pueden ser utilizados del mismo modo que los ACA. Las revistas, al igual que los autores, se distinguen por sus temáticas de especialización, adhieren a ciertas orientaciones metodológicas, poseen filiación institucional, prestigio relativo, entre otros atributos. De un estudio de este tipo es posible determinar cuales son las publicaciones generalistas, ya que compartirán citas por igual con un gran número de otras publicaciones, tanto generales como de diferentes especialidades. Estas especialidades podrán ser determinado por la cercanía de publicaciones con afinidad de contenidos. De la misma manera que en el ACA, la localización de los títulos en posiciones centrales o en la periferia, reforzará o debilitará respectivamente las posibilidades de que una determinada revista pueda ser considerada como un referente dentro de la disciplina. En la figura 5.8 podemos apreciar un mapa MDS de cocitación de revistas de economía. Claramente podemos apreciar el núcleo de la disciplina (*the "core" of economics*), al igual que los frentes de investigación periféricos (McCain 1991).

El ACR no solamente se puede aplicar a una disciplina en su conjunto, también puede aplicarse a las referencias bibliográficas correspondientes a una sola revista. En la figura 5.9 observamos un ACR

de este tipo, donde se representa los datos obtenidos de la revista Investigación Bibliotecológica (IB) publicada por el Centro de Investigaciones Bibliotecológicas (CUIB) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En el mapa aparecen las revistas que funcionan como referentes intelectuales de IB, en su gran mayoría de USA, las cuales han sido agrupadas por especialistas bajo diferentes etiquetas. Entre las fuentes aparece la propia IB, aunque es destacable que no ocupe el centro de la representación, quedando este vacío (Moya Anegón & Herrero Solana 1999a).



Cocited Economics Journals  
1986 - 1988

Fig. 1

Figura 5.8 - (Fig. 1 del trabajo McCain-JASIS-42(4)-1991) (McCain 1991)

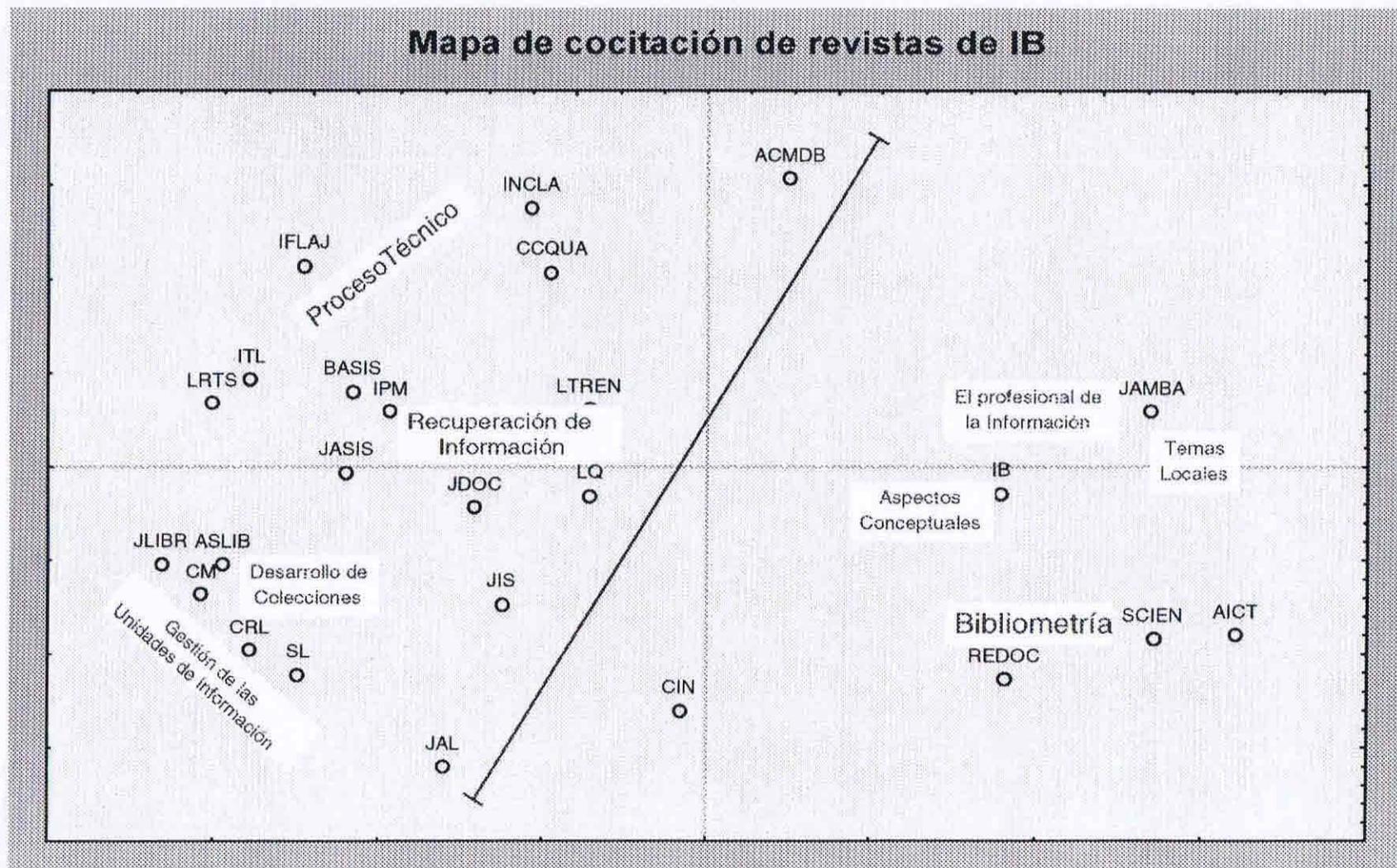


Figura 5.9 - Mapa ACR-MDS de Investigación Bibliotecológica (1988-1998) (Moya Anegón & Herrero Solana 1999a)

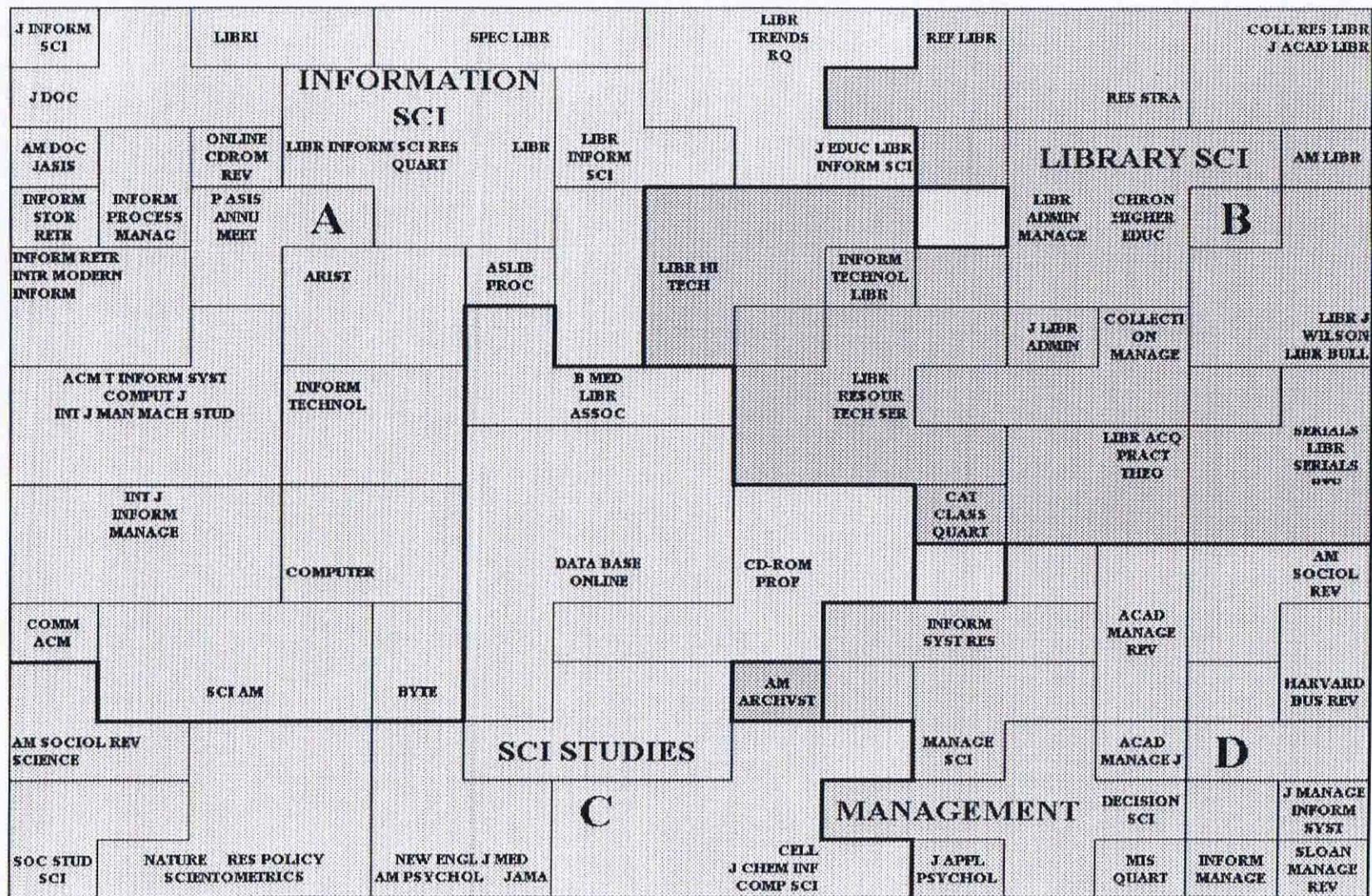


Figura 5.10 - Mapa ACR-SOM de LIS (1991-1998) (Moya Anegón, Jiménez Contreras, & Herrero Solana 1999)



Al igual que en el caso del ACA, los resultados obtenidos con el ACR pueden ser representados mediante un SOM. En la figura 5.10 tenemos un SOM de idénticas características que el ACA-SOM de la figura 5.5, por lo que todos los comentarios vertidos sobre este último son válidos para el ACR-SOM.

Un tipo de representación que solemos encontrar en el ACR pero no en ACA es el de los mapas dinámicos. Estos se utilizan comúnmente para representar análisis de co-ocurrencia de palabras y categorías temáticas, aunque también se han aplicado a instituciones y títulos de revistas. Han sido desarrollados en la Universidad de Leiden (Holanda) y su objetivo consiste en brindar una visión sincrónica de un determinado dominio. En un sentido estricto, estos mapas no son representaciones *offline* ya que necesitan de un ordenador que los ejecute. Se encuentran quizás en un punto intermedio, permiten enriquecer la representación con tablas de autores, instituciones, países etc., pero no son utilizados como interfaces de acceso a información electrónica. En la figura 5.11 podemos apreciar una serie de cuadros donde se ha descompuesto esta imagen dinámica que consiste en la acumulación de una serie de imágenes fijas en un solo archivo gráfico (GIF animado). Cuando se visualiza el archivo GIF con un navegador web, la secuencia se proyecta en un bucle indefinido, pudiéndose apreciar los desplazamientos de cada una de las revistas. Solo están etiquetadas aquellas revistas que los autores quieren destacar debido a su importancia y a lo peculiar de sus desplazamientos (color rojo). Por lo demás, estos mapas son como los mapas de ACR basados en MDS que ya hemos comentado.

En términos generales, la ventaja del análisis de cocitación de revistas sobre el ACA consiste en que además de ser un buen auxiliar para el investigador que desea estudiar la estructura de una disciplina,

también es útil para quién tenga que desarrollar una colección de la especialidad. El análisis facilita una lista de las publicaciones que constituyen el núcleo de la disciplina, y facilita la selección y evaluación de los títulos que deben formar parte de una colección básica para la investigación. No obstante, si revisamos la bibliografía especializada encontraremos que los estudios de ACR son bastante menos frecuentes que los ACA.

Otra aplicación interesante de este tipo de análisis consiste en la detección de áreas de investigación interdisciplinarias. Con anterioridad a la aparición de una nueva área de conocimiento, los autores generalmente publican sus trabajos en las revistas de su propia disciplina (*home journals*) y presentan comunicaciones también en eventos del área. Esto ocurre hasta la aparición de nuevas publicaciones, que tienden a recoger la investigación dispersa por diferentes revistas de diferentes disciplinas. Estas revistas, que podríamos llamar "focalizadas en el tema/dominio" (*domain-focused journals*), se convierten rápidamente en fuertes canales de comunicación de una comunidad interdisciplinaria cubriendo las expectativas que no cubrían las revistas tradicionales, a las que podemos llamar "focalizadas en la disciplina" (*discipline-focused journals*). Estas últimas no cumplen con las expectativas del colectivo científico por diversas razones: metodología inapropiada, carencia de árbitros competentes y "actualizados", políticas editoriales conservadoras, etc. Según McCain mediante el análisis de cocitación de revistas es posible detectar la "primera generación" de revistas focalizadas sobre un dominio que puede constituir rápidamente un área de investigación interdisciplinaria. Ella misma brinda como ejemplo el caso de la investigación en redes neuronales artificiales (RNA), a través de varios mapas ACR-MDS (McCain 1998).



títulos a analizar, y cada elemento contendrá el número de citas de cada publicación. El tamaño de la matriz de salida se calcula de acuerdo a la cantidad de títulos a analizar. Luego se entrena la red con la información de entrada y se obtiene un mapa denominado "mapa de relaciones" (*relations map*), como puede apreciarse en la figura 5.11-a. De forma complementaria se obtiene otro mapa denominado "mapa de dominios" (*domains map*), y que representa solamente las neuronas que se encuentran fuertemente ligadas (*strongest response*) a una determinada revista (figura 5.11-b). De este modo solo aparece cada título una sola vez en el mapa. Ambos mapas son complementarios y permiten, mediante el análisis del tamaño y la proximidad de las áreas, estudiar las relaciones existentes entre dos o más revistas científicas.

### **5.3. Análisis de co-ocurrencia de palabras**

De igual manera que los autores o los títulos de revista, las palabras pueden ser los elementos básicos de análisis. En este caso hablamos de co-ocurrencia (*co-word*) y no de cocitación debido a que las palabras no tienen que provenir necesariamente de la información de citas, como en los dos primeros casos. Este matiz amplía considerablemente el universo de fuentes susceptibles de ser utilizadas. Mientras que la cocitación solo puede ser estudiada en las bases del ISI o en alguna base de datos diseñada *ad-hoc* para el estudio, el análisis de co-ocurrencia de palabras puede ser aplicado a cualquier base de datos de cualquier especialidad. Y no solamente base da datos con información bibliográfica estructurada, sino que cualquier colección de información electrónica puede ser analizada, hasta la propia *web*. Debido a que la

naturaleza de estos estudios es tan amplia, nos encontramos con una amplia variedad de análisis y representaciones diferentes. No es nuestro objetivo exponerlas todas, sino rescatar aquellas de utilidad a los fines del presente trabajo.

Xia Lin, colaborador de White en la Universidad de Drexel y especialista en la representación gráfica de la información (Lin, Liebscher, & Marchionini 1991), utiliza el SOM con el fin de generar una salida "visualizable" (*map display*) de una determinada colección de documentos (Lin 1995) (Lin 1997). Presenta tres ejemplos diferentes: 1) una serie de documentos extraídos de la base INSPEC a través de DIALOG, 2) una colección de documentos personales, y 3) un grupo de ponencias de la conferencia SIGIR (1990-93). Para cada uno de ellos, genera un mapa determinado mediante el siguiente procedimiento:

- 1) Se construye una lista que incluya todos los términos que aparecen en los títulos y resúmenes de todos los documentos de la colección.
- 2) Se eliminan los términos irrelevantes mediante una lista de palabras vacías (*stop list*).
- 3) Se aplica a la lista un algoritmo de *stemming* para llevar los términos a su raíz y reducir su número. Luego se eliminan los duplicados.
- 4) Se eliminan los términos con alta y baja frecuencia de aparición, conservando la zona media del espectro.

- 5) Se crea un vector para cada documento de  $n$  dimensiones, tal que  $n$  es el número de términos que han quedado en la lista.
- 6) Se completa cada vector con el peso asociado a cada término-documento. El peso se calcula como proporcional a la frecuencia del término en el documento e inverso a la frecuencia del término en toda la colección. En algunos ejemplos se prescinde de los pesos y solo se indica la presencia o no del término, mediante "1" y "0".
- 7) Estos vectores se utilizan como entrada para entrenar una red de Kohonen con  $n$  elementos de entrada (tal que  $n$  sea igual a la cantidad de términos de cada vector), y un número variable de salidas (p.ej.  $10 \times 14 = 140$  neuronas), que supondrá el tamaño del mapa de salida.
- 8) Este mapa de salida estará representado también por un vector de pesos al que en un principio se le asignan valores pequeños y al azar.
- 9) Durante el proceso de entrenamiento se tomará un vector-documento al azar. La neurona de salida cuyo vector se parezca más al vector-documento de entrada, será declarada neurona ganadora. Luego los pesos de esta neurona (y los de sus vecinas), serán

ajustados para acercarse aún más a los valores del vector-documento.

- 10) Este proceso se repite durante un determinado número de ciclos. Cuando el proceso de entrenamiento ha finalizado cada término se compara con los pesos de las neuronas de salida, de esta forma se asocia el término más cercano (*best-match term*) a cada una de las salidas. Conectando las neuronas de salida con similares términos asociados se generarán las diferentes áreas del mapa.
- 11) Con esta matriz salida se construye un mapa como el que podemos apreciar en la figura 5.13, y que corresponde al segundo de los ejemplos de Lin: la bibliografía personal.

Lin indica también cuales son las limitaciones del modelo, entre las que se encuentran la incapacidad para trabajar con grandes volúmenes de información y el alto costo de procesamiento de la información. No obstante, la aplicación de este modelo parece ser una de las aplicaciones más prometedoras en la clasificación automática mediante redes neuronales.

El procesamiento de las palabras extraídas del texto es quizás el punto más delicado del proceso. Los nombres de los autores y revistas utilizados en el ACA y ACR están hasta cierto punto normalizados, pero el texto libre no lo está. Sobre esta línea se está trabajando en la Universidad de Leiden. En la figura 5.14 podemos observar una representa-

ción del campo temático compuesto por la cienciometría, la informetría y la bibliometría (SIB) para el periodo 1992-97 (Noyons 1998). Una característica destacable de este tipo de mapa, es que si bien está basado en MDS como los que ya hemos visto, no representa a cada uno de los elementos analizados, sino que muestra tan solo los grupos o sub-dominios de la disciplina. Los sub-dominios son elegidos de entre una serie de tópicos candidatos, los que constituyen el verdadero núcleo (*core*) de una disciplina. Según Noyons, de esta manera se genera una estructura de la disciplina basada en frentes de investigación (*research fronts*), en lugar de cómo se realiza en los estudios ACA (Persson 1994; White & McCain 1998) basados en el concepto de base intelectual o de consenso histórico.

Para determinar los tópicos candidatos, no se trabaja simplemente con palabras sueltas como en el caso de Lin, sino que se extraen los sintagmas nominales (*noun phrases* - NP) que se encuentran en los títulos de los documentos. Un NP puede ser una palabra sola (sustantivo) o una construcción de varias palabras, pero en ambos casos la extracción de los NPs debe hacerse mediante un programa especial de análisis sintáctico. De todos los NP extraídos aquellos que sean más frecuentes serán candidatos a tópicos, no obstante, muchos son eliminados: los que aparecen en títulos y no en resúmenes, los que no se reparten uniformemente en el tiempo, etc. Con los NP que quedan se construye la matriz de co-ocurrencia, contándose tanto su aparición en el título como en el *abstract*. Esta matriz es analizada y representada mediante MDS, aunque solo se representan los NP tópicos.

De esta forma el mapa resultante es bastante simple, no obstante, es posible entrar en un nivel de análisis más detallado seleccionando alguno de los círculos (*fine structure*). En la figura 5.15 podemos

observar un sub-mapa con la "estructura fina" de los NP del *cluster* nº 1 (journal/citation/citation analysis/impact factor). Los NP en color rojo indican las temáticas que van en crecimiento y los que están en azul las que decrecen. Los NP en negro corresponden a las temáticas estables.

Tal cual como mostramos en el caso del ACR, este tipo de representaciones pueden complementarse con mapas dinámicos. En la figura 5.16 tenemos el correspondiente al ejemplo del SIB, donde se han eliminado las etiquetas descriptivas, manteniendo solo los números. Si observamos con detenimiento apreciamos que los *clusters* se mueven muy poco, siendo los diferentes mapas de la secuencia bastantes similares. Esto se debe a que los tópicos de una disciplina son mucho estables e inerciales que, por ejemplo, las revistas del mapa dinámico de la figura 5.11. En el mapa de SIB apenas se percibe un poco de acercamiento entre las esferas 1 y 2, mientras que en el mapa del ACR hay algunas revistas que cruzan literalmente la representación.

Los mapas basados en SOM y MDS no son los únicos utilizados en el análisis de co-ocurrencia de palabras, algunos investigadores franceses utilizan el denominado análisis actor-red. Esta metodología sigue las teorías de Bruno Latour (Latour 1992), un especialista en estudios culturales que ha sido duramente criticado por científicos de las ciencias exactas (Sokal 1996; Sokal & Bricmont 1999). Según la teoría del actor-red, un artículo científico es un objeto que se encuentra inmerso en una red de relaciones con otros objetos pertenecientes a la misma red o a otras. Estas redes puede desentramarse a través de las palabras claves (*keyword*) asignadas a dicho artículo (Courtial 1994). Para analizar la información en formato electrónico se utiliza un programa *ad-hoc* denominado Leximappe, desarrollado en el Centro para la Sociología de la Innovación de la Escuela de Minas de París. La salida del Leximappe es

una representación denominada diagrama estratégico, la cual podemos observar en la figura 5.17. El diagrama estratégico intenta medir atributos tales como la densidad o centralidad de los temas de investigación (grupos de palabras-clave). A pesar de la gran cantidad de literatura publicada, este tipo de análisis de co-ocurrencia de palabras desarrollado por los franceses no parece haber sido muy aceptado en el mundo anglosajón.

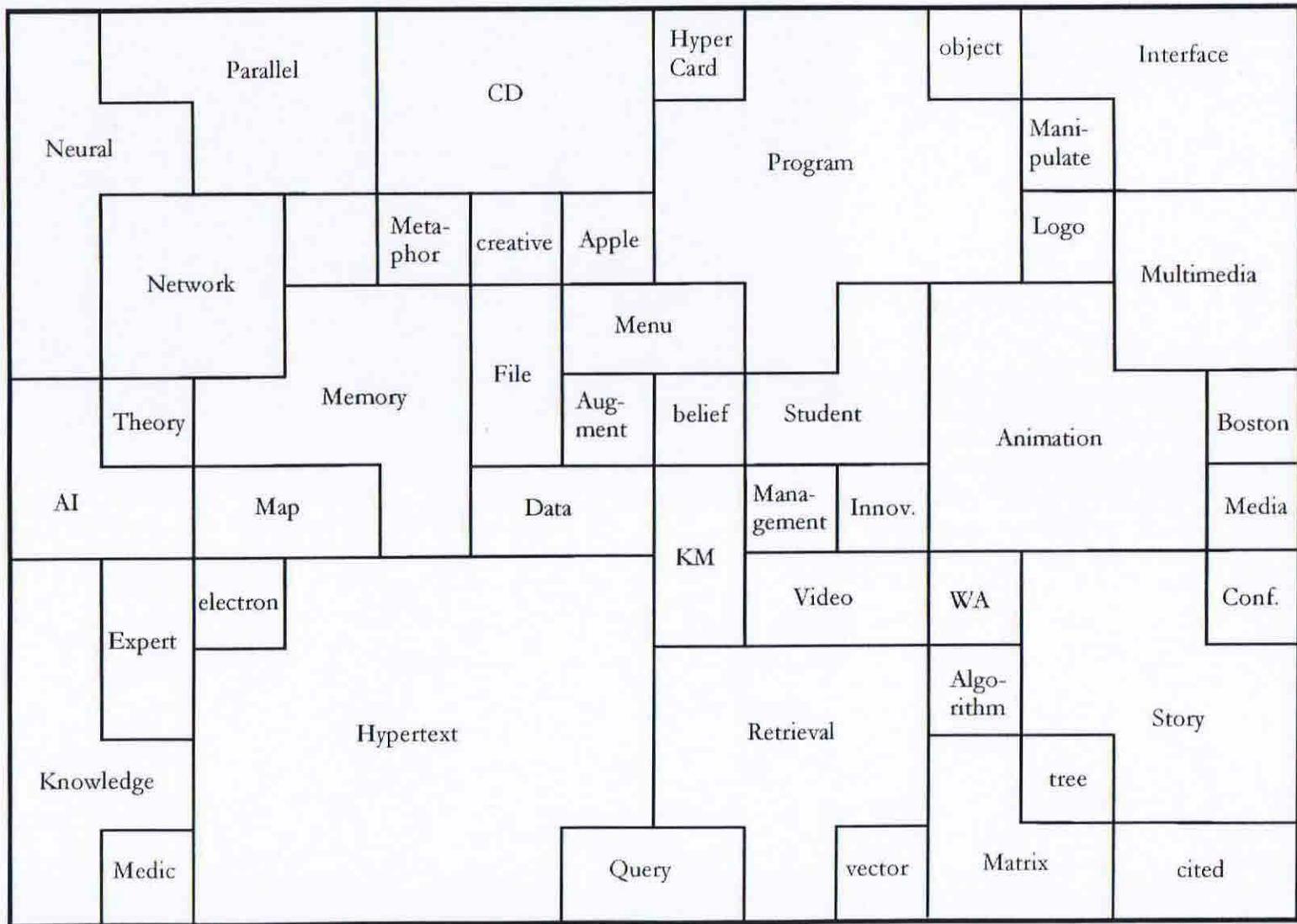


Figura 5.13 – Mapa SOM de una bibliografía personal (Lin 1997)

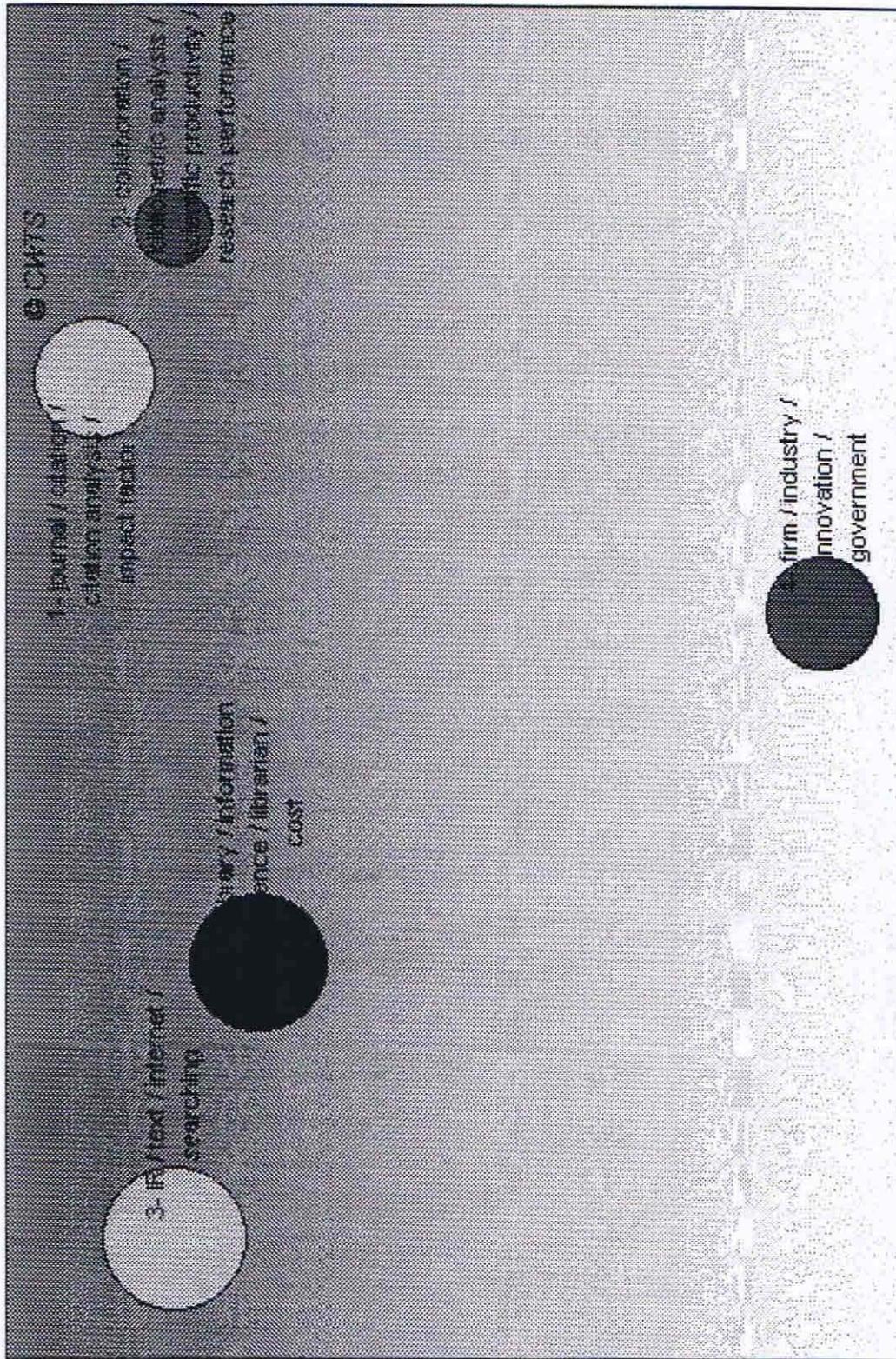


Figura 5.14 - Mapa MDS de los clusters SIB 1995/1996 (Noyons 1998)



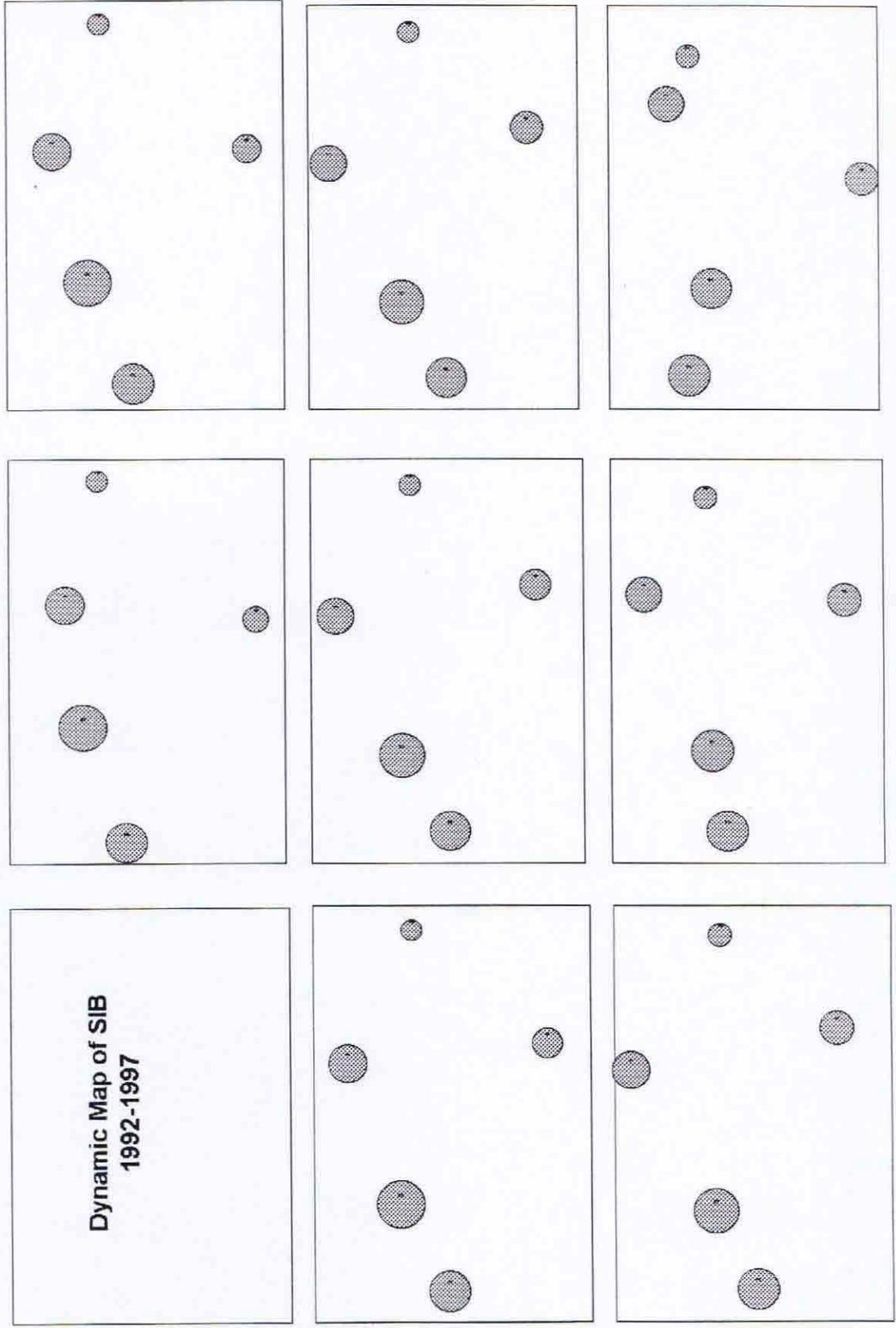
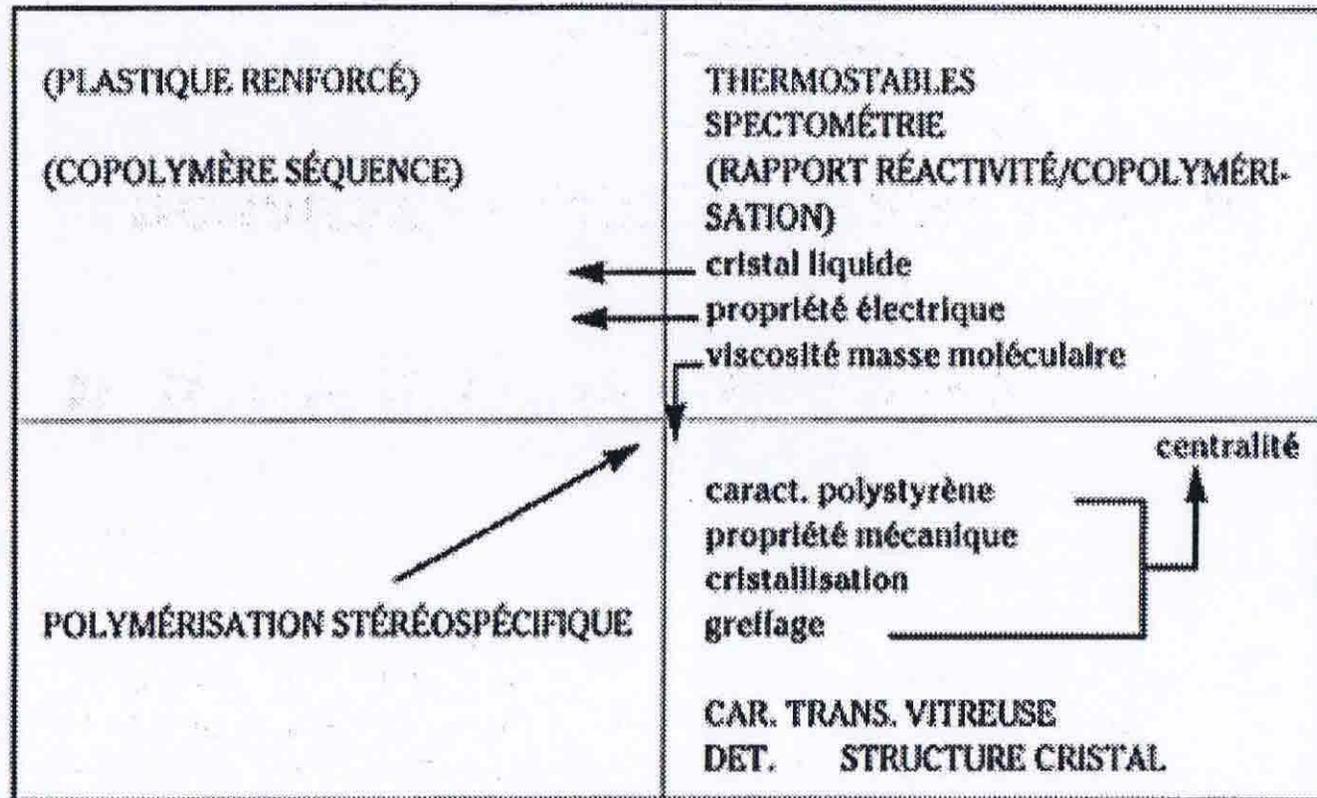


Figura 5.16 - Mapa SIB dinámico 1995/1996 (Noyons 1998)



Science académique

Source : CSI

Figura 5.17 - Diagrama estratégico (Courtial 1995)

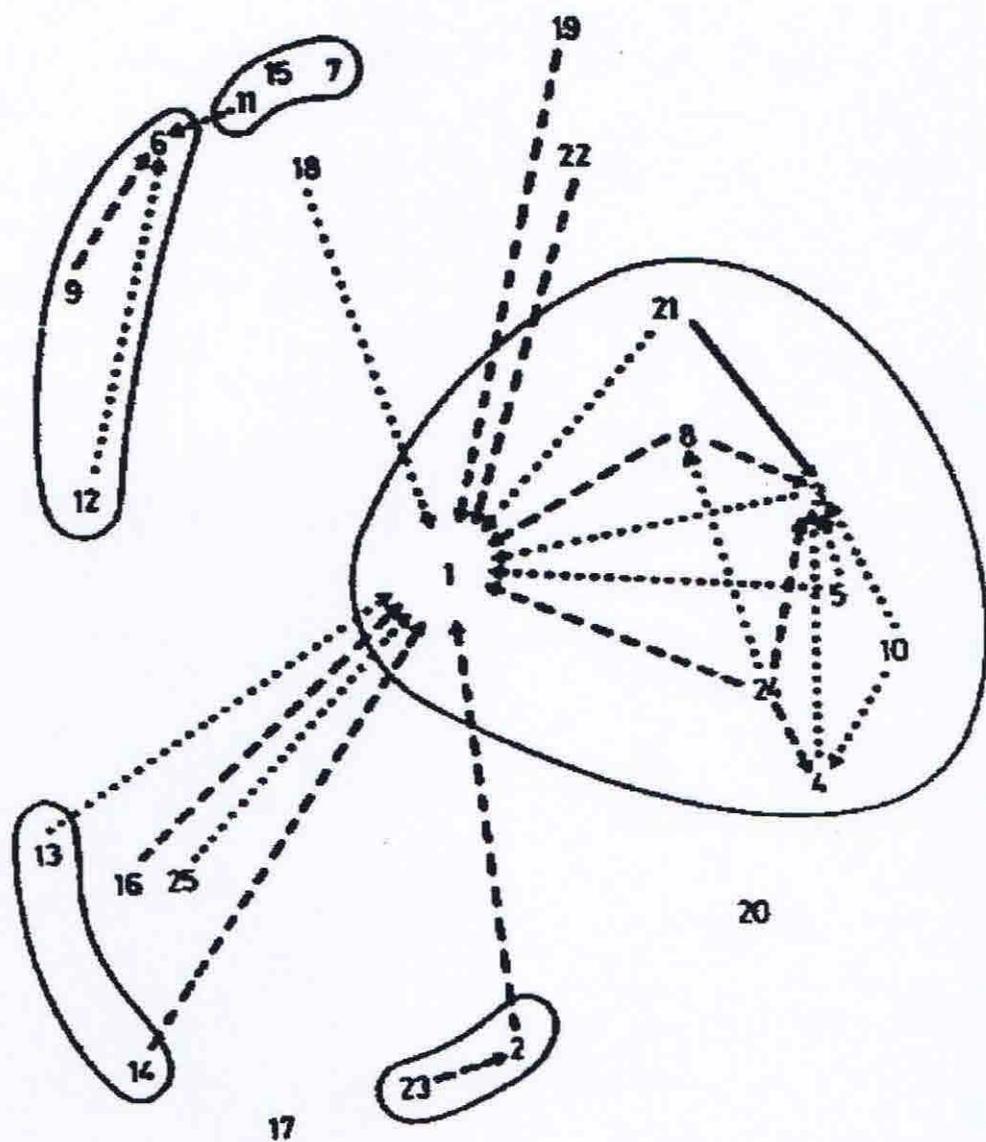


Figura 5.18 – Mapa de la Geofísica australiana (Todorov & Winterhager 1990)

#### 5.4. Análisis de co-ocurrencia de temas

Este tipo de análisis es, en cierto modo, una clase especial del análisis de co-ocurrencia de palabras. En este caso, en lugar de estudiar las palabras extraídas de los campos título, palabras claves, resumen, etc., se trabaja con los encabezamientos asignados con arreglo a algún sistema de clasificación. El análisis de co-ocurrencia de temas (*co-heading*) presenta las ventajas del análisis de palabras, siendo la principal el hecho de poder aplicarse a casi cualquier base de datos bibliográfica del mercado, sin necesidad de estas recojan la información de citación. Entre sus principales características podemos indicar (Todorov & Winterhager 1990):

- Evita varios de los graves problemas con que nos encontramos en el análisis de palabras, particularmente el procesamiento del lenguaje natural. En el análisis de temas se trabaja con encabezamientos controlados, por lo que no tendremos que extraer NP, ni realizar *stemming*, ni controlar la sinonimia o la polisemia.
- Se considera que los encabezamientos son palabras claves con alto grado de "agregación", ya que representan al documento dentro de una red de referencias cruzadas introducida por un experto (indizador).
- Esto permite que la representación de la estructura de subcampos temáticos sea relativamente más sencilla y explícita que en el caso de los otros tipos de análisis ya tratados. Sin embargo, no puede ser

utilizado de forma aislada, sino que debe complementarse con los resultados obtenidos en los otros análisis (ACA, ACR, etc.)

- La calidad del análisis estará directamente supeditada a la calidad del sistema de clasificación, si este malo o ha sido incorrectamente aplicado, los resultados no serán fiables. También es condición necesaria que se hayan asignado más de un encabezamiento por documento, ya que de lo contrario no podrían co-ocurrir.
- No es necesario que el análisis se restrinja a un determinado tópico o sub-especialidad, como ocurre con la co-ocurrencia de palabras, sino que se puede extender a grandes dominios temáticos, incluso a bases de datos enteras.
- En líneas generales, los encabezamientos son fáciles de manejar y procesar, a diferencia de las citas y las palabras claves.

En la figura 5.18 nos encontramos con un ejemplo de mapa de co-ocurrencia de encabezamientos. Este mapa representa, mediante MDS, la estructura de una matriz de co-ocurrencia de encabezamientos de materia de la base INSPEC correspondiente a la producción en geofísica de autores australianos. No se han incluido los nombres de cada encabezamiento en el mapa, sino que se acompañan numerados en una lista adjunta (cuadro 5.1), lo que ocasiona una lectura indirecta que resta efectividad a la representación. Las agrupaciones se determinaron mediante técnicas de *clustering* y las relaciones de cercanía/distancia se reforzaron mediante líneas con el fin de reducir las deformaciones del *stress*.

#	Topic
1	Australia
2	Instrumentation and techniques for geophysics
3	Structure of crust and upper mantle
4	Geophysical aspects of geology, mineralogy and petrology
5	Geochronology
6	Coastal and estuarine oceanography
7	Pacific Ocean
8	Plate Tectonics
9	Dynamics of the upper ocean
10	Composition of Earth's interior
11	Regional seas
12	Surface waves, tides, and sea level
13	Winds and their effects
14	Weather analysis and prediction
15	Thermohaline structure and circulation
16	Water in the atmosphere
17	Meteorology
18	Climatology
19	Rivers, runoff, and streamflow
20	Heat flow; geothermy
21	Seismology
22	Other topics in solid Earth geophysics
23	Computer techniques
24	Large islands
25	Boundary layer structure and processes

Cuadro 5.1 - Encabezamientos de Geofísica (Todorov & Winterhager 1990)

El análisis de co-ocurrencia de temas tendrá un lugar destacado en la fase experimental del presente trabajo. Se ha utilizado un derivado de este método, que consiste básicamente en el análisis de co-ocurrencia de los números de clasificación, para representar los mapas temáticos de un catálogo de biblioteca. Sobre el mismo entraremos en detalles a partir del capítulo 8.

## 5.5. Análisis de co-ocurrencia de instituciones

En los últimos tiempos se está extendiendo la utilización de las instituciones como elemento de análisis de dominio. Este fenómeno se encuentra más inscripto en un movimiento más general de evaluación de la actividades de investigación y desarrollo (I+D), y no tanto en el estudio de la estructura intelectual de una disciplina. Los análisis bibliométricos del I+D institucional se centra en la comparación de departamentos académicos, institutos de investigación, y estamentos similares de un determinado grupo de universidades, en una especialidad dada. Estos estudios son de naturaleza diferente a los ya vistos, básicamente porque introducen como variable de entrada a los recursos recibidos por la institución y como salida su producción científica. Este tipo de estudios no pueden circunscribirse solamente a la información bibliográfica como sinónimo de producción científica, sino que también tiene en cuenta otro tipo de elemento como son las patentes.

La gran mayoría de los trabajos bibliométricos en este campo utilizan técnicas de análisis bastantes simples (listas de frecuencias, análisis bivalente, etc.). No obstante, poco a poco se están realizando análisis más complejos de la realidad, tales como el estudio de las redes de colaboración científica. En la figura 5.19 encontramos un estudio de este tipo. El mapa representa, mediante MDS, una matriz de co-ocurrencia de instituciones en el campo de la biotecnología generada a partir de la base Derwent's Biotechnology Abstracts (DBA) (McCain 1995). El objetivo del estudio es aportar elementos que contribuyan a la definición de un perfil de la biotecnología, un dominio temático sumamente amplio e interdisciplinario. Para ello McCain se vale de la filiación institucional de los autores de este campo y de sus relaciones de colaboración.

Con esta información construye el mapa de la figura 5.19, donde aparecen las 44 organizaciones más productivas en biotecnología durante el periodo 1990-92, agrupadas como en casos anteriores mediante técnicas de clustering. Según la autora, estos resultados se complementan bastante bien con otros tales como co-ocurrencia de encabezamientos o ACR realizados para el mismo dominio temático. No obstante, el análisis de co-ocurrencia de organizaciones aporta una visión general (*macro-view*) de la industria biotecnológica, que no se lograba con los otros estudios.

## **5.6. Análisis de co-ocurrencia de países**

Este tipo de análisis es en realidad una continuación del anterior, ya que si es posible discriminar las organizaciones involucradas en un determinado dominio temático resulta sumamente fácil agregarlas para llegar a un análisis por países. Solamente acarrearían algún problema las organizaciones de carácter multinacional, aunque su incidencia es mínima. Unos verdaderos clásicos en el estudio de la producción científica por países son los trabajos de Schubert y Braun (Braun & Schubert 1997; Braun et al. 1994; Braun, Glanzel, & Grupp 1995; Schubert & Braun 1990). Estos estudios presentan análisis metodológicamente simples sobre una gran cantidad de países, la mejor de las veces comparando dos variables aunque comúnmente solo utilizan listas con recuentos de artículos producidos, citas recibidas, etc. Como indicamos en el punto anterior, los estudios sobre el I+D comienzan a sofisticarse y a utilizar mapas para los diferentes análisis.

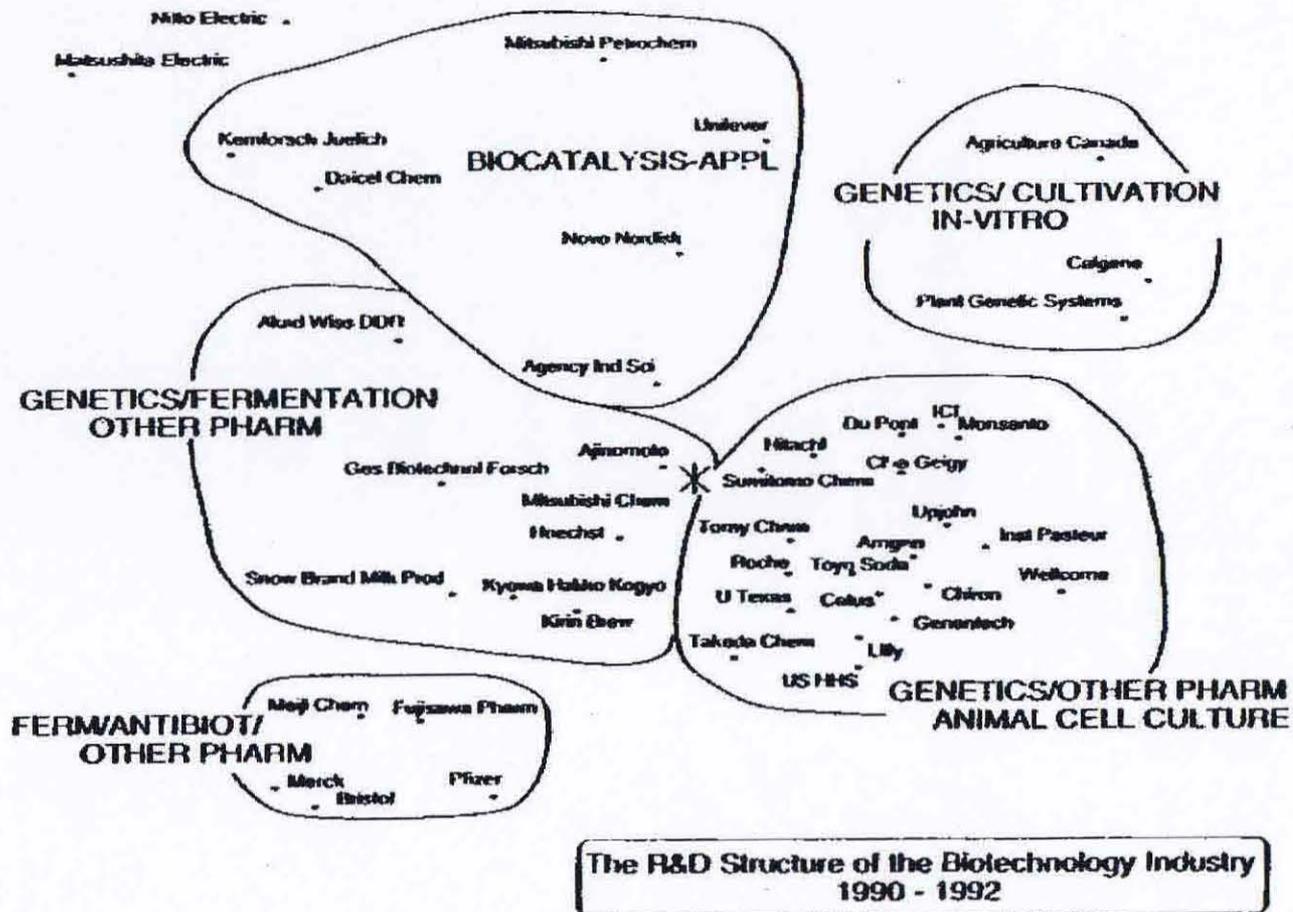


Figura 5.19 – Mapa de cocitación de instituciones de Biotecnología (McCain 1995)

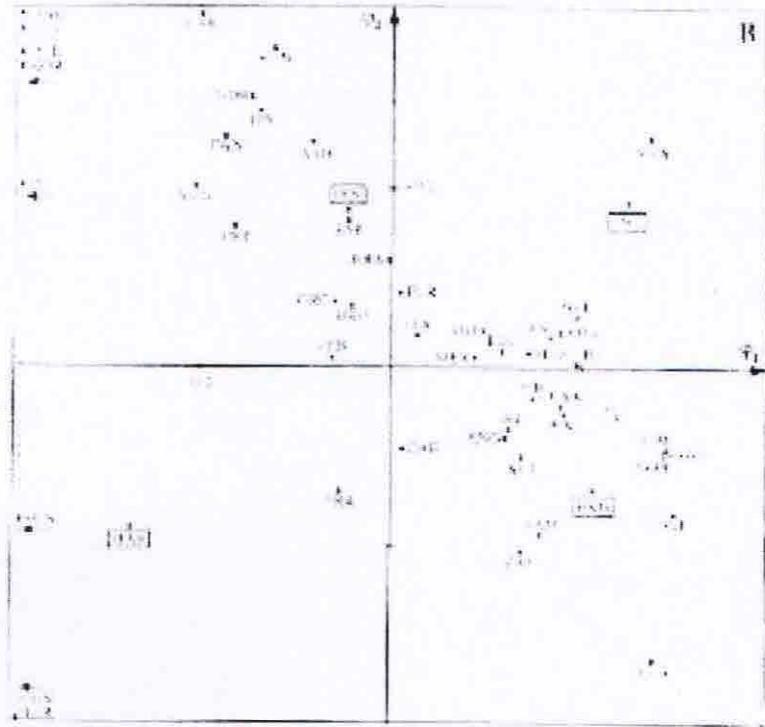


Figura 5.20 – Mapa de correspondencias de países (Doré et al. 1996)

En la figura 5.20 podemos ver un mapa de países construido a partir de más de 6 millones de registros del ISI. La información involucra la producción científica de los 48 países más prolíficos, en 18 áreas temáticas y para el periodo 1981-92 (Doré et al. 1996). Con estos datos se construye una matriz que refleje los pares país/tema, para luego ser analizada por una técnica multivariante llamada "Análisis de Correspondencias" (CFA). La salida del CFA es un mapa que representa tanto a los países como a las áreas temáticas y que según los autores constituye un documento imparcial potencialmente útil para evaluar la ciencia en su conjunto. Este tipo de representaciones tienen tres características:



que apuntan hacia disciplinas más "modernas" como las ciencias de la vida, medio ambiente, e informática (derecha). Este primer factor acumula el 52.8% de la varianza de la matriz. El segundo factor se representa en el eje vertical ( $\phi_2$ ), establece la separación entre los países focalizados hacia las ciencias agrícolas (arriba), de los que se encuentran más interesados en las geociencias: el mar, manto terráqueo y minería (abajo). Este segundo factor acumula el 15.1% de la varianza, por lo que el mapa CFA en su conjunto representa casi el 68% de la información contenida en la matriz de 48x18.

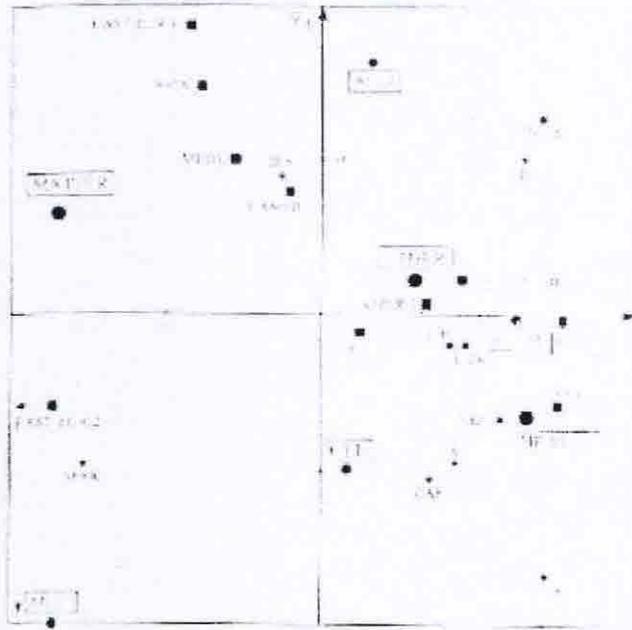


Figura 5.21 – Superposición de correspondencias de temas y países (Doré et al. 1996)

Los autores determinan la naturaleza temática de los ejes (factores) mediante el mapa CFA de la figura 5.21. Allí se encuentran representados los 18 campos temáticos, de la misma forma que han sido re-

presentados los países. En el cuadro 5.2 encontramos el significado de cada sigla temática, junto con el porcentaje que representa del total de publicaciones. Supuestamente los mapas son perfectamente comparables, con lo cual la tendencia de cada eje estaría representada por los temas más extremos.

<b>Sigla</b>	<b>Campo temático</b>	<b>%</b>
CSD	Computer Science	1.2
ASD	Astrophysics	1.3
MUL	Multidisciplinary	1.6
IMD	Immunology	1.9
MTD	Mathematics	1.9
EVD	Ecology, Environment	2.0
GED	Geosciences	2.6
AGD	Agricultural Science	2.8
MSD	Materials Science	3.0
PMD	Pharmacology	3.3
NED	Neurosciences	3.5
MBD	Molecular Biology	4.9
END	Engineering	5.5
PLD	Plant and Animal Science	7.2
PHD	Physics	12.0
BID	Biology, Biochemistry	13.7
CLD	Clinical Medicine	18.6

Cuadro 5.2 - Siglas de los 18 campos temáticos

Hasta tal punto se correlacionan ambos mapas que los autores los representan superpuestos como podemos apreciar en la figura 5.22. Aquí algunos países han sido agregados en regiones (p.ej. A.Amer, Scand., y Pacific Circle), y los campos temáticos se han resumido, con el fin de no complicar en extremo la representación y resaltar las características más destacables. Por último, los autores destacan que la potencia del CFA está aún por ser explotada. Ponen énfasis en la posibilidad del enriquecimiento del mapa mediante indicadores externos, con el fin de que dicha representación constituya una sólida herramienta para la toma de decisiones estratégicas. Este punto es importante ya que la

caracterización de los países mediante una matriz de datos tan pobre, solo puede brindar una representación simple y esquemática.

### **5.7. Análisis de co-ocurrencia de enlaces *web***

Un tópico que comienza a cobrar auge poco a poco, consiste en la aplicación de las técnicas propias de la bibliometría, en particular todo lo relativo a teoría de citación, a la información disponible en el *web*. Desde hace relativamente poco tiempo, algunos autores de prestigio han propuesto que una página *web* puede ser "citada" por otra, si esta última contiene un enlace (*link*) a la primera. De hecho, este principio ya se venía utilizando para generar listas de los sitios *web* más "populares" de la red (Woodruff et al. 1996).

De esta manera y estableciendo al mismo tiempo un paralelo con lo que ocurre con las revistas científicas, se empezó a hablar de "factores de impacto *web*" (Web-IF). El Web-IF permite cuantificar en que medida un determinado sitio *web* es citado (apuntado con enlaces) desde páginas externas al sitio, ya que las internas se consideran auto-citas. Según el propio Ingwersen, la introducción de técnicas bibliométricas al *web* -también llamado *webometrics* (Moya Anegón & Herrero Solana 1999b)-, plantea al menos tres consecuencias. 1) proveer una nueva concepción (*insight*) del proceso de recuperación de información en el *web*, 2) proponer un método de análisis que puede ser utilizado para medir la performance de los motores de búsqueda, así como también la estructuración organización y relaciones de la páginas de un sitio *web*, 3) los estudios basados en el Web-IF pueden aportar elementos al

delicado tema de la validación de contenidos en la red (Ingwersen 1998).

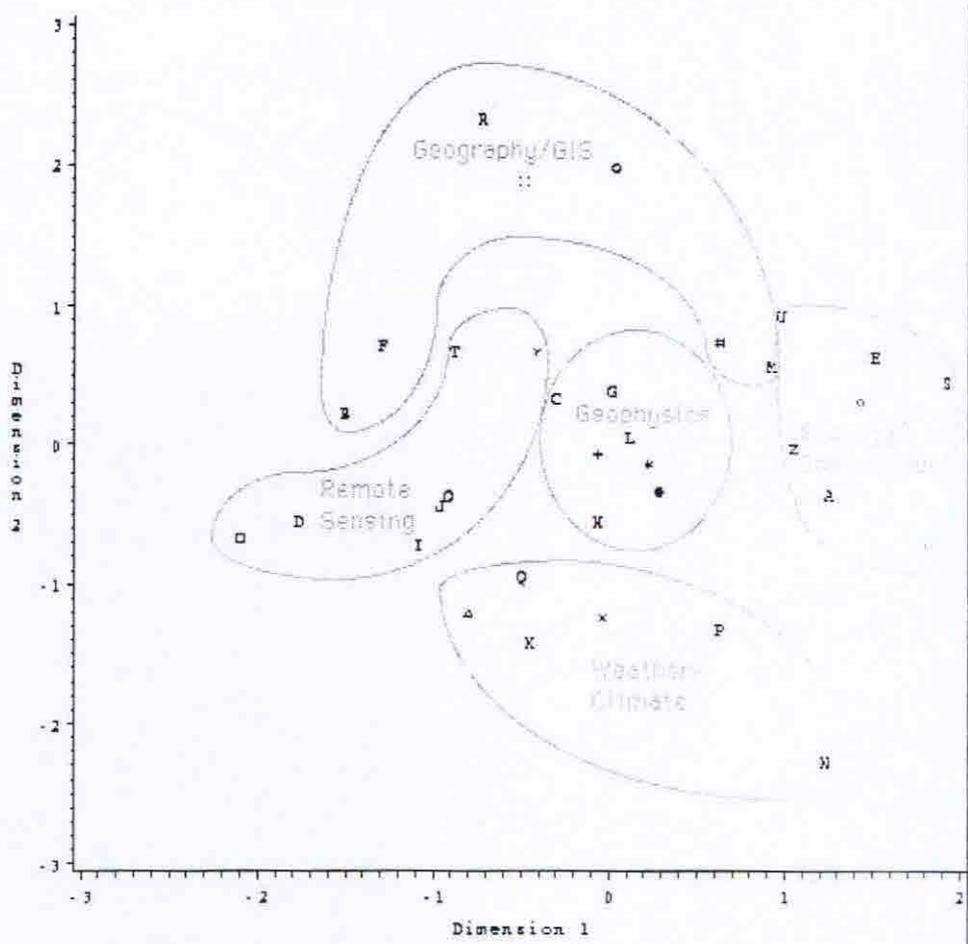


Figura 5.23 - Mapa de cocitación de sitios web (Larson 1996)

Algunos autores al hablar de la "cita" que recibe un sitio web utilizan el término "sitación" (*sitation*), híbrido de *citation* y *site* acuñado por McKiernan hace un par de años (McKiernan 96). Ronald Rousseau utiliza también esta denominación, aunque a la hora de hablar de citas pone el énfasis en el hecho de que una "sita" no puede ser considerada de igual forma que una "cita" porque están motivadas por cuestiones

diferentes. Si bien las motivaciones de la citación científica son diversas, se acepta que se trata de un proceso de persuasión científica. En el caso de los recursos *web*, un enlace puede estar motivado por una gama aún mayor de motivaciones que son difíciles de tipificar y que constituyen un campo todavía por explorar. No obstante, Rousseau no se detiene ante este problema y aplica la que él denomina como las técnicas de la vieja bibliometría a el nuevo fenómeno de Internet (Rousseau 1997).

De todos los autores que se han acercado a este nuevo campo, quién realiza un estudio de cocitación mediante técnicas multivariantes es Ray Larson. El pretende aportar elementos que permitan descubrir la estructura intelectual del *web*, más allá de los simples directorios jerárquicos tipo Yahoo, y se basa en el hecho de que la cita de páginas web es un elemento fundamental que provee la conexión transversal de contenido informativos de la red (Larson 1996). Larson analiza una serie de sitios web relacionados con las siguientes temáticas: sistemas de información geográfica, ciencias de la tierra, y sistemas de detección satelital. Mediante un agente *web* recupera la información disponible en Altavista, haciendo uso de una serie de campos que ofrece este motor de búsqueda, tales como: *link*, *url*, *domain*, *host*, etc (Rodríguez i Gairín 1997). Con estos datos construye una matriz de cocitación y luego aplicando MDS obtiene el mapa de la figura 5.23. En el se puede apreciar a grandes rasgos cinco agrupaciones, una central (Geophysics) y cuatro periféricas (Geography/GIS, Remote Sensing, Ecology/Environment, y Weather/Climate). Si bien los resultados son buenos, Larson indica que el procedimiento tiene problemas, debido particularmente a la selección de los sitios a analizar ya que puede exceder fácilmente la escala de lo controlable, la introducción de ruido, etc.

## Capítulo 6

### Las representaciones bidimensionales II: interfaces online (VIRI)

En este capítulo trataremos las representaciones bidimensionales que White y McCain llaman *online*, y que en la literatura se designan comúnmente bajo las siglas VIRI (Visual Information Retrieval Interfaces). El auge de los VIRI ha venido de la mano de Internet, particularmente del World Wide Web. La mayoría de los VIRI que veremos en este capítulo son interfaces implementados a través de una pasarela *web*. Esta forma de trabajo basada en cliente-servidor facilita mucho la interacción con el usuario, ya que en lugar de tener que acostumbrarse a un programa propietario solo tiene que aprender a manejar correctamente un navegador tipo Netscape o MS-Explorer. White y McCain establecen una categorización simple de los VIRI: 1) los modelos basados en los intereses del usuario, y 2) los que brindan un sumario gráfico de un conjunto de documentos. En el primer grupo el usuario realiza una búsqueda (*query*) con antelación y la representación gráfica mostrará a continuación el resultado de la misma. En el segundo grupo la representación se presenta como una especie de resumen de los contenidos de toda la colección de datos. Según White este grupo responde mejor a las expectativas de los usuarios no familiarizados con el sistema y se acerca más al mundo de las representaciones *offline*, verdaderos mapas estáticos de un dominio temático.

No obstante, consideramos que esta categorización es un poco pobre para abordar los ejemplos de aplicaciones que veremos en este

capítulo. Por ello realizaremos una ordenación propia, apoyándonos en los cuatro principios bajo los cuales Card, Mackinlay y Shneiderman analizan los interfaces y sus metáforas (Card, MacKinlay, & Shneiderman 1999):

- 1) En función de la utilización del espacio
- 2) En función de la utilización de la variable tiempo
- 3) En función de la interacción del usuario
- 4) En función de la utilización del principio de foco + contexto

Teniendo en cuenta estos principios y las clases propuestas por Shneiderman, arribamos a seis grandes categorías bajo las cuales podemos organizar las distintas aplicaciones (Shneiderman 1996):

- 1) Basadas en técnicas artesanales.
- 2) Basadas en estructuras jerárquicas.
- 3) Basadas en estructuras de red.
- 4) Basadas en estructuras de búsqueda
- 5) Basadas en líneas de tiempo.
- 6) Basadas en estructuras de datos multidimensionales.

En este capítulo y en el siguiente presentaremos diversos ejemplos de aplicaciones en cada uno de los grupos. La elección de las aplicaciones no es exhaustiva, sino que tiene como objetivo describir los casos más representativos de cada uno de los grupos de nuestra clasificación.

## 6.1. Basados en representaciones artesanales

A diferencia de lo que ocurre en el caso de las representaciones offline, los VIRIs contruidos "artesanalmente" (*hand-made*), sin ningún tipo de generación automática (*data-driven*) son muy comunes en Internet. Generalmente, su diseño esta cuidado hasta el más mínimo detalle, por lo menos en aquellos en los que se ha invertido cierta cantidad de tiempo. La utilización de las formas, los colores, los contrastes, etc., se realiza en función de la reacción que se espera del usuario. Algunas veces se intenta con ello facilitar su utilización, aunque no siempre ese es el objetivo. En sentido estricto no se pueden considerar como un medio visual para "descubrir" nueva información o conocimiento, ya que solo facilitan la navegación de un sitio *web*. Por esta razón no nos detendremos en este tipo de representaciones.

## 6.2. Basados en estructuras jerárquicas

A pesar de la naturaleza básicamente hipertextual-asociativa del *web* (no tiene un nodo central), la estructura de los sitios se basan generalmente en un sistema jerárquico de ordenación. La metáfora natural para visualizar una estructura jerárquica es el árbol, aunque cuando la cantidad de nodos existentes en la estructura es muy grande la representación arbolescente puede no ser eficaz. Por ello se han desarrollado otras metáforas, que si bien son mucho más abstractas que el árbol simple, permiten la navegación eficaz a través de estructuras jerárquicas de gran tamaño.

### 6.2.1. Cheops

Cheops es una metáfora para el manejo de grandes estructuras jerárquicas desarrollada en el Centre de Recherche Informatique de Montréal (Beaudoin, Parent, & Vroomen 1996). Combina la teselación de un triángulo con una serie de reglas que establecen las relaciones entre los elementos, lo que permite gestionar jerarquías muy grandes. Las técnicas tradicionales basadas en árboles no pueden trabajar de forma efectiva con más de 5000 nodos. Los autores afirman que Cheops es capaz de gestionar estructuras, como la de la Clasificación Decimal de Dewey (DDC), que pueden llegar a contener más de 1 millón de nodos.

En la figura 6.1 vemos un ejemplo de este sistema. Los triángulos representan cada uno de los nodos de la jerarquía, los cuales se apilan para ocupar menos espacio. Cuando una rama de la estructura es seleccionada, los nodos asociados se iluminan mientras el resto pasa a un segundo plano. Además, cada triángulo puede ser de un color diferente, en relación con la función que cumple en ese momento (nodo "padre", nodo "hijo", nodo relacionado, etc.). En la representación también pueden aparecer métodos adicionales de acceso a la información, tales como: cajas de selección, botones de navegación, ventanas y barras de deslizamiento, *bookmarks*, histogramas, etc.

Los autores indican que el sistema ha sido evaluado con usuarios reales. Se observó el comportamiento en la navegación de una estructura, comparando las técnicas habituales con Cheops. Los usuarios no fueron previamente instruidos sobre el sistema, pese a lo cual lograron su objetivo, en una media de 30 minutos, y con algunas dificultades que parecen haber estado centradas en los métodos complementarios, como

las ventanas deslizantes, aunque no en la propia pirámide. Los autores opinan que el sistema debe refinarse principalmente en estos métodos complementarios, para que sean tan intuitivos como la metáfora de la pirámide.

Por último, cabe destacar que la programación del sistema se ha hecho en Java, por lo que es sumamente fácil de implementar a través de Internet. En la página *web* del proyecto se encuentra información detallada sobre el sistema, incluyendo varias demos accesibles a través del navegador web. (<http://www.crim.ca/hci/cheops/>).

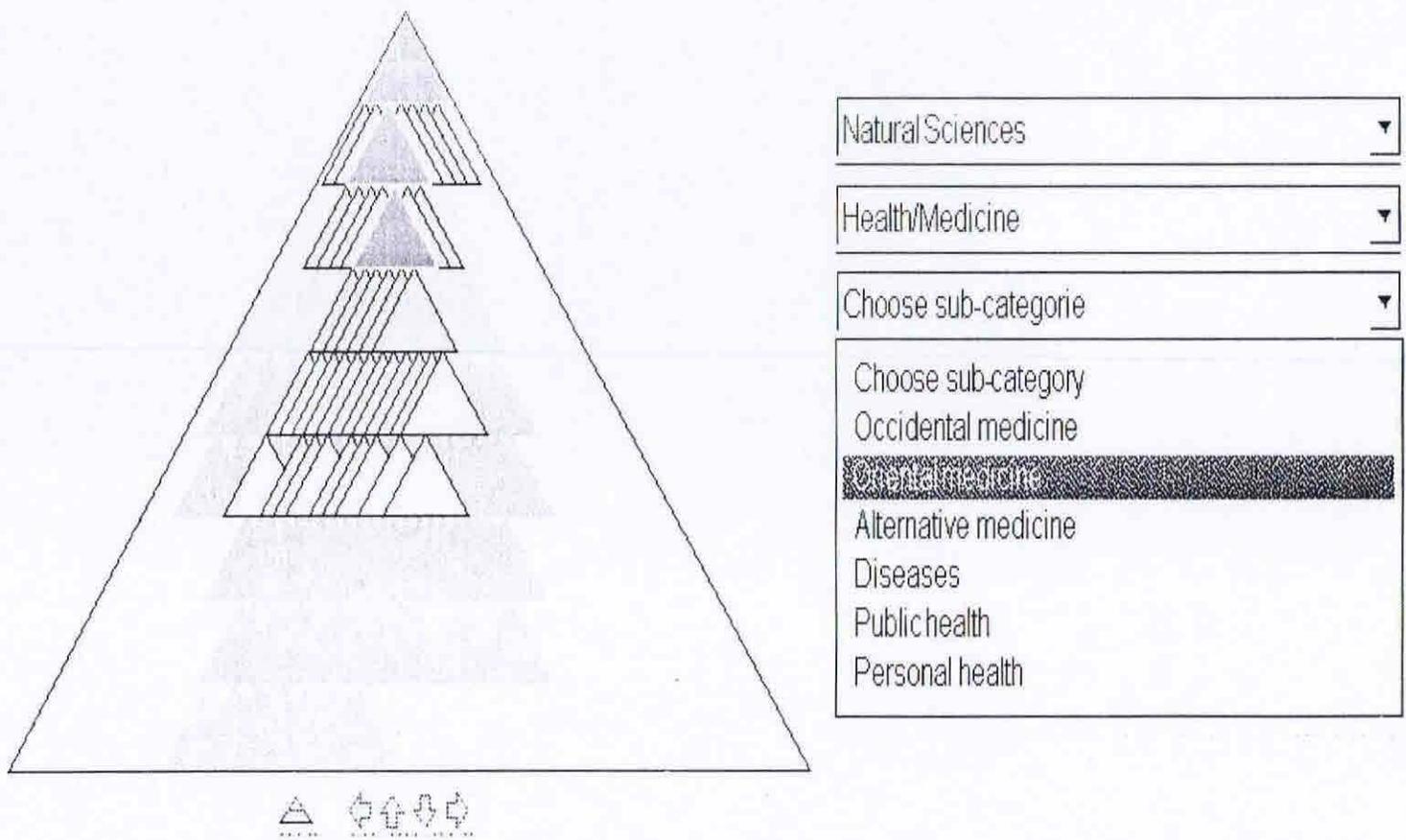


Figura 6.1 – Cheops (Beaudoin, Parent, & Vroomen 1996)

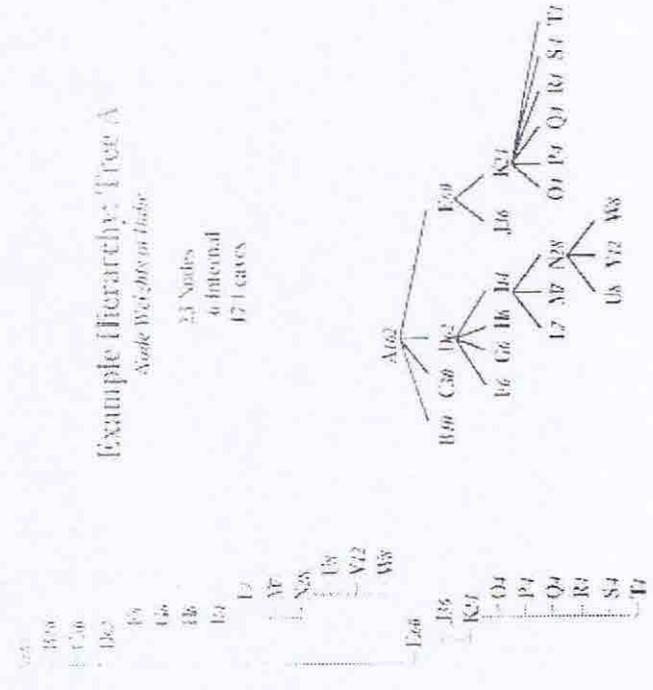


Figure 1. Outline

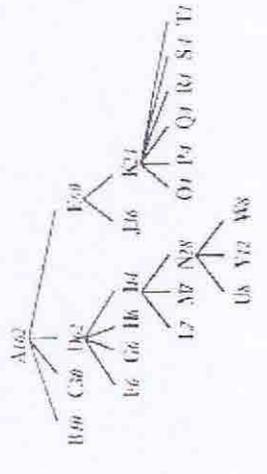


Figure 2. Tree Diagram

Figure 6.2

Proceso de transformación de una jerarquía en un Tree-Map (Johnson & Shneiderman 1993)

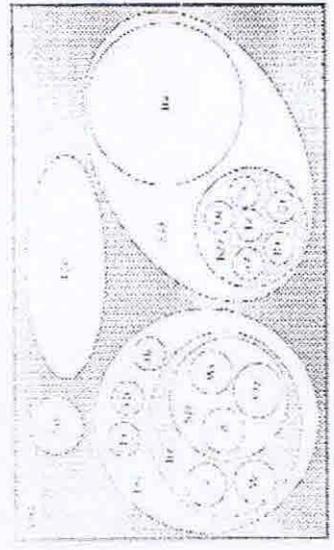


Figure 3. Venn Diagram

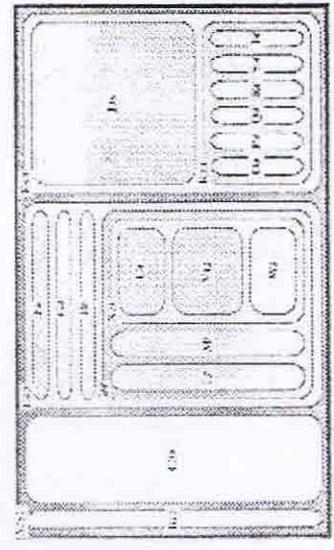


Figure 4. Nested Tree-Map

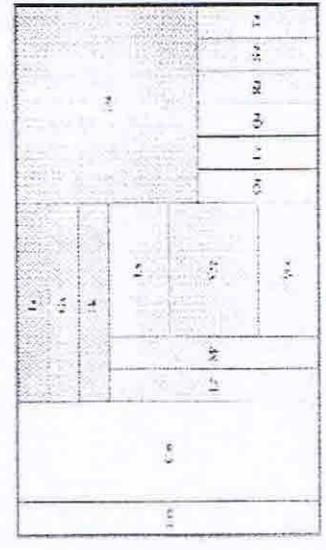


Figure 5. Tree-Map

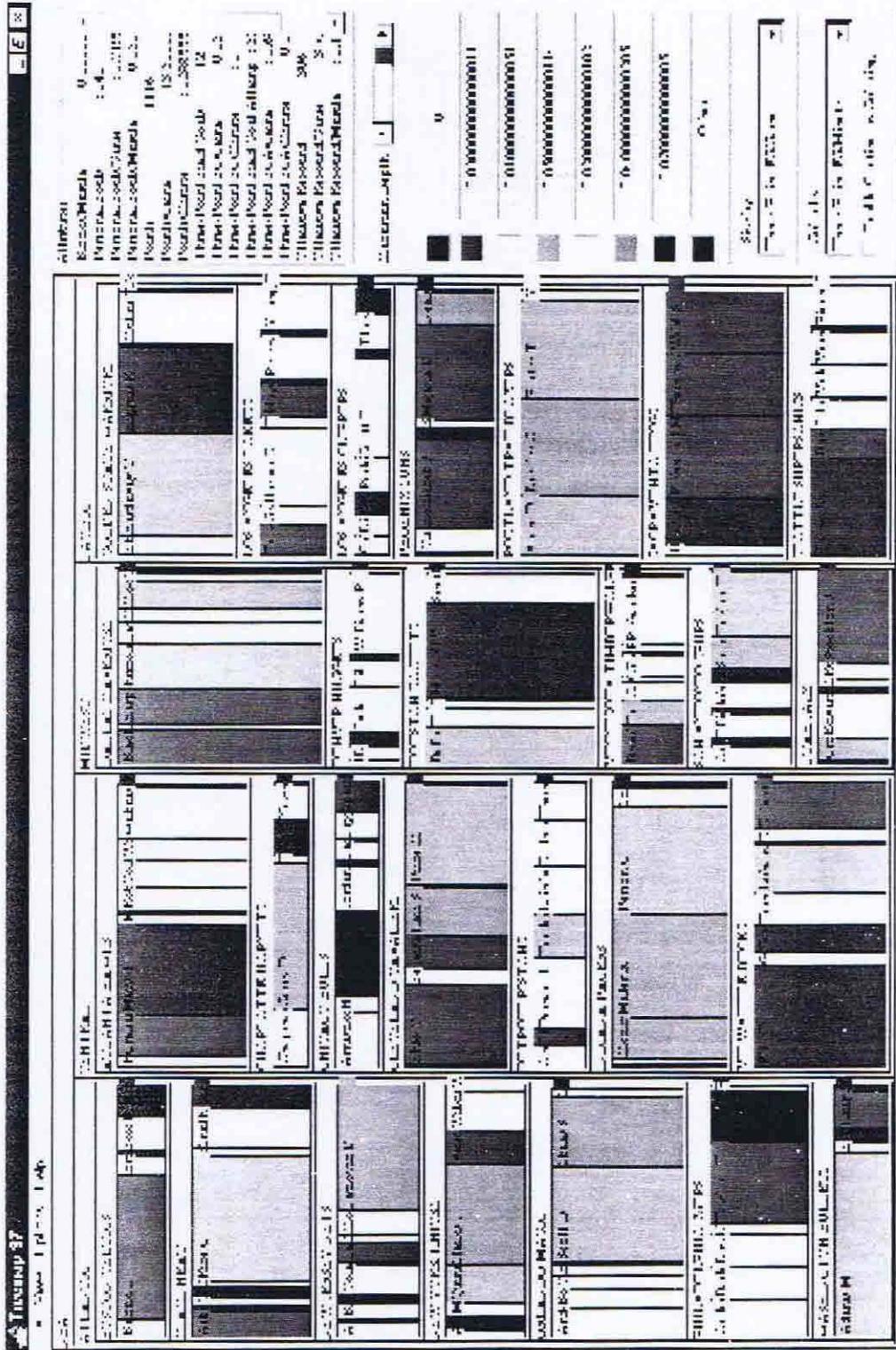


Figura 6.3 - Tree-Map (Johnson & Shneiderman 1993)

### 6.2.2. Tree-Map

En la misma línea que Cheops se encuentra un sistema llamado Tree-Map, desarrollado por Ben Shneiderman del Human-Computer Interaction Laboratory de la Universidad de Maryland a principios de los años noventa (Johnson & Shneiderman 1993). Tree-Map es capaz de representar estructuras jerárquicas mediante una metáfora basada en elementos rectangulares. Una de sus ventajas consiste en que la información útil ocupa el 100% de la representación, aprovechando al máximo el espacio disponible. Si bien los autores no asumen que el sistema pueda manejar el volumen de nodos que se le atribuyen al sistema anterior, afirman que han alcanzado los cuatro que originalmente que se habían planteado:

- 1) Utilización eficiente del espacio: esta cuestión es sumamente importante a la hora de representar estructuras grandes.
- 2) Interactividad: el usuario puede interactuar con la representación para que esta se adecue a sus necesidades y requerimientos. La transformación de la misma se realiza en tiempo real.
- 3) Comprensión: la forma de presentación y la posibilidad de interacción facilitan la extracción de información sin necesidad de una gran carga cognitiva y de forma bastante intuitiva.
- 4) Estética: tanto los gráficos como los métodos de interacción se encuadran en una estética agradable para el usuario final.

En la figura 6.2 podemos observar vemos el proceso de conversión de una estructura jerárquica en un Tree-Map. En primer lugar tenemos la estructura en sí (Outline), la cual puede ser representada como un diagrama de árbol (Tree Diagram). Este a su vez se convierte fácilmente en un esquema basado en diagramas de Venn (Venn Diagram). En este punto es fácil apreciar la lógica de organización de la metáfora, cada diagrama de Venn se transforma hasta lograr una forma rectangular que es la más natural para aprovechar la totalidad del espacio. Así se llega al Tree-Map anidado (Nested Tree-Map), donde los rectángulos se ven superpuestos. Cuando las superposiciones se eliminan, se llega a la versión final de la representación (Tree-Map).

En la figura 6.3 vemos un ejemplo práctico de Tree-Map, donde además de la metáfora de los rectángulos encontramos otros accesorios tales como barras deslizantes, botones, ventanas de información, cajas de selección, cuadros de diálogo, etc. Los casos en los que se puede aplicar el sistema son muy diversos: estructuras de directorios de ordenador, taxonomías biológicas, puntuación de un partido de tenis, etc. En el sitio *web* del laboratorio se encuentra una versión demo actualizada del sistema llamado Tree-Map'97 (<http://www.cs.umd.edu/hcil/treemaps/>). La demo contiene tres ejemplos: 1) información económica, 2) una taxonomía simple de animales, y 3) las formaciones de los equipos de la NBA.

Un caso de aplicación sumamente interesante es el de la DDC aplicada a una biblioteca. Obviamente la representación consta de 10 grandes grupos que a su vez se van dividiendo en función del uso que la biblioteca ha hecho de la DDC. El tamaño de los rectángulos finales será proporcional a la cantidad de documentos asignados a la clasificación correspondiente. El color también tiene significado ya que cuanto

más se acerca al rojo más uso se hace de esa clase, mientras que cuanto más se acerca al azul significa menos uso. De esta forma es posible tener una idea general de la naturaleza, constitución y utilización de la colección de una biblioteca, de un solo vistazo.

### 6.2.3. Hyperbolic Tree

Hyperbolic Tree es una metáfora gráfica que permite la navegación y *browsing* de grandes estructuras jerárquicas. Este tipo de interfaz ha sido aplicado particularmente en la visualización de sitios *web*. Se desarrolló en el Xerox Palo Alto Research Center (XeroxPARC), y actualmente es comercializado por una filial de Xerox llamada Inxight (Lamping & Rao 1996). En la figura 6.5 vemos un ejemplo de Hyperbolic Tree aplicado en este caso al sitio *web* de la Library of Congress. El interfaz está implementado a través de un *applet* Java, y su modo de uso es bastante sencillo e intuitivo. Se selecciona el nodo central del árbol, el cual se puede mover de su sitio lo que origina un corrimiento en la representación, de forma tal que van apareciendo nuevas partes de la estructura que no se veían, al tiempo que se van escondiendo otras. De esta forma podemos "jalar" la representación para que aparezcan aquellos nodos que nos interesan, en el lugar que van dejando los nodos que van desapareciendo. Cuando se detecta un nodo relevante, con solo darle un doble *click* es posible acceder (en la ventana contigua) al texto completo de la página *web*. Mediante los botones que se encuentran abajo a la izquierda, es posible cambiar el tamaño de las fuentes de las etiquetas, contraer-expandir la representación, volver al punto de origen, etc.

A diferencia de los dos sistemas anteriores, Hyperbolic Tree no apela a una metáfora abstracta sino que trabaja con la clásica estructura arbolescente, mostrando solo aquellas áreas que sean necesarias. De esta forma la metáfora maneja bien la relación foco + contexto, mediante la cual puede entrar en detalle sin perder el control de la estructura. El acceso al foco se logra mediante el principio denominado "ojo de pescado" (Furnas 1981), mientras que por una función hiperbólica puede manejar el contexto de una estructura con crecimiento exponencial. Este es un recurso al que apelan muchos diseñadores de metáforas, distorsionar la representación para poner énfasis en un determinado punto interés minimizando el resto de la estructura, puede considerarse como ruido (Leung & Apperley 1994).

En el *web* de Inxight (<http://www.inxight.com>) se encuentran una amplia gama de demos del sistema, aplicadas a casos concretos: American Museum of Natural History, The Louvre, The Library of Congress, NASA, The United Nations, The Smithsonian Institute, Yahoo, etc. También se encuentra disponible una aplicación denominada MagniFind, un explorador de archivos que funciona bajo Windows 95. Magnifind permite navegar por la estructura de directorios del propio ordenador, al tiempo que se aplican los criterios de representación de Hyperbolic Tree. En la figura 6.4 podemos observar una vista de este explorador.

#### **6.2.4. MerzScope Map Library**

Este sistema trabaja también con una metáfora basada en un árbol, aunque su representación no es hiperbólica sino que es lineal. MerzScope es comúnmente utilizado para mapear los contenidos de un

sitio *web* independientemente de su formato (HTML, PDF, GIF, etc.), aunque también se puede aplicar en otros campos: gestión de redes, *data mining*, gestión de documentos, etc. En la figura 6.6 vemos una representación del sitio *web* de IBM realizada por MerzScope. La metáfora en la que se basa es un árbol bidimensional mediante la cual se organizan los nodos (círculos) y los enlaces (líneas). Los autores del interfaz dicen que MerzScope trabaja en 2D+, siendo el "+" la capacidad de mostrar la representación con diferentes niveles de detalle. El principio básico de funcionamiento está basado en dos funciones desplazamiento y focalización (*pan & zoom*). El desplazamiento se realiza mediante el botón derecho, manteniéndolo presionado es posible mover la representación hasta llegar adonde se desea. El *zoom* se aplica de dos formas: mediante una barra que se encuentra en la parte inferior de la ventana (barra de *zoom*), y mediante la selección de un área determinada con el botón izquierdo del ratón. Mientras que en el primer caso se aumenta la representación según grados pre-establecidos en la barra, en el segundo el usuario determina de antemano el área de la zona a aumentar.

A medida que se aumenta el nivel de detalle, los círculos comienzan a convertirse en íconos, existiendo diferentes tipos para diferentes clases de archivos (HTML, imágenes, etc.). Tanto los enlaces como los nodos pueden ser en todo momento seleccionados mediante el botón izquierdo del ratón. Cuando se selecciona un enlace este cambia de color y en la parte superior aparece una breve información sobre el mismo, mientras que cuando se selecciona un nodo el texto completo aparece en una ventana adjunta del navegador. Además de estas acciones, cuando se aumenta suficientemente el *zoom* de la representación aparece una ventana asociada a cada nodo, primero conteniendo el título y posteriormente conteniendo las primeras líneas del texto com-

pleto. Si bien la metáfora cuenta con todas estas características, el interfaz no permite manejar de forma fluida grandes estructuras jerárquicas. Al trabajar de forma lineal con el principio de *pan & zoom* el manejo de un gran volumen de datos puede no ser tan fluido como en el caso de las aplicaciones anteriores.

La implementación de la aplicación todas sus funciones se ha realizado con un programa cliente, aunque también es posible visualizar la representación a través de una ventana Java. En el sitio *web* de MerzCom (<http://www.merzcom.com>) se encuentra una versión demo para bajar de la red. En este paquete se incluyen las clases Java para implementar los *applets* en las páginas *web* propias.

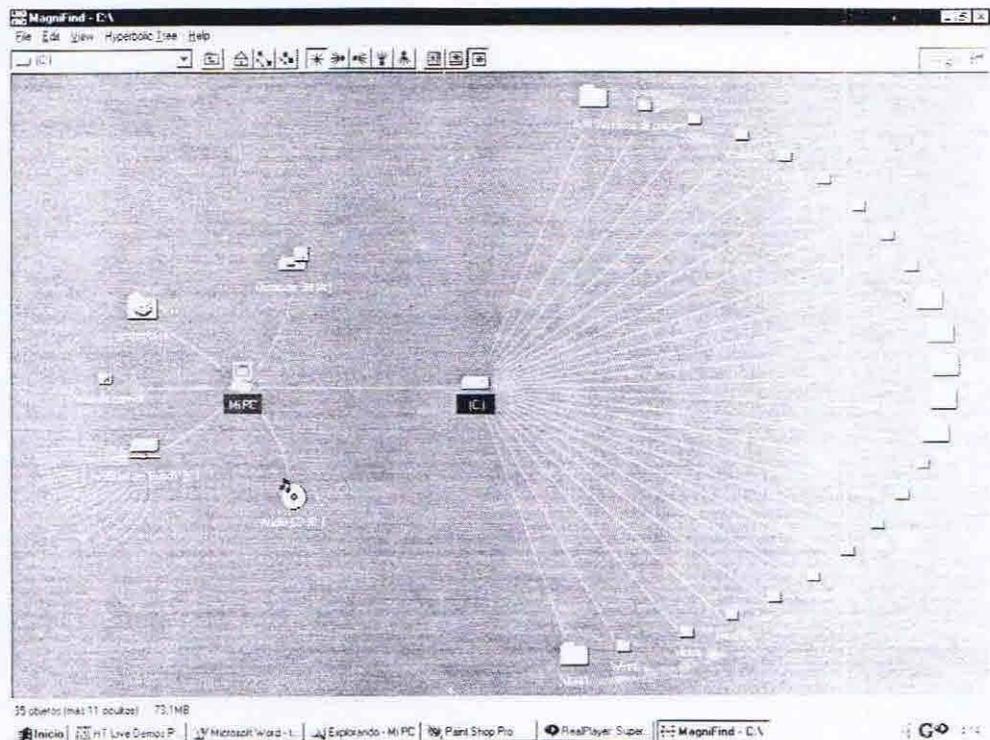


Figura 6.4 – Explorador de directorios MagniFind

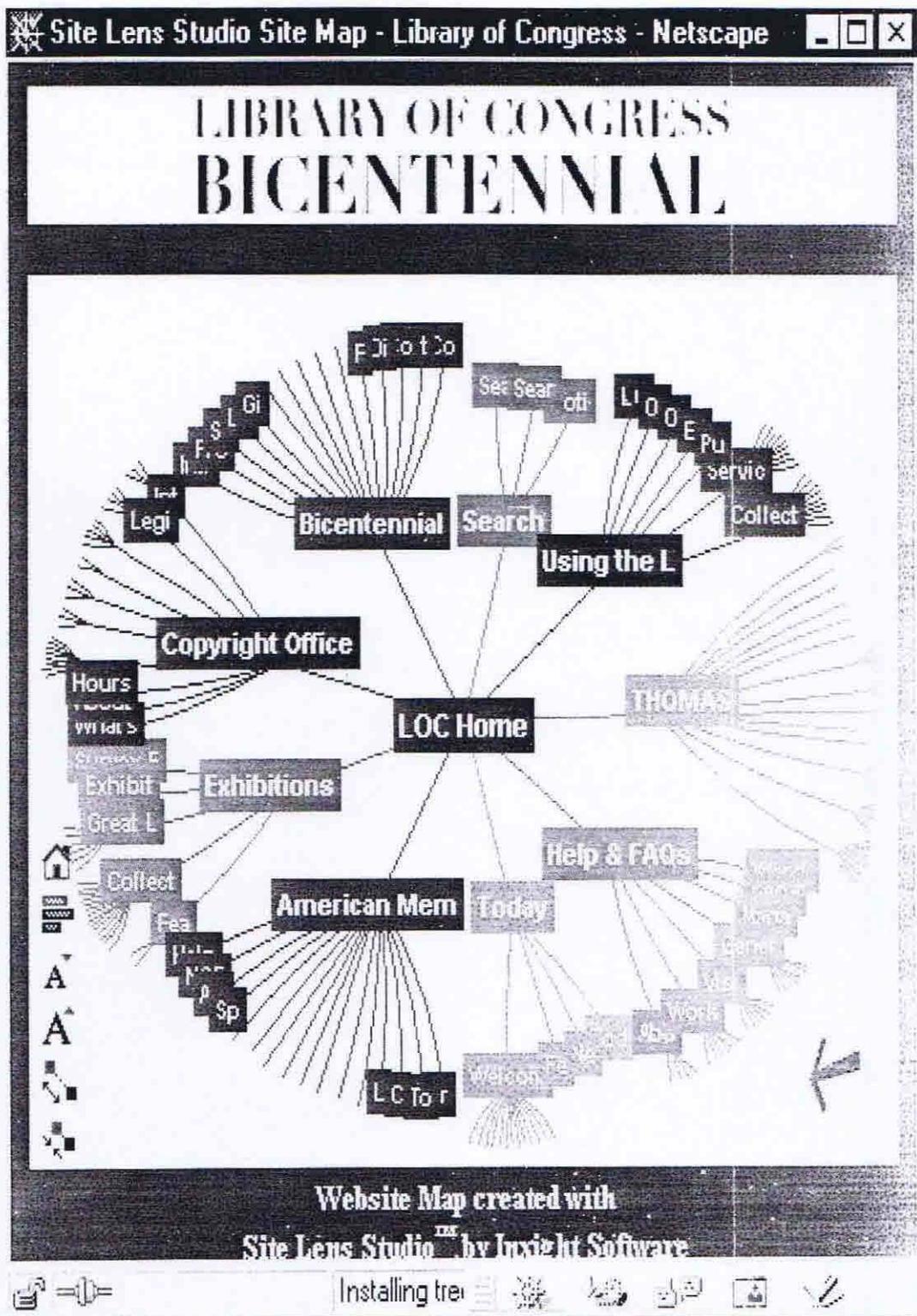


Figura 6.5 – Hyperbolic Tree del *website* de la Library of Congress

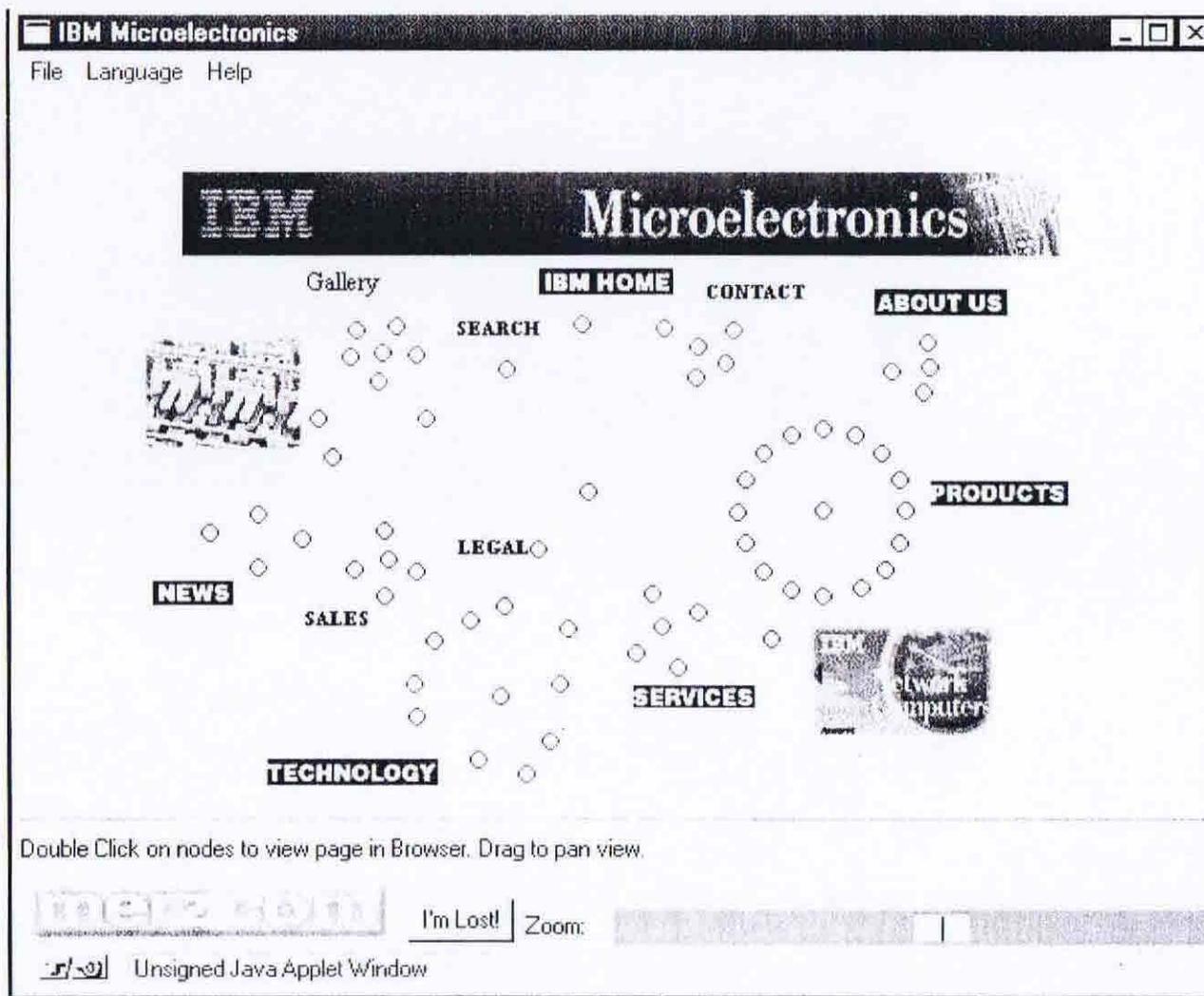


Figura 6.6 – Vista del sitio *web* de IBM con MerzScope

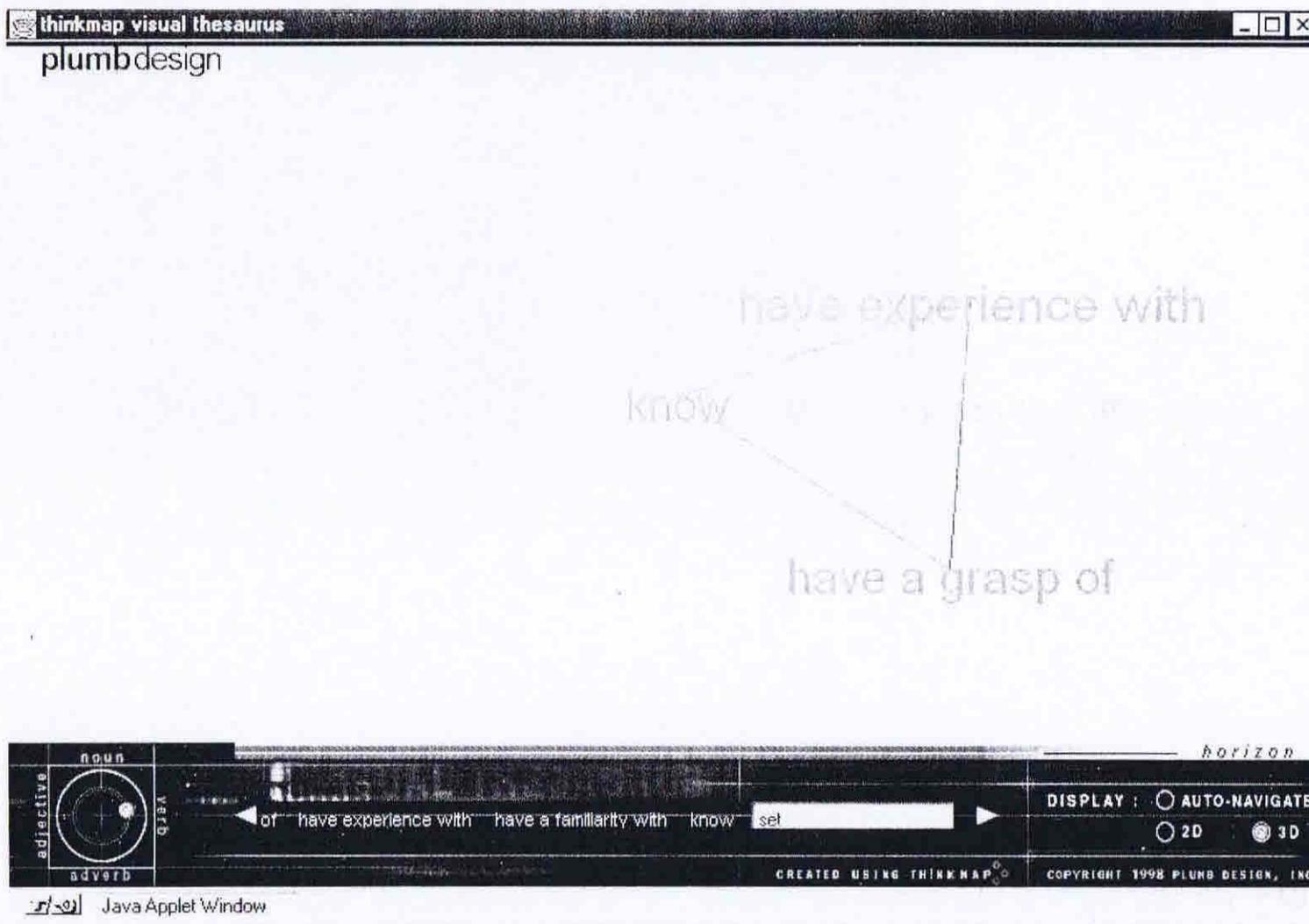


Figura 6.7 – Vista del Plumb Design Visual Thesaurus visualizado mediante ThinkMap

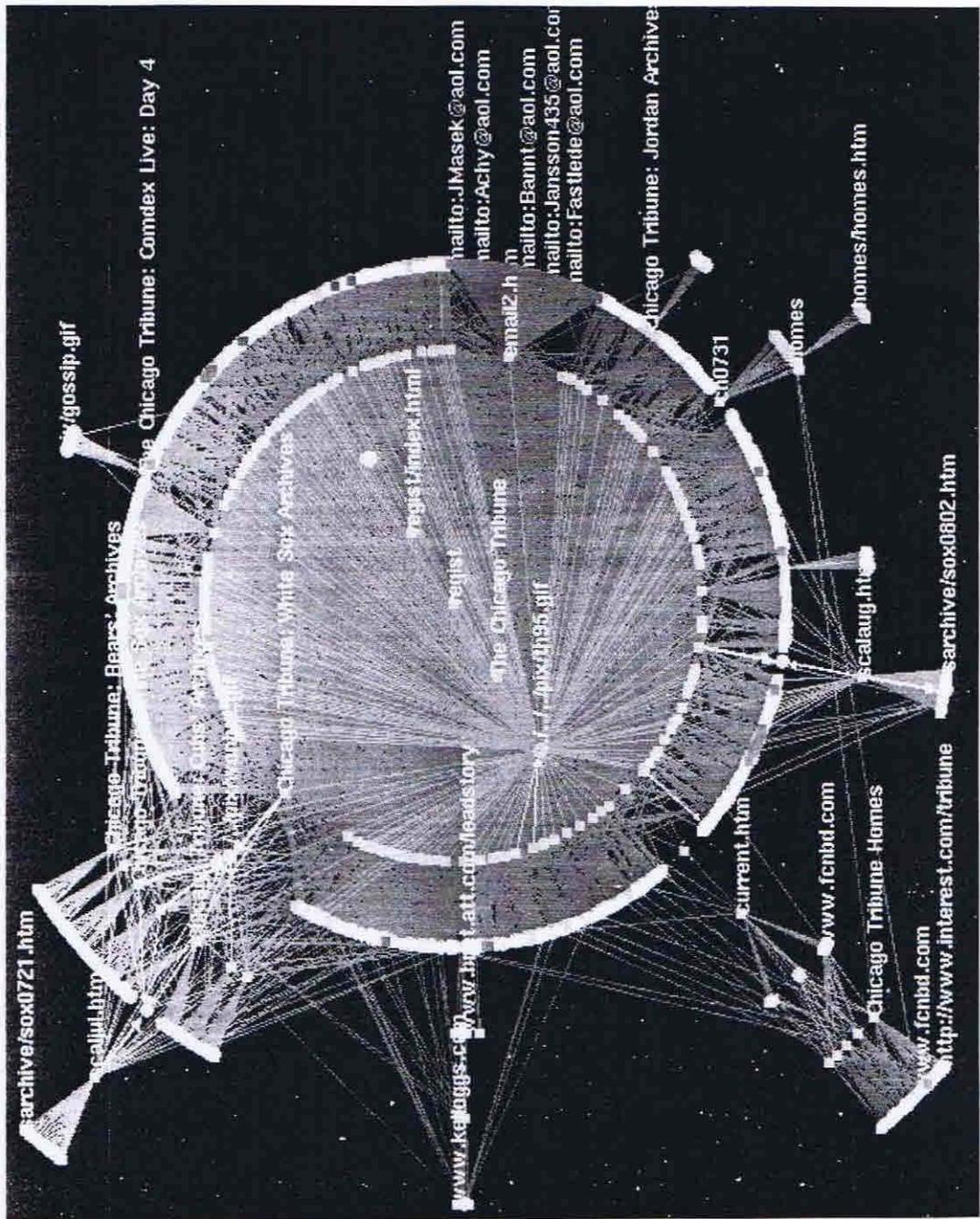


Figura 6.8 – Sitio web del The Chicago Tribune visualizado con NicheWorks

### 6.3. Basadas en estructuras de red

La visualización de estructuras de red es un método que puede ser aplicado en una amplia gama de ejemplos, desde un sistema telefónico hasta la propia Internet. Gracias a esta última, se han desarrollado diferentes metáforas de exploración y navegación. En términos abstractos, una red está compuesta por nodos, enlaces e información adicional asociada a estos nodos y enlaces. A diferencia de las estructuras jerárquicas la red puede presentar bucles, relaciones y otro tipo de complejidades, por lo que la metáfora debe ser diferentes que para el caso de las jerarquías. Las redes son necesarias cuando las estructuras jerárquicas son inadecuadas para capturar la complejidad de relaciones entre determinados objetos. En un árbol jerárquico, cada nodo tiene un nodo genérico (*parent*), excepto el nodo raíz. En una red cada nodo está conectado con una gran cantidad de nodos relacionados, y raramente tiene una raíz.

Las estructuras basadas en red aparecen en una gran cantidad de casos: redes sociales, sistemas de telecomunicaciones, sistema de carreteras, redes de citación científica, redes semánticas, circuitos electrónicos, etc. Para visualizar estos ejemplos es necesario contar con metáforas e interfaces eficientes. La elaboración de la topología, el gran número de nodos y la complejidad de las relaciones son algunas de las cuestiones a resolver por el interfaz. Este objetivo, en un entorno 2D, es difícil de alcanzar (Card, MacKinlay, & Shneiderman 1999).

### 6.3.1. ThinkMap

ThinkMap es una herramienta de visualización de información estructurada en red. Mediante una sencilla metáfora basada en palabras enlazadas en el espacio permite navegar grafos de redes complejos. El sistema visualiza solamente el nodo actual (seleccionado por el usuario) y los nodos (palabras) cercanos, unidos mediante enlaces. Es posible establecer el umbral de nodos visualizables, con lo cual se aumenta o disminuye la cantidad de nodos visualizados simultáneamente en la ventana. Cuando se selecciona un nodo asociado, este pasa a ser el centro de la representación mientras que el anterior pasa a un segundo plano o directamente desaparece.

En la figura 6.7 vemos el ThinkMap aplicado a un diccionario en lengua inglesa (Plumb Design Visual Thesaurus). Las palabras están enlazadas mediante líneas que representan algún tipo de relación semántica (sinónimo, antónimo, hipónimo, etc.). Las palabras relacionadas flotan en torno a la central con un suave movimiento lo cual permite visualizar fácilmente las relaciones sin necesidad de "mover" la representación. Es posible establecer mediante los botones de selección situados abajo a la derecha, el tipo de animación deseada: bidimensional o de apariencia tridimensional. La apariencia de tridimensionalidad se logra con el aumento y disminución en el tamaño de las palabras y resulta más atractiva, aunque no más útil, que la 2D. Tanto una como otra animación se basa en el principio de gravedad, por lo que parece que los nodos relacionados giran en órbita alrededor del central. Asimismo, mediante el control circular situado abajo a la izquierda es posible seleccionar la visualización exclusiva de sustantivos, verbos, adjeti-

vos, o adverbios. Cuando el control está en el centro se ven todos los tipos indistintamente.

La navegación con ThinkMap resulta agradable, aunque es muy difícil tener una idea global de la estructura que se está examinando, ya que la metáfora pone énfasis en el foco pero pierde de vista el contexto. Esto redundante en una cierta facilidad de manejo, pero la sencillez se paga dejando de lado otras características que le hubieran brindado más potencia al interface.

ThinkMap puede ser asociado a una gran variedad de bases de datos, a través del JDBC (Java DataBase Connection), y debido a que ha sido desarrollado en Java es fácilmente integrable a entornos *web*. También puede conectarse con otras fuentes de datos estáticas. En el sitio *web* de ThinkMap (<http://www.thinkmap.com/>) es posible acceder a la demo descrita, así como también a otras tales como una exposición virtual del Smithsonian Museum.

### **6.3.2. NicheWorks**

NicheWorks es una herramienta de visualización diseñada para manejar redes de grafos muy grandes. Por muy grande se entiende una red que no puede ser visualizada mediante un simple esquema estático de nodos y enlaces. Según sus diseñadores, NicheWorks puede trabajar con redes de entre 20.000 y 1.000.000 de nodos (Wills 1999). El límite en el manejo de la información también está condicionado por la potencia del equipo informático, p.ej. una estación de trabajo puede llegar a manipular una red de 50.000 nodos en tiempo real pero si aumentamos sustancialmente la cantidad, el sistema no podrá responder.

NicheWorks fue diseñado en los laboratorios de la Bell Co. y su función original consistía en la representación de grandes redes telefónicas, de manera tal que pudieran establecerse patrones de comportamiento de los usuarios con el fin de detectar comportamientos fraudulentos. Para ello se tuvieron en cuenta un gran número de variables (tipo de llamada, duración, frecuencia, destino, hora, etc.) con el fin de saber quién llamaba a quién. La cantidad de datos generados es muy alta, por lo que la visualización mediante una metáfora de representación efectiva derivó en la creación del sistema. Con posterioridad, NicheWorks se comenzó a aplicar en otros contextos: 1) relaciones entre funciones y ficheros en desarrollos de software a gran escala, 2) análisis y representación de sitios *web* mediante agentes (*spiders*), y 3) análisis de correlación en bases de datos con miles de campos y millones de registros.

NicheWorks presenta la información a través de tres diferentes metáforas: 1) tipo árbol, 2) basada en una organización circular, y 3) basada en una grilla hexagonal. En la figura 6.8 podemos observar un ejemplo basado en la organización circular, en este caso se trata del sitio *web* del periódico The Chicago Tribune. La capacidad de manejar gran cantidad de datos se contrapone bastante con la facilidad de manejo del interfaz. La representación de la figura nos puede dar una cierta idea sobre la complejidad del sitio web, no obstante, es necesario interactuar con la representación de manera tal que podamos focalizar y poner el punto de mira sobre una zona más pequeña de la representación. La manipulación de grandes volúmenes de datos es un objetivo que persiguen frecuentemente los diseñadores de interfaces, dejando de lado la posibilidad de mostrar representaciones que muestren de

forma resumida estos grandes volúmenes de datos. El sitio *web* de NicheWorks se encuentra en:

<http://www.bell-labs.com/user/gwills/NICHEguide/niche.html>

#### **6.4. Basados en estructuras de búsqueda**

La interacción con los interfaces visuales es uno de los cuatro principios básicos de Card, Mackinlay y Shneiderman. White y McCain también indican la importancia de la interacción con el sistema, de hecho establecen una agrupación de interfaces basados en la posibilidad de interacción que tiene el usuario (*user based model*). La ventaja de estos radica en que permiten el "mapeo y re-mapeo" (*mapping & re-mapping*) de la representación en función de las solicitudes e intereses del usuario. No es nuestro objetivo entrar en detalles sobre la naturaleza de la búsqueda y recuperación de la información, pero podemos establecer cuatro características básicas:

- 1) El objetivo de la búsqueda consiste en identificar una serie de documentos para su posterior estudio.
- 2) Esto se logra mediante una interrogación (*query*) que define un subconjunto (*subset*) de la base de datos, al que llamamos documentos relevantes.
- 3) Los resultados de la *query* son presentados secuencialmente.

- 4) En algunos tipos de sistemas (*partial-match*), los resultados son ordenados en función del grado de correspondencia con la query.

En el momento de presentar el sub-conjunto de documentos recuperados, el sistema limita la visión del usuario de la totalidad de la base de datos. Esto acarrea un cierto número de dificultades (Borgman 1986):

- 1) El usuario no tendrá una idea clara de lo que a recuperado.
- 2) El usuario probablemente no sabrá de que forma la *query* se relaciona con la base de datos.
- 3) El usuario seguramente no conocerá la estructura de la base de datos.
- 4) El usuario no estará capacitado para formular y reformular *queries* complejas.
- 5) El usuario seguramente no tendrá idea del método de evaluación que el sistema utiliza para seleccionar un documento en concreto.
- 6) Cuando esta exista, el usuario no sabrá cuales son los criterios mediante los cuales el sistema establece una salida de los documentos ordenada por relevancia.

Una de las conclusiones a las que arriba Borgman es que estos problemas existen porque los sistemas de recuperación resultan "opa-

cos" al usuario. En la práctica estos sistemas son útiles cuando el usuario desea un pequeño sub-conjunto de documentos susceptibles de ser recuperados mediante una *query* sencilla. Sin embargo, cuando los documentos de salida son muchos o es necesario refinar las ecuaciones de búsquedas, el usuario se encuentra con serios problemas. Algunos autores afirman que este inconveniente se acentúa por el hecho de que el usuario no tiene una imagen mental de la organización y funcionamiento de los sistemas de recuperación, y que por lo tanto cualquier tipo de representación gráfica que represente la estructura de la información (tanto las *queries* como los documentos recuperados) es válida en sí misma (Olsen et al. 1993a). En este línea se han desarrollado dos tipos de metáforas: 1) las que representan la estructura de las ecuaciones de búsqueda, y 2) las que representan las relaciones de los resultados de una búsqueda.

#### **6.4.1. Basados en la representación de las ecuaciones de búsqueda**

Generalmente una ecuación de búsqueda (*query*) está compuesta por unos pocos términos conectados mediante los operadores más comunes de la lógica booleana (AND, OR y NOT). No obstante, si los documentos recuperados no satisfacen la necesidades del usuario, será necesario refinar la ecuación de búsqueda. El proceso de refinamiento puede aumentar considerablemente el tamaño de la *query*, hasta el punto tal de que se torne ininteligible para el propio usuario que la está construyendo. Para solucionar este problema se han desarrollado

metáforas gráficas que reflejen claramente la estructura de una *query*, por más compleja que esta sea.

#### **6.4.1.1. InfoCrystal**

InfoCrystal se basa en la representación gráfica de los diagramas de Venn de una *query* (Spoerri 1993) (Spoerri 1994). En la figura 6.9 podemos observar el proceso de transformación de una ecuación de búsqueda booleana expresada mediante un diagrama de Venn, en una representación InfoCrystal. La metáfora utilizada se basa en la representación mediante bloques de cada una de las áreas superpuestas del diagrama de Venn, de tal manera que cada bloque represente una combinación booleana de ciertos términos de búsqueda. La descomposición en bloques se realiza teniendo en cuenta ciertos criterios de codificación que posteriormente facilitarán la lectura por parte del usuario:

- 1) Codificación de formas (*shape coding*): es utilizada para indicar el número de elementos (términos) que intervienen en cada bloque, p.ej. uno -> círculo, dos -> rectángulo, 3 -> triángulo, 4 -> cuadrado, 5 -> pentágono, etc.
- 2) Codificación de proximidad (*proximity code*): cuanto más interiormente en la representación esté ubicado el bloque, más fuertemente relacionado estará con la *query*.

- 3) Codificación de ordenación (*rank coding*): para facilitar la comprensión de la representación, los bloques con formas similares son ubicados en círculos concéntricos invisibles.
- 4) Codificación de color o textura (*color or texture coding*): es utilizado para indicar cual parte de la *query* ha satisfecho cada bloque. Cada una de las partes de la *query* estará, por lo tanto, asociada a un color o textura.
- 5) Codificación de la orientación (*orientation coding*): los bloques son orientados de forma tal que los colores o texturas apunten hacia la parte de la *query* correspondiente.
- 6) Codificación de tamaño o brillo y saturación (*size or brightness & saturation*): se utiliza para indicar la cantidad de documentos asociados a cada bloque.

En la figura 6.10 observamos un ejemplo concreto de representación InfoCrystal obtenida a partir de una búsqueda realizada en versión CD-ROM la base de datos INSPEC (1991-1992). La *query* utilizada fue la siguiente:

(Graphical OR Visual) AND "Information Retrieval" AND "Query Language" AND  
"Human Factors"

Como podemos ver en la figura, en cada uno de los vértices se ubican las cuatro partes en que se divide la *query*, las que se identifican con diferentes texturas. En función de la codificación de formas la representación tiene forma cuadrangular. En el bloque del centro solo hay

un documento que cumple con toda la ecuación de búsqueda. Cada uno de los bloques restantes contienen la cantidad de documentos que corresponden a cada sub-ecuación de búsqueda.

InfoCrystal demuestra su verdadera potencia cuando se representan ecuaciones de búsqueda complejas, como la de la figura 6.11. En la representación se han incluido otros objetos que permiten interactuar con la estructura de la ecuación, como es el caso de las barras deslizantes (*slidebars*). Con ellas el usuario puede realizar un ajuste fino de la *query*, incluso puede seleccionar o deseleccionar uno o más bloques de la misma (zonas en negro). Si bien la metáfora de InfoCrystal es muy potente, se necesita de cierto entrenamiento para manejarla satisfactoriamente y optimizar su uso.

#### **6.4.2. Basados en la representación de los resultados de búsqueda**

En el proceso de recuperación de la información uno de los problemas más importantes consiste en establecer una relación clara y directa entre los términos de búsqueda y los documentos recuperados. Tradicionalmente se han utilizado las listas como forma de presentación, que en el mejor de los casos aparece ordenada por relevancia. Para superar este modelo se han desarrollado ciertos interfaces y metáforas que manejan la noción de espacio con el fin de sugerir el contenido de los documentos recuperados, ya sea en relación con los términos empleados en la *query* como con respecto a los otros documentos.

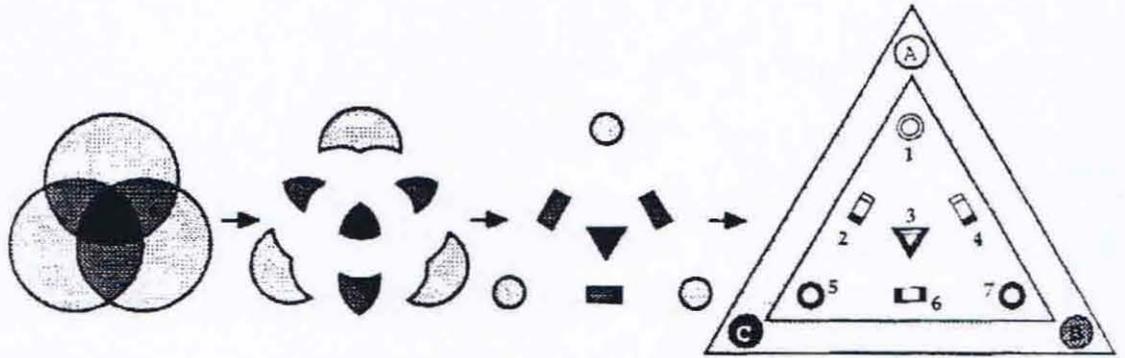


Figura 6.9 – Transformación de un diagrama de Venn en la metáfora de InfoCrystal (Spoerri 1994)

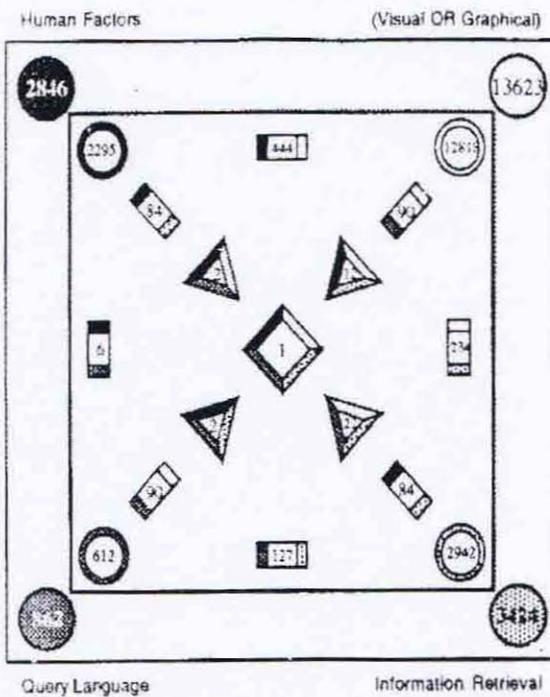


Figura 6.10 – Representación de una query de 4 elementos (Spoerri 1994)

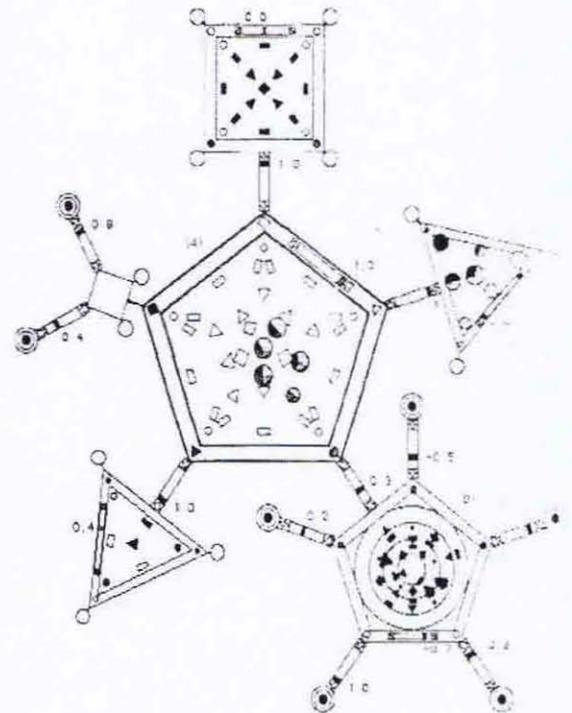


Figura 6.11 - Representación de una estructura compleja (Spoerri 1994)

### 6.4.2.1. VIBE

VIBE (VIsualization By Example) es un sistema de representación gráfica en un espacio bidimensional de los documentos recuperados mediante una interrogación de búsqueda del usuario (Olsen et al. 1993a) (Olsen et al. 1993b) (Olsen et al. 1992) (Korfhage 1997). La metáfora de visualización se basa en lo que los autores llaman puntos de interés (POI). Un POI está constituido por un descriptor, encabezamiento, descripción bibliográfica, etc. En la figura 6.12 vemos una representación realizada por el VIBE basada en tres POI (círculos): 1) *document retrieval*, 2) *hypertext*, y 3) *visualization*. En la representación se muestran cuatro documentos (rectángulos), que son ubicados en función de su relación con cada uno de los POI. Por otro lado, el usuario puede interactuar con la representación, puede colocar y retirar POIs, ubicarlos en distintos lugares del mapa, etc. Como mínimo se tienen que visualizar dos POI (con uno aparecerían todos los documentos superpuestos sobre él), mientras que el máximo está limitado por el usuario. A diferencia de los sistemas de recuperación tradicionales que permiten ver solamente el resultado de una sola *query* por vez, VIBE brinda la posibilidad de ver al mismo tiempo los POI generados a partir de distintas *queries*. Los documentos son caracterizados por un vector que establece el grado de pertenencia a cada uno de los POI. El vector es utilizado para establecer la posición de cada documento en función de los POI visualizados, de forma tal que el usuario pueda asociar esta posición relativa con el contenido del documento. En la figura 6.13 vemos una representación un poco más completa que la anterior, ya que se visualiza el registro bibliográfico de dos de los documentos.



La forma de visualizar los documentos se diferencia de otros métodos que se basan en técnicas estadísticas. Según Olsen, VIBE trabaja con un "espacio conceptual" para organizar la información, en lugar de los tradicionales ejes cartecianos. La metáfora mediante la cual se llega a este espacio conceptual es una aproximación de la forma en que archivamos la información en nuestras oficinas, bajo la forma de pilas (*stacks*) de documentos, y que cumplen las siguientes condiciones:

- 1) Cada pila puede contener una serie de documentos difusamente agrupados sobre un mismo asunto.
- 2) Cuando no se puede colocar un documento dentro de ninguna de las pilas existentes, se le crea una nueva.
- 3) La nueva pila creada se ubica en función de las relaciones de contenido con las pilas existentes.

Las pilas (POI) pueden ser manipuladas de forma tal que en todo momento se pueda tener un buen manejo de la relación foco + contexto. De esta manera la metáfora de VIBE "mapea" una serie de documentos relevantes en función de los requerimientos impuestos por el usuario. VIBE ha sido implementado de forma experimental en lenguaje C y corre en entornos UNIX bajo X Window. Existe una versión demo de este sistema disponible en Internet llamada webVIBE (<http://www2.sis.pitt.edu/~webvibe/>). Con posterioridad se ha desarrollado un sistema con interfaz basado en web que trabaja en tres dimensiones, y que será tratado en el capítulo siguiente.

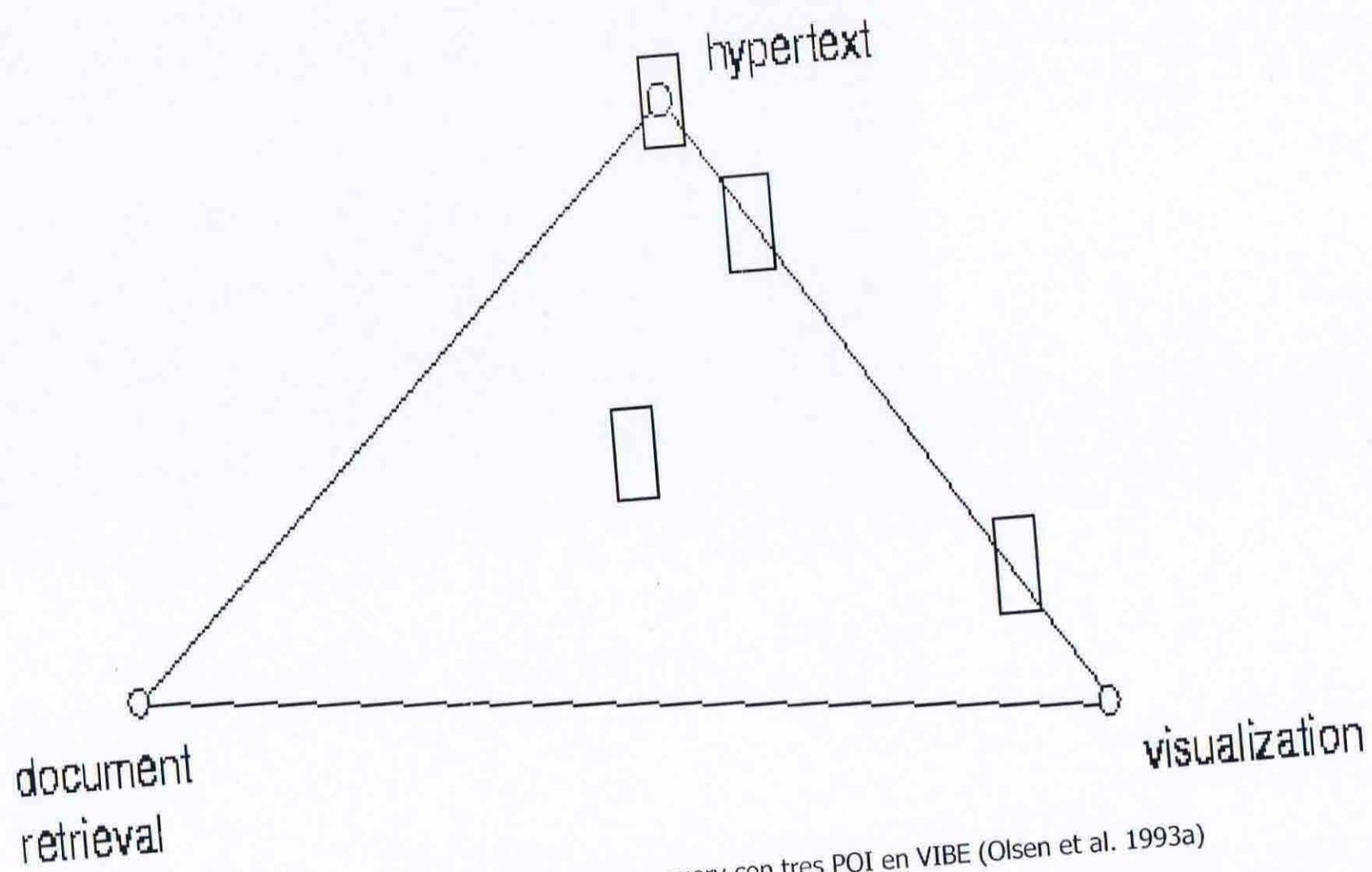


Figura 6.12 – Representación de una query con tres POI en VIBE (Olsen et al. 1993a)

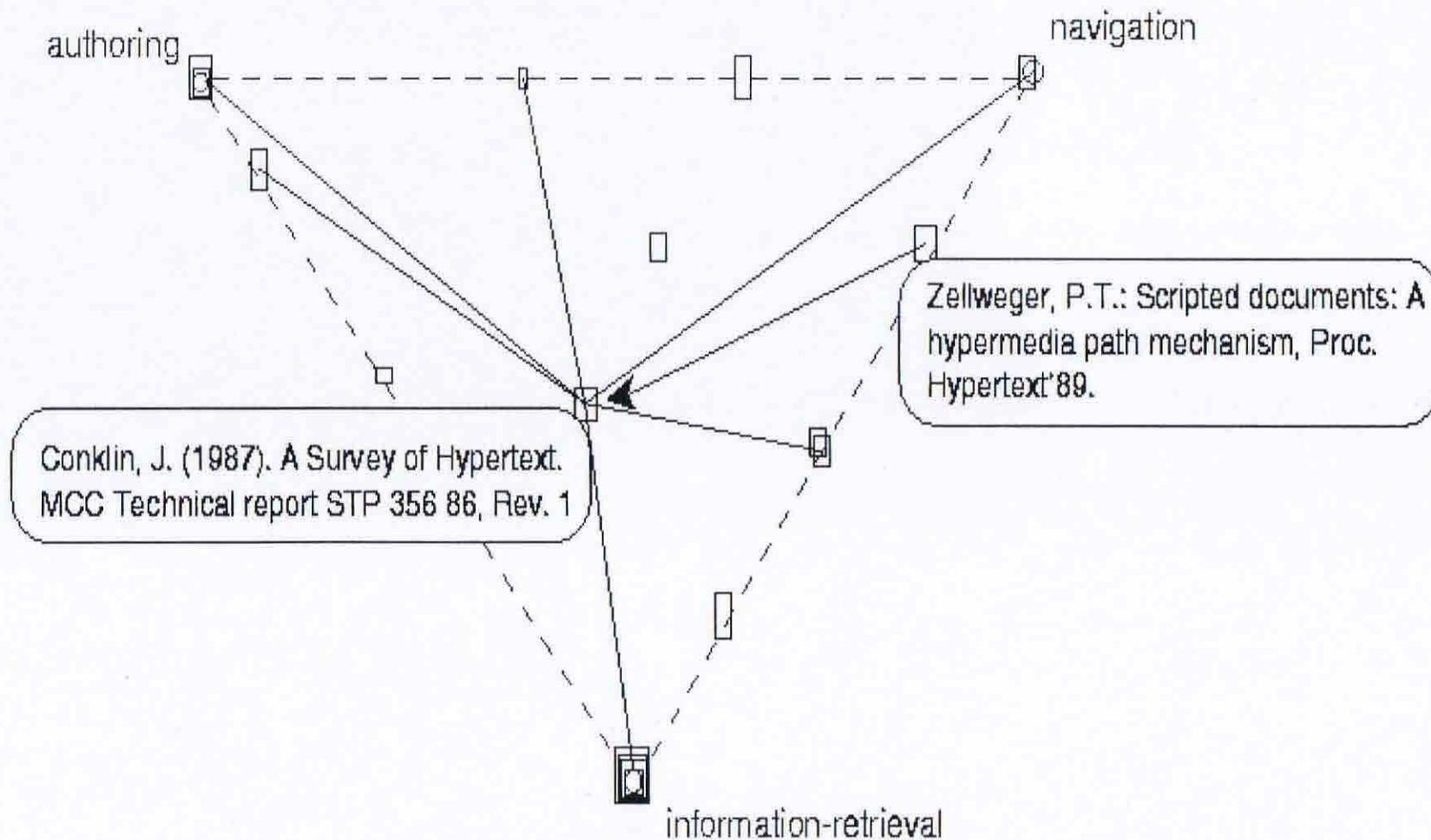


Figura 6.13 – Identificación de los documentos en VIBE (Olsen et al. 1993a)

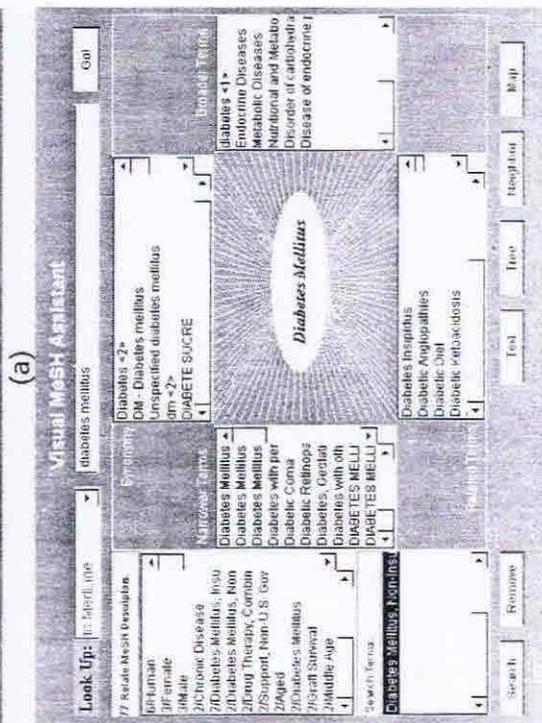
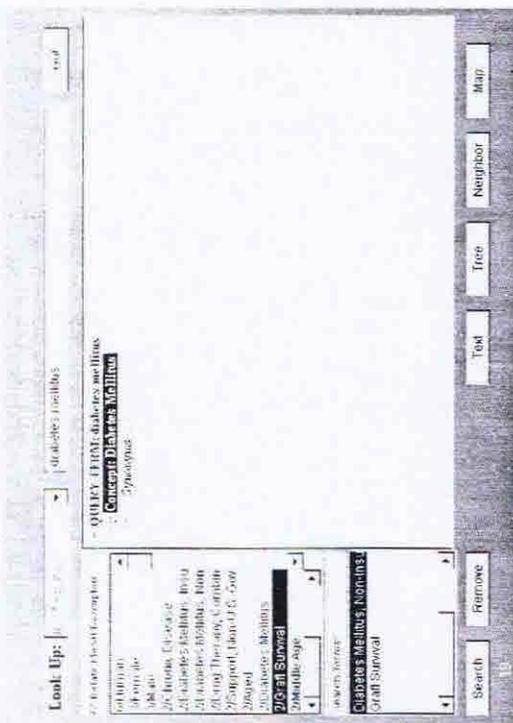
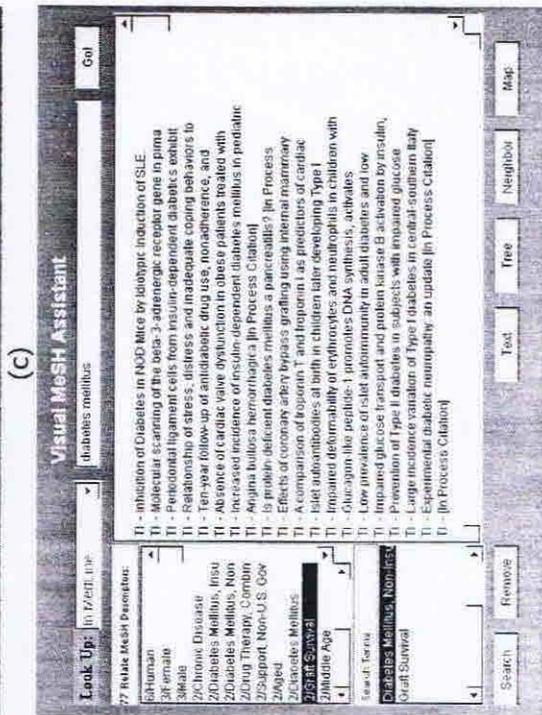
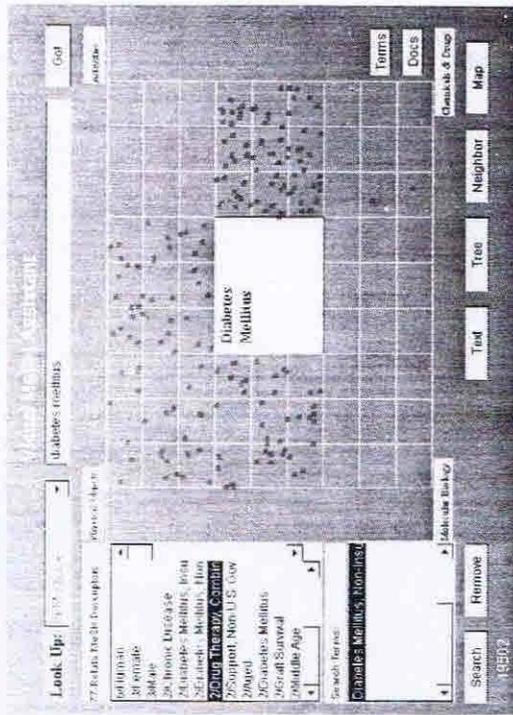


Figura 6.14 – Vistas del Visual MeSH (Lin et al. 1998)

#### 6.4.2.2. Visual MeSH

VisualMeSH es una aplicación de asistencia para la búsqueda en la base de datos MedLine. Trabaja mediante la utilización de un MetaThesaurus que ayuda a identificar los encabezamientos MeSH (Medical Subject Headings) relacionados con las necesidades de información del usuario (Lin et al. 1998). En la figura 6.14 vemos varias ventana del VisualMesh. En la parte superior cuenta con una caja de selección que permite optar entre MetaThesaurus y MedLine, además de una forma para introducir los términos de la *query*. Con la última opción (MedLine) es posible buscar directamente en más de 100 encabezamientos MeSH, mientras que el MetaThesaurus provee además una completa información sobre las relaciones de cada términos: genéricos y específicos, términos relacionados, co-ocurrencia de términos, etc. El interfaz permite visualizar la información de diversas formas (texto, árbol, vecindad y mapa), las cuales se seleccionan mediante los botones situados en la parte inferior de la ventana.

La vista de árbol (*tree view*) muestra la estructura MeSH de un término, de forma tal que se pueda apreciar claramente los términos genéricos (BT), términos específicos (NT), y términos relacionados (RT). Cada una de las ramas puede ser expandida o contraída para facilitar la navegación y exploración (figura 6.14a).

La vista de vecindad (*neighbor view*) presenta un área central y cuatro áreas periféricas. La primera corresponde al término seleccionado mientras las otras cuatro corresponden a: sinónimos (arriba), NTs (izquierda), BTs (derecha), y RTs (abajo). Cuando se selecciona alguno de los términos que se encuentran en las cuatro ventanas, este pasa a la ventana central y se establecen las nuevas relaciones. En el fondo, la

vista de vecindad maneja la misma información que la vista de árbol y solo cambia la forma de presentación (figura 6.14b).

La vista de mapa (*map view*) muestra dos tipos de representaciones, el mapa de términos y el mapa de documentos. En el mapa de términos se presenta la misma información que en las dos vistas anteriores, pero inscrita en una matriz bidimensional. A la izquierda del mapa aparecen varios puntos de colores que a su vez se corresponden con diferentes términos. Los iconos se pueden arrastrar hacia alguno de los cuatro vértices del mapa, al igual que en la aplicación VIBE. Una vez localizados los términos, se pulsa el botón *Docs* y aparecen los documentos de la búsqueda ordenados en función de su relación con cada uno de los términos ubicados en los vértices. Cuando se selecciona un documento determinado (punto rojo) se abre una ventana del navegador *web* y aparece la información del documento (figura 6.14c). Existe un último tipo de representación (texto), que consiste simplemente en la presentación de una lista con los documentos recuperados (figura 6.14d).

La aplicación Visual MeSH ha sido implementada mediante un *applet* Java, lo cual permite acceder al servidor desde un navegador *web* sin necesidad de que el usuario tenga que bajar e instalar un programa cliente *ad-hoc*. Para hacer más pequeña la aplicación, se ha utilizado una técnica de programación propia del Java llamada "invocación remota de métodos" (RMI) que permite transferir solamente la parte del *applet* que se va a utilizar en ese momento. De esta forma Visual MeSH evita convertirse en una pesada y lenta aplicación remota. Una demo de la aplicación se encuentra disponible en el *web* :

(<http://research.cis.drexel.edu/mesh/>)

## 6.5. Basados en líneas de tiempo

El segundo de los principios de Kay, Mackinlay y Snheiderman esta relacionado con la utilización de la variable tiempo. Como vimos en el capítulo anterior, la respresentaciones tienden a ser estáticas, como si fueran fotografías de un determinado contexto, aislándolo de sus estados anteriores y posteriores. Algunos esfuerzos como el de los mapas dinámicos de Leiden tienden a solucionar este problema, pero no parece que los VIRI adopten soluciones de este tipo. En este sentido el tratamiento de la variable tiempo se solventa con la utilización de líneas de tiempo en las que se insertan ciertos elementos de forma gráfica. Por otra parte, no existen demasiados ejemplos de este tipo de VIRI, por lo que solo hablaremos brevemente del más conocido, desarrollado bajo la dirección del propio Snheiderman.

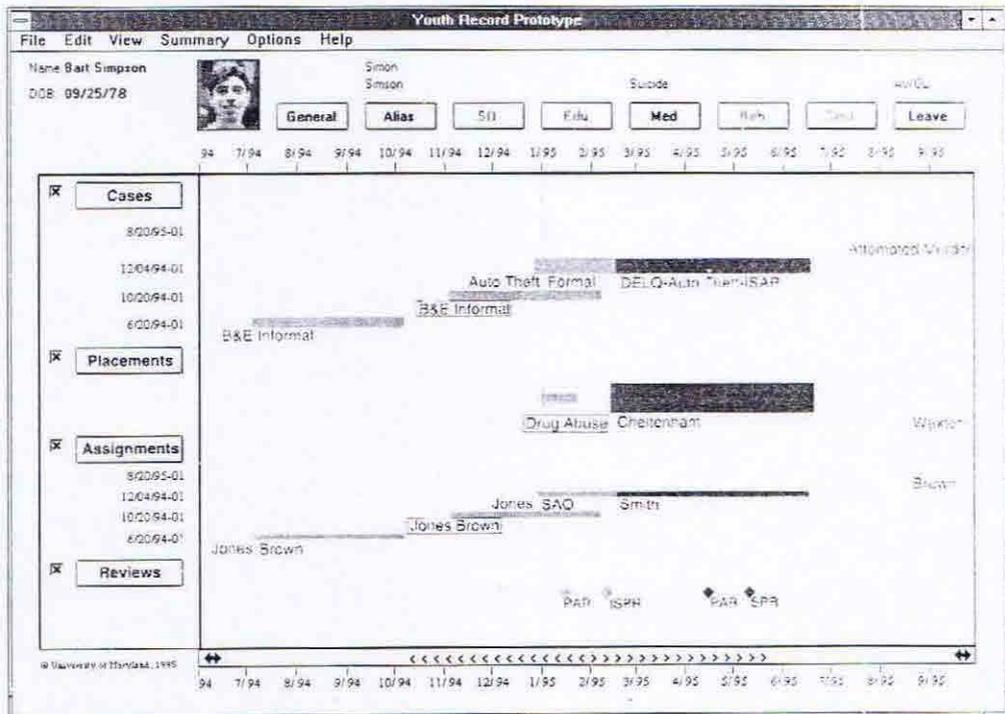


Figura 6.15 – LifeLines (Alonso et al. 1997)

### **6.5.1. LifeLines**

LifeLines consiste en un entorno de visualización de información personal que puede ser fácilmente implementado para gestionar historias clínicas, profesionales, y una amplia gama de aplicaciones biográficas (Plaisant. et al. 1996; Alonso et al. 1997; Plaisant., Shneiderman, & Mushlin-R 1998). Mediante una sola pantalla este interfaz permite la visualización de una gran cantidad de datos sobre un individuo. La información se presenta en forma de iconos que representan eventos a lo largo de la línea de tiempo, tal como se puede ver en la figura 6.15. El color y grosor de las líneas indican el grado de relación o significado entre eventos. La principal ventaja en la utilización de líneas de tiempo gráficas radica en la baja probabilidad de perder o ignorar información, así como también establecer relaciones entre más de dos variables. La presentación de los iconos sobre las líneas puede ser filtrada o superpuesta con otros datos externos al registro del individuo. Este interfaz ha sido implementado con éxito en diversos hospitales y en los tribunales de justicia juvenil. En el sitio *web* del proyecto se encuentran una serie de demos e información complementaria :

(<http://www.cs.umd.edu/hcil/lifelines/>).

### **6.6. Basadas en estructuras multidimensionales**

Los VIRI que hemos visto hasta el momento ponen énfasis en la presentación de estructuras relativamente simples de la información (jerarquías, redes, líneas de tiempo, etc.). Existe un nivel de estructura mucho más compleja, que ya hemos visto en el capítulo anterior, cons-

tituida por la cocitación de elementos. Este tipo de estructura, que llamamos multidimensional, refleja más sutilmente las relaciones de contenido entre los documentos que las estructuras ya tratadas en este capítulo, ya que trabaja bajo el principio de la similaridad entre elementos. Debido a que el tratamiento de las estructuras multidimensionales lo hemos hecho en el capítulo anterior, en este apartado nos limitaremos a describir los diferentes organizados por el método de visualización empleado: 1) basados en MDS, y 2) basados en RNA.

### **6.6.1. Basados en MDS**

Como ya hemos dicho, el MDS es uno de los métodos más utilizados para generar representaciones *offline* (mapas de la ciencia). La estructura de ordenación de elementos que logrará el MDS parece ser la más indicada para realizar una representación de un determinado dominio para ser evaluado por expertos. Sin embargo, no ocurre lo mismo con los VIRI, donde solo encontramos un ejemplo, el SCI-Map.

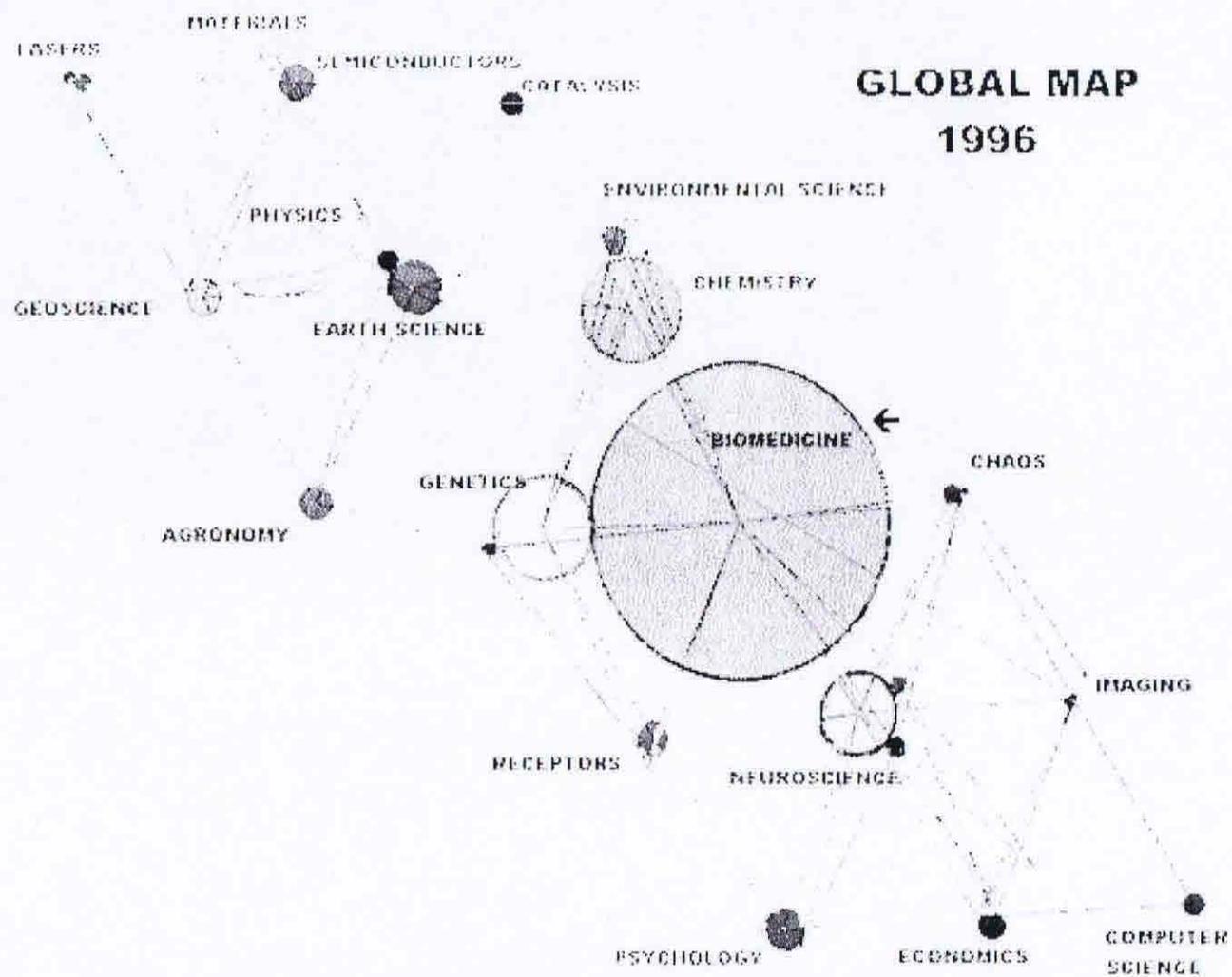


Figura 6.16 – Representación temática en SCI-MAP (Garfield 1998)

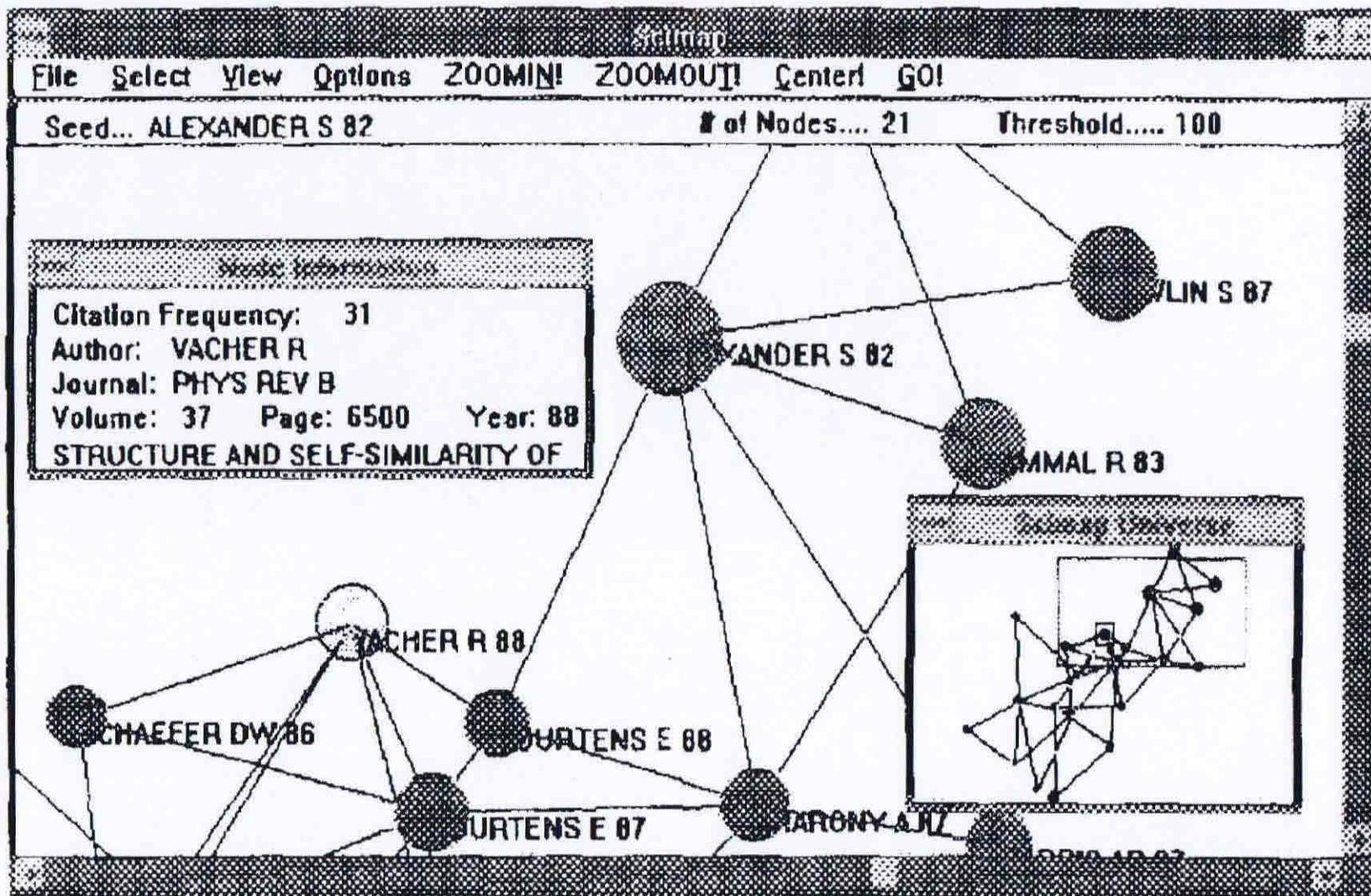
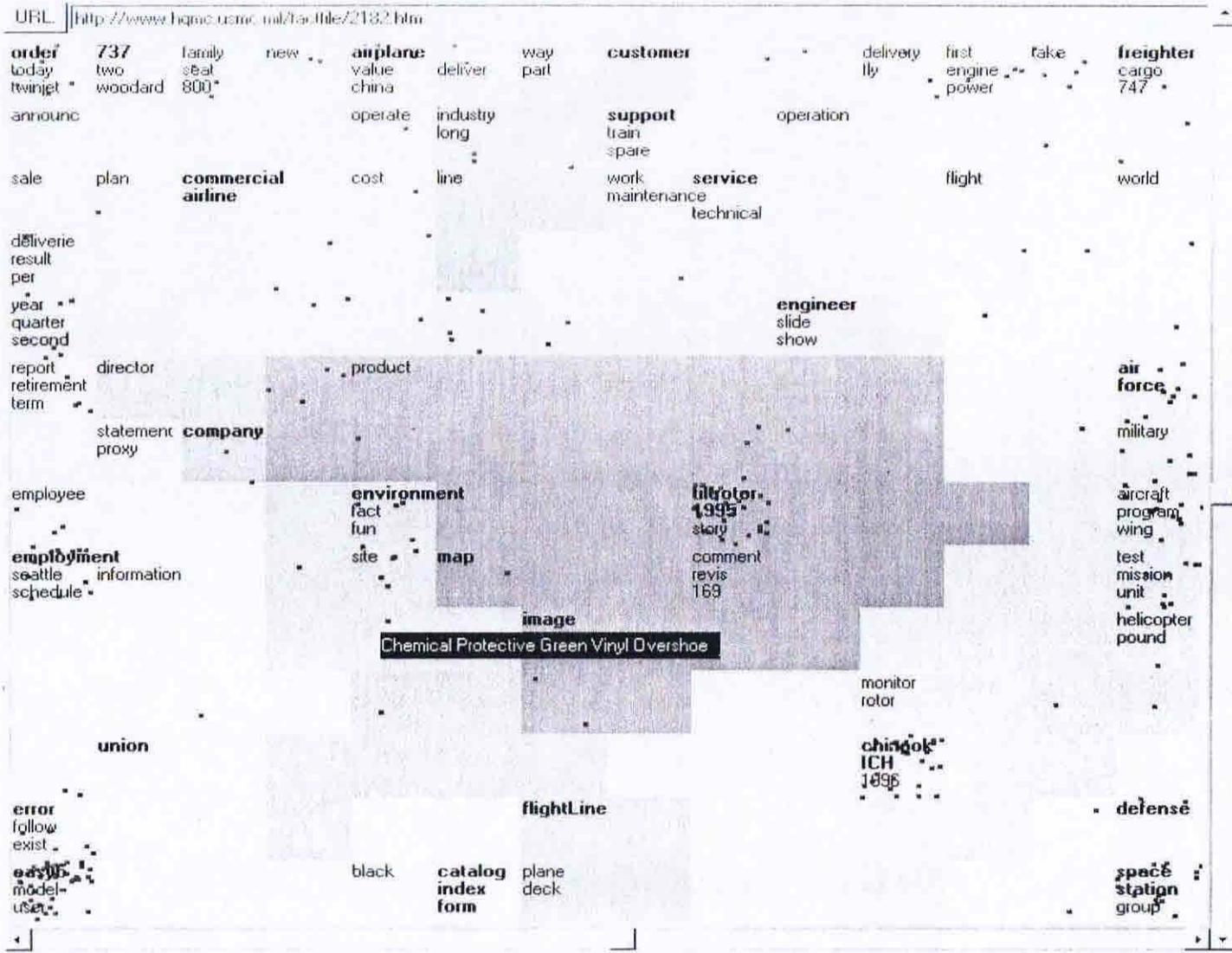


Figura 6.17 –Representación de autoría en SCI-Map (Garfield 1992)



6.18 –Sitemap (Lin 1997)

### 6.6.1.1. SCI-Map

La principal idea detrás de esta aplicación es la de llevar las ventajas de las representaciones *offline* al contexto de los VIRI. SCI-Map es un programa informático que fue desarrollado a principio de los años noventa por Henry Small en el Institute for Scientific Information (ISI) (Small 1994; Small 1997; Small 1998; Small 1999). En sentido estricto SCI-Map no es un interfaz aplicado a la recuperación ya que su principal aplicación es la de análisis y control de un determinado dominio temático, no obstante, constituye una herramienta muy útil a la hora de hacer *browsing* a través de las bases ISI.

SCI-Map trabaja en base a la cocitación entre documentos y presenta los diferentes *clusters* formados con la información. En un sentido estricto el programa no realiza MDS sino que aplica un *clustering* por triangulación. El resultado obtenido es bastante similar al MDS, con la ventaja añadida de que insume menos recursos de máquina. En la figura 6.16 se puede observar una representación generada con este programa, donde se aprecia la estructura temática general de la base SCI. Las esferas indican el volumen de cada cluster, mientras que las líneas refuerzan la relación de cercanía. Las representaciones globales no son tan comunes debido a que son difíciles de generar y de manipular por el usuario. El SCI-Map difiere de otros sistemas como VIBE porque no necesita, como este último, uno o más puntos de referencias introducidos por el usuario. En su lugar crea un mapa de documentos basado en la triangulación geométrica de los enlaces (citas) inter-documentales. El usuario puede optar entre diferentes algoritmos de *clustering* y entre diferentes valores para parámetros de citación y cocitación. SCI-Map ha sido implementado para entornos PC bajo Windows. En la

figura 6.17 tenemos una vista de la apariencia del programa. Los datos que presenta corresponden a un estudio de cocitación de autores. En el sitio *web* del ISI (<http://www.isinet.com>) puede encontrarse más datos sobre la aplicación.

## 6.6.2. Basados en RNA

Las representaciones basadas en RNA parecen tener una fuerte aceptación como algoritmos de ordenación de un VIRI. Este auge en la utilización de las RNA se debe exclusivamente a la características del SOM de Kohonen, que permite generar representaciones gráficas auto-organizadas de las más diversas colecciones de datos. A continuación haremos un repaso de cada una de ellas, deteniéndonos en nuestro propio desarrollo, el NeuroISOC.

### 6.6.2.1. Sitemap

Como ya hemos visto en el capítulo anterior, Xia Lin, especialista en la representación gráfica de la información (Lin, Liebscher, & Marchionini 1991), utiliza el SOM con el fin de generar una salida "visualizable" (*map display*) de una determinada colección de documentos (Lin 1995) (Lin 1997). Lin ha implementado su método para organizar y visualizar bibliografías individuales, mediante un VIRI que permite la representación y navegación de sitios *web*.

La aplicación se denomina Sitemap y trabaja como *applet* Java a través de un navegador *web* que soporte este lenguaje. En la figura

6.18 vemos una representación de un sitio *web* generada mediante Sitemap. El sistema analiza uno a uno todos los enlaces del sitio, coleccionando información estadística como la frecuencia de palabras y convirtiendo cada página en un vector numérico. Los vectores servirán posteriormente para entrenar el SOM, cuya salida será un mapa bidimensional al cual se le añadirán etiquetas en función del análisis de co-ocurrencia de palabras.

En la representación los puntos corresponden a páginas *web*, siendo los azules páginas del propio sitio y los rojos enlaces a páginas externas. Cuando se sitúa el ratón sobre uno de los puntos aparece el título completo de la página, además de su URL en la ventana superior. Cuando se hace doble *click* sobre el punto se carga directamente la página en cuestión. El interfaz presenta además una serie de etiquetas y zonas de colores, con el fin de sugerir una suerte de clasificación de cada una de las áreas del mapa. La cantidad de etiquetas, al igual que la de puntos de colores, puede ser controlada por el usuario mediante unos controles deslizantes.

Este prototipo se encuentra disponible en el sitio web de la Universidad de Drexel (<http://faculty.cis.drexel.edu/sitemap/index.html>). Entre los ejemplos disponibles están los sitios web de: The Boeing Company, Yahoo (parcial), Excite (parcial), National Library of Medicine, entre otros.

### 6.6.2.2. WebSOM

Sobre la misma línea de Lin ha trabajado un grupo finlandés perteneciente al Centro de Investigación en Redes Neuronales de la Universidad Tecnológica de Helsinki, y dirigido por el propio Teuvo Kohonen. El grupo desarrolló WEBSOM, un sistema que permite ordenar automáticamente grandes masas de información en texto completo, con el fin de facilitar su exploración y navegación (*browsing*) (Kaski 1996) (Honkela & et.al. 1996a) (Honkela & et.al. 1996b) (Largus & et.al. 1996).

El potencial de este sistema ha sido demostrado en un estudio de caso donde se organiza los artículo del grupo Usenet "*comp.ai.neural-nets*". El tratamiento de este tipo de información es algo complicado debido a que, ha diferencia de los mapas de Lin donde se organiza información formal (artículo, ponencias, patentes, etc.), en los grupos Usenet se encuentran mensajes coloquiales, sin un formato específico, generalmente con errores ortográficos y sin corrección de estilo. No obstante, el sistema es capaz de ordenar temáticamente de forma satisfactoria más de 4.600 mensajes que contienen cerca de 1.200.000 palabras. Para ello utiliza un método que consta de los siguientes pasos:

- 1) Se toman los mensajes y se elimina la información no-textual. Los códigos especiales y las expresiones numéricas son tratadas mediante reglas heurísticas.
- 2) Para reducir el procesamiento computacional, se desestiman aquellas palabras que presentan una baja ocurrencia (menos de 50 veces) y son tratadas como entradas vacías.

- 3) Con el fin de enfatizar el tema de cada mensaje y reducir las variaciones erráticas causadas por los diferentes estilos de discusión, se eliminan las palabras comunes que no permiten la discriminación de tópicos. En el ejemplo de un total de 2.500 se remueven 800.
- 4) Con estas palabras se genera un primer mapa (SOM) de categorías de palabras (*word category map*). Estas son ordenadas en una retícula o mapa de dos dimensiones de acuerdo a sus relaciones, de forma tal que las palabras que tienden a aparecer en el mismo nodo (o en uno cercano), forman la misma categoría.
- 5) Este mapa es utilizado como un histograma que filtra la información de los documentos. Los autores definen al histograma como la "huella digital" de los documentos. Con la información filtrada y difuminada (*blurred*) se genera un segundo mapa (*document map*).

De esta forma, el producto final es un mapa como el de la figura 6.19, donde cada documento ocupa un lugar en el espacio en función de sus contenidos temáticos. Cada área del mapa refleja un contenido específico y los tópicos van variando levemente a lo largo del mismo. Las diferentes tonalidades refuerzan la noción de distancia entre los documentos: más oscura -> más lejanos, más clara -> más cercanos.

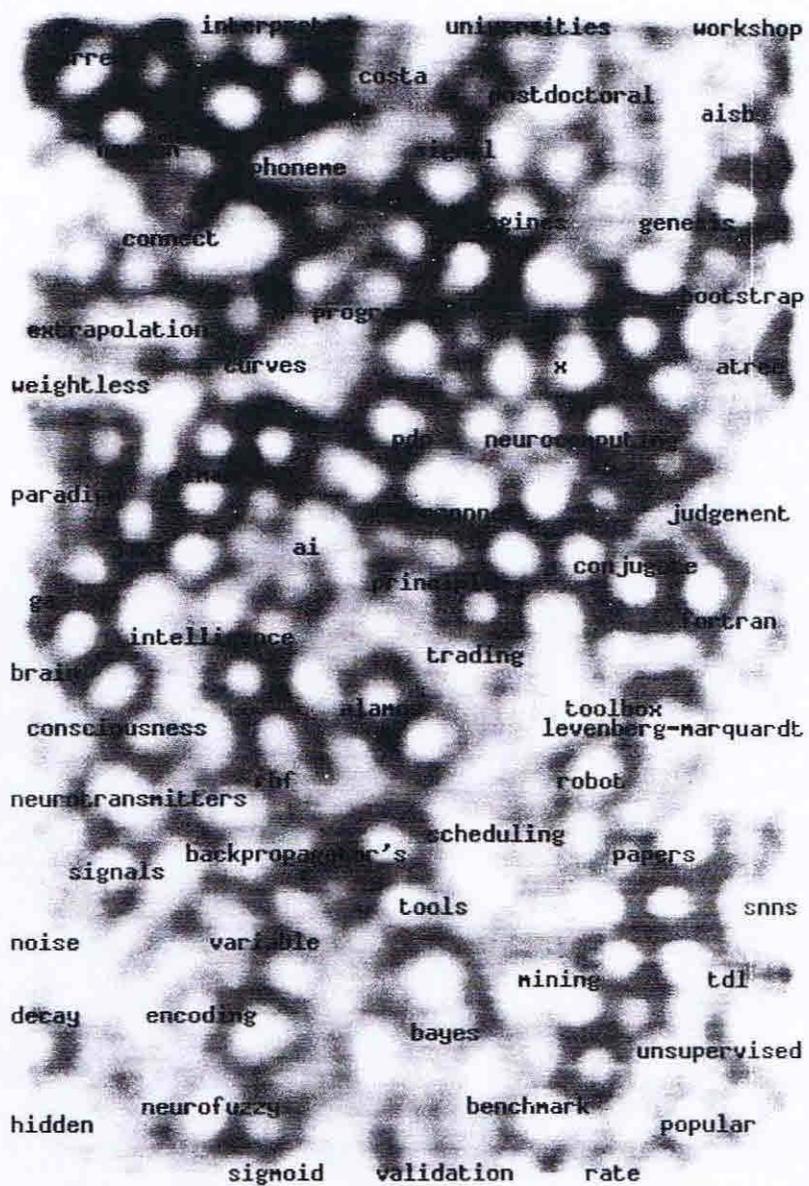


Figura 6.19 – Representación de un grupo Usenet con Websom (Honkela & et.al. 1996a)

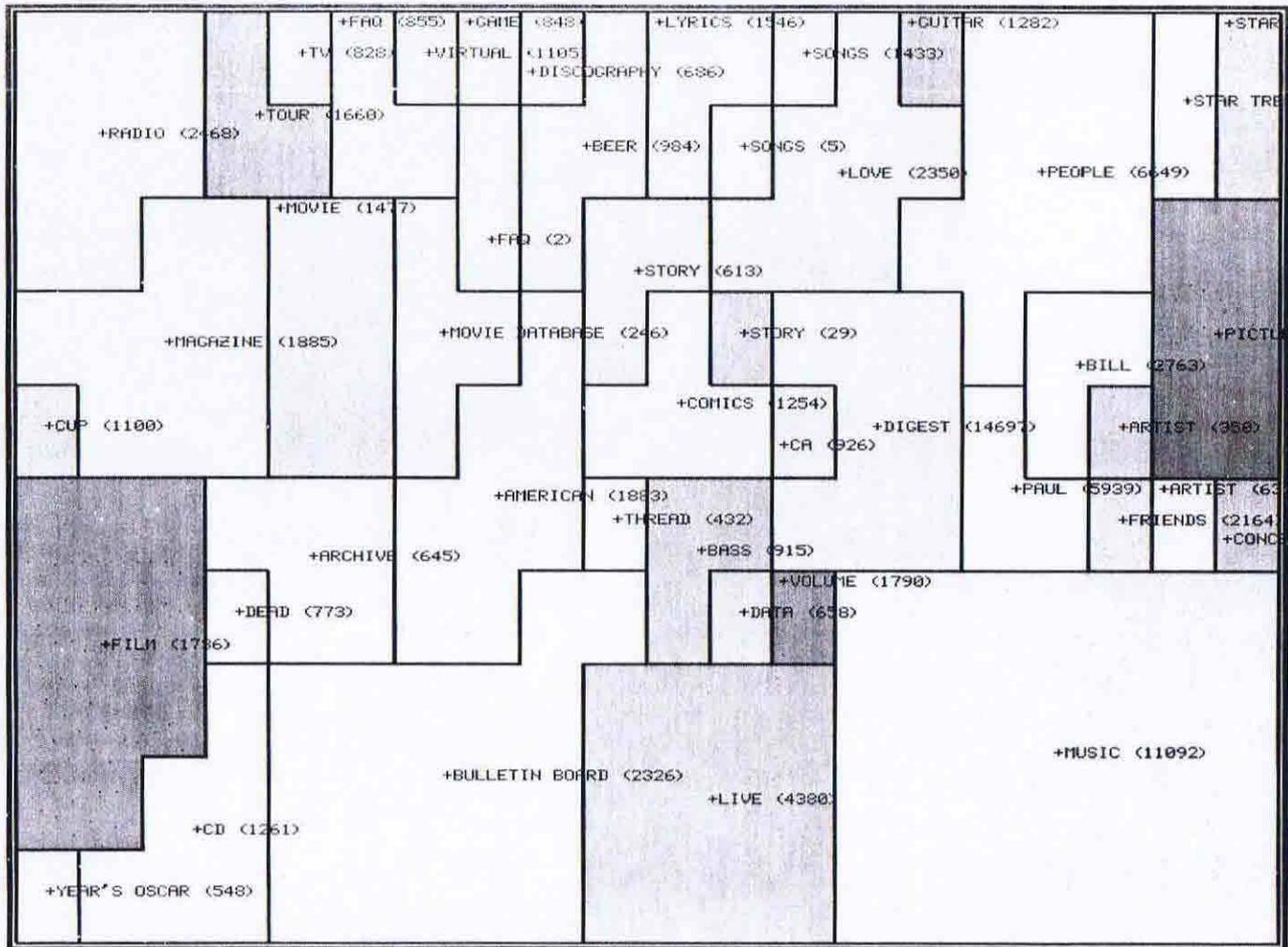


Figura 6.20 – ET-Map (Chen et al. 1998)

El interfaz de usuario para consultar el mapa no ha sido descuidado. Este se ha implementado en HTML y permite la exploración en cuatro niveles: 1) mapa global, 2) zona aumentada, 3) mapa de nodos, y 4) vista del mensaje. El nivel 1 nos presenta un mapa sensible con la totalidad del espacio documental. Si seleccionamos una región del mismo, esta aparecerá aumentada en un mapa similar (nivel 2). En este nivel, además, es posible "moverse" hacia áreas vecinas sin necesidad de volver al mapa general y gracias a una herramienta que indica mediante flechas el rumbo a tomar. Cuando seleccionamos una región de este segundo mapa, accedemos a una lista de los mensajes o nodos de dicha región. También es posible en este nivel trasladarse con las flechas de forma similar que en el nivel 2. Cuando encontramos un mensaje de nuestro agrado, simplemente lo seleccionamos y accedemos a él. Como puede observarse, la navegación a través del sistema es muy intuitiva, efectiva y sencilla. Este prototipo pueden ser visitado en: <http://websom.hut.fi/websom/>.

Finalmente, es importante destacar que para generar estos mapas es necesaria una gran potencia de cómputo. En este ejemplo los mapas han sido generados por un neurordenador masivamente paralelo CNAPS, utilizando el software SOM\_PAK (White, Lin, & McCain 1998). Este paquete es de dominio público y se encuentra disponible para las plataformas UNIX y MS-DOS en el propio servidor del proyecto. En dicho lugar se encuentra también un paquete de dominio público para la simulación de redes tipo LVQ (Kohonen & et.al. 1996).

### 6.6.2.3. ET-Map

Este prototipo es un sistema de categorización de sitios *web*. Ha sido desarrollado por el Grupo de Inteligencia Artificial de la Universidad de Arizona, con financiamiento de varias entidades gubernamentales estadounidenses. El sistema intenta brindar, de forma automática y escalable, una aproximación temática a la categorización y búsqueda de información de sitios web (Chen et al. 1998), aunque también se ha implementado para representar gráficamente la información que circula en los sistemas de reuniones electrónicas (EMS) (Orwig, Chen, & Nunamaker 1997).

En este proyecto se ha analizado el contenido de más de 110000 páginas *web* relacionadas con el campo del entretenimiento. Con dicha información, y valiéndose del modelo SOM de Kohonen, se construyó un mapa de dos niveles con diferentes regiones temáticas. En aquellas regiones que cuentan con más de de 100 URL, es posible acceder a un nuevo mapa más detallado. En el caso de las regiones con menos de 100 URL, al seleccionarlas solo se accede a una lista de ellos. El mapa se actualiza constantemente gracias a unos agentes (*spiders*) que rastrean la red, de forma similar a como lo hacen los servicios de búsqueda (Altavista, Lycos, etc.). Al margen de estos detalles específicos, el sistema es muy similar al Sitemap, aunque menos completo. El mapa se encuentra disponible en el sitio *web* de la universidad (<http://ai2.BPA.arizona.edu/ent/>).

## Capítulo 7

### Las representaciones tridimensionales

Los VIRI basados en metáforas tridimensionales han cobrado auge en los últimos tiempos. Existen en la actualidad muchos sistemas que se encuentran en fase de prototipo y que intentan explotar las capacidades de la realidad virtual (RV) para manipular datos complejos. En muchos casos se trata de programas que solo intentan "impresionar" al usuario, en lugar de aumentar su capacidad de interacción con los datos del sistema. Lo importante en estos casos no es crear una apariencia bonita y atractiva, sino dotar al usuario de una metáfora gráfica que le brinde un contacto más estrecho con la información.

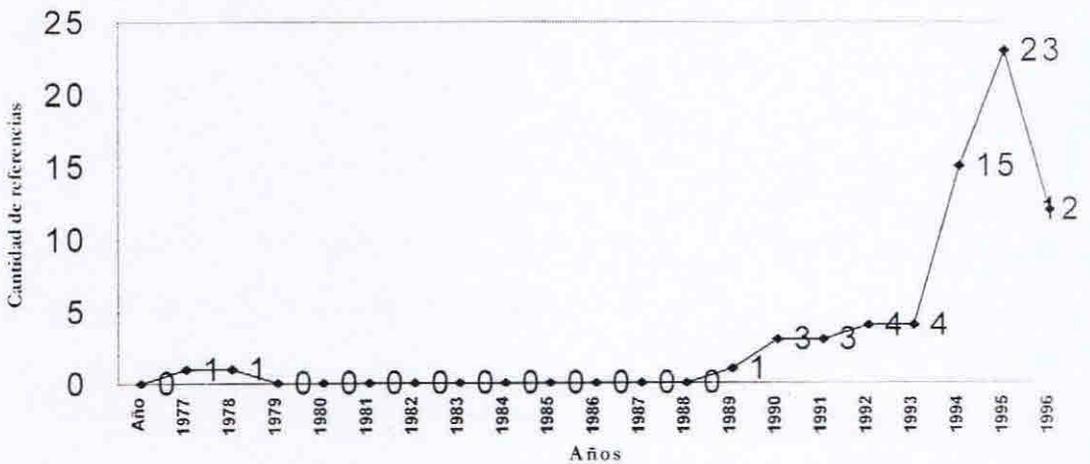


Figura 7.1 - Artículos sobre sistemas 3D en la base LISA

Esto es lo que plantea Piscitelli cuando propone la hipótesis de que la evolución de los ordenadores no estará centrada en la "inteligencia" de las máquinas, sino en potenciar la inteligencia del usuario a través de interfaces cada vez más íntimas e integradas (Piscitelli 1995). Si bien esta afirmación hace referencia principalmente a la realidad virtual, nosotros hablaremos genéricamente de técnicas de visualización tridimensional, cuyo concepto es más comprensivo.

Un rápido análisis a la bibliografía sobre 3D especializada en recuperación de la información, nos muestra que es todavía un campo emergente y fuertemente influenciado por otras disciplinas. En la figura 7.1 podemos observar un estudio que realizamos con la base de datos LISA, que nos muestra la distribución de artículos sobre el tema en los últimos años. La primer conclusión que podemos sacar es que estamos ante un tema nuevo, al menos para nuestra especialidad. Sin embargo, no es menos importante observar cuales son las fuentes que contienen estos trabajos. En el cuadro 6.1 podemos observar que una sola publicación del campo de la química, se lleva el 42% de la literatura. Solamente hay tres títulos que presentan más de dos artículos, y que corresponden a distintas áreas informáticas. No encontramos rastros de publicación especializadas como el *Journal of American Society of Information Science (JASIS)*, el *Journal of Information Science (JIS)* o el *Information and Processing and Management (IPM)*. Esto nos muestra claramente que el problema de los interfaces en 3D todavía no ha sido abordado seriamente en nuestra área de especialización.

Una rápida mirada a los 44 artículos del *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* nos muestra que la problemática que ocupa al área química no se encuentra centrada en el diseño de metáforas de visualización de información, sino en un problema más

específico: la representación tridimensional de los diferentes compuestos químicos (Gasteiger et al. 1996). Si bien en este campo se ha trabajado mucho, el aporte a nuestra área es muy tangencial.

Título de la publicación	Nº	%	Acu	% Acu
Journal-of-Chemical-Information-and-Computer-Sciences	44	42,31	44	42,31
Computer-Networks-and-ISDN-Systems	14	13,46	58	55,77
Artificial-Intelligence	5	4,81	63	60,58
Journal-of-Medical-Systems	3	2,88	66	63,46
CIT--Journal-of-Computing-and-Information-Technology	3	2,88	69	66,35
7 títulos con 2 documentos	14	13,46	83	79,81
21 títulos con 1 documento	21	20,19	104	100,00

Cuadro 6.1 - Resultados discriminados por título de publicación

Para abordar la presentación de las diferentes aplicaciones 3D de este capítulo, utilizaremos el mismo esquema de clasificación del capítulo anterior, al cual se le añadirá un nuevo grupo: el de los sistemas basados en metáforas de la vida cotidiana. El principal elemento a tener en cuenta en cada descripción es el aporte que brinda la tridimensionalidad a la representación de la información.

Las representaciones bidimensionales están fuertemente afianzadas y no necesariamente mejoran cuando se les dota de una dimensión más, incluso acarrea varios inconvenientes. En primer lugar consume muchos recursos de la máquina, debido a la potencia que es necesaria para generar un modelo espacial. Originalmente, solo unos pocos ordenadores caros, utilizados por grandes corporaciones o estudios cinematográficos, podían manejar modelos 3D de forma razonablemente fluida. Ultimamente, sin embargo, los ordenadores de la gama hogareña comienzan a tener la potencia mínima necesaria para visualizar de ma-

nera fluida entornos tridimensionales (Card, MacKinlay, & Shneiderman 1999).

Otro problema lo constituye el *hardware* utilizado para visualizar los modelos 3D. El más conocido es el de las gafas/casco y guantes interactivos (*dataglove*), que permiten introducirse en un entorno artificial (ciberespacio). Este tipo de interacción se denomina RV inmersiva y se opone a otra más sencilla, que está constituida por el manejo de modelos 3D a través de una pantalla de monitor corriente (RV plana). La RV inmersiva facilita el manejo de modelos tridimensionales sumamente complicados, aunque su implementación es complicada y costosa. Lo más común es contar con un entorno de RV plana, en el cual las ventajas propias de los modelos 3D de representación de la información muchas veces no es fácil de explotar. En este trabajo cuando hablemos de interacción con modelos 3D siempre nos estaremos refiriendo a la RV plana.

### **7.1. Basadas en técnicas artesanales,**

Como hemos visto en el capítulo anterior, los VIRI realizados manualmente (*hand-made*) son comunes en la red. Esto incluye a algunos que utilizan metáforas 3D. Siguiendo el mismo criterio que ya hemos tomado en el capítulo anterior, no nos detendremos en este tipo de interfaces.

## **7.2. Basadas en estructuras jerárquicas,**

En el capítulo anterior vimos como los VIRI intentan presentar la mayor cantidad de información posible mediante las metáforas jerárquicas. Allí destacamos que la metáfora de tipo árbol tenía serias limitaciones a la hora de presentar grandes volúmenes de información. Una de las soluciones que se han adoptado para solucionar este problema consiste en aumentar una dimensión para que el espacio disponible para presentar datos sea mayor. En esta línea se han inscripto las aplicaciones que describimos a continuación.

### **7.2.1. ConeTree**

El ConeTree (árbol cónico) no es una aplicación, sino más bien una metáfora que forma parte de una aplicación denominada Information Visualizer, diseñada en los laboratorios XeroxPARC a principios de los años noventa. (Card, Robertson, & MacKinlay 1991; MacKinlay, Robertson, & Card 1992; Robertson, Card, & MacKinlay 1993). El árbol cónico fue utilizado originalmente para visualizar la estructura de directorios en sistemas operativos UNIX (Robertson, MacKinlay, & Card 1991). El sistema permitía el acceso a través de la información del título de un determinado fichero o de su contenido. También podía ser visualizada la estructura completa, con más de 600 directorios y 10.000 ficheros. ConeTree fue posteriormente aplicado a otras tareas tales como: visualización del organigrama completo de la compañía Xerox, la representación del plan operativo de la misma, etc.

Como vemos en la figura 7.2, la metáfora se basa en el principio de aglomeración de la información. La tridimensionalidad cobra sentido aquí ya que permite solapar la información de las ramas, sin necesidad de perderla, y pudiendo acceder a ella con solo mover el árbol en el espacio. Otra ventaja que presenta el modelo es la posibilidad de discernir la estructura del árbol a través de las sombras que proyecta en el suelo de la representación. Además de la sombra, las ramas del árbol son dibujadas con un efecto de transparencia que permite entrever parcialmente las ramas ocultas.

La metáfora ConeTree no ha sido implementada solo por los investigadores del XeroxPARC, sino que también se ha utilizado en el proyecto LyberWorld. No entraremos aquí en detalles sobre este proyecto ya que será abordado más adelante en este mismo capítulo. No obstante, es importante destacar la adaptación del árbol cónico que podemos ver en la figura 7.3, y que han denominado NavigationalCone. La aglomeración de información se logra aquí mediante una especie de banda desplegable que envuelve al cono. De esta forma, los usuarios puede interactuar con el modelo de forma tal que desplegando la banda se tenga acceso a todos los ítems de información de cada cono/rama del árbol (Hemmje 1993; Hemmje, Kunkel, & Willet 1994; Hemmje 1995).

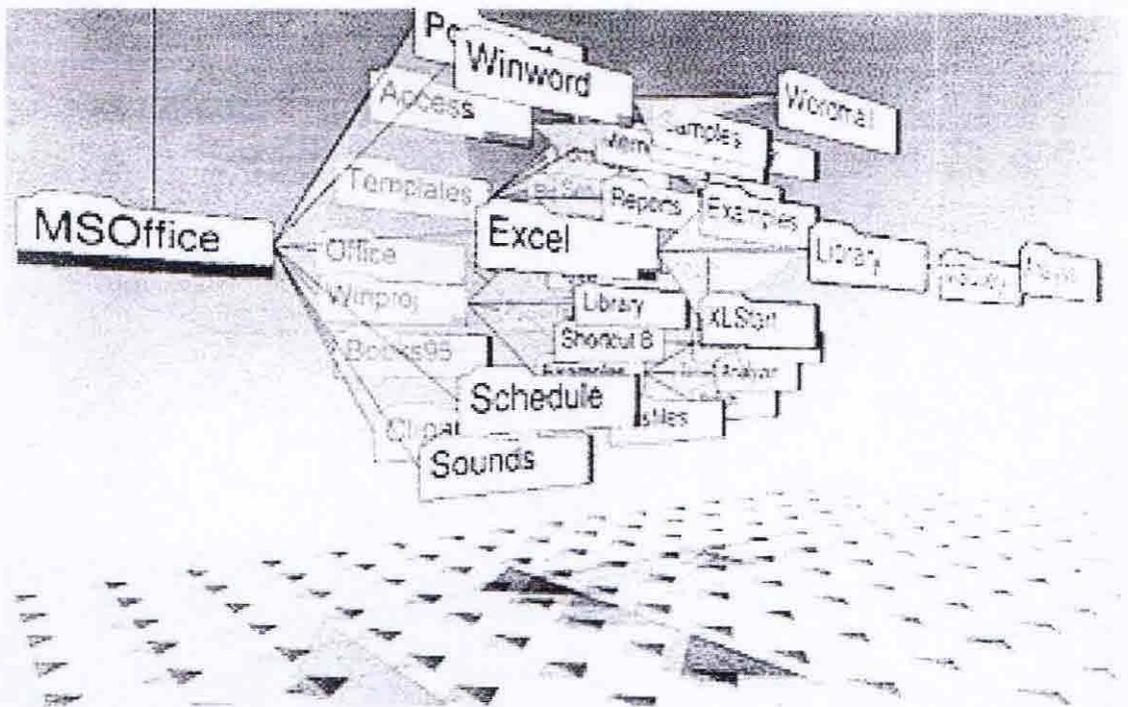


Figura 7.2 – ConeTree del Information Visualizer (Robertson, MacKinlay, & Card 1991)

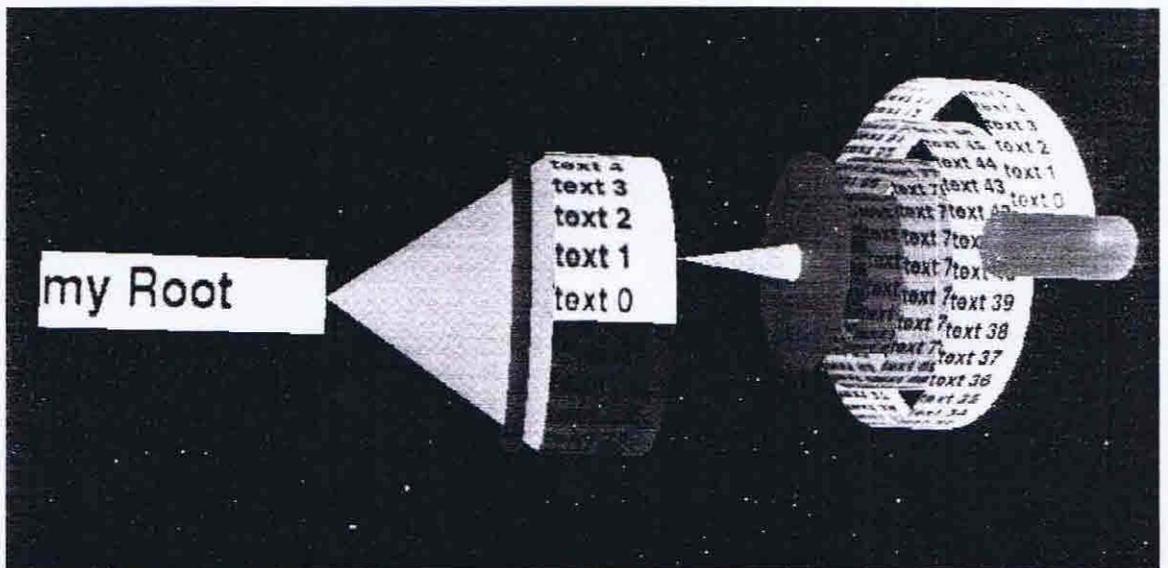


Figura 7.3 – NavigationalCone del LyberWorld (Hemmje 1995)

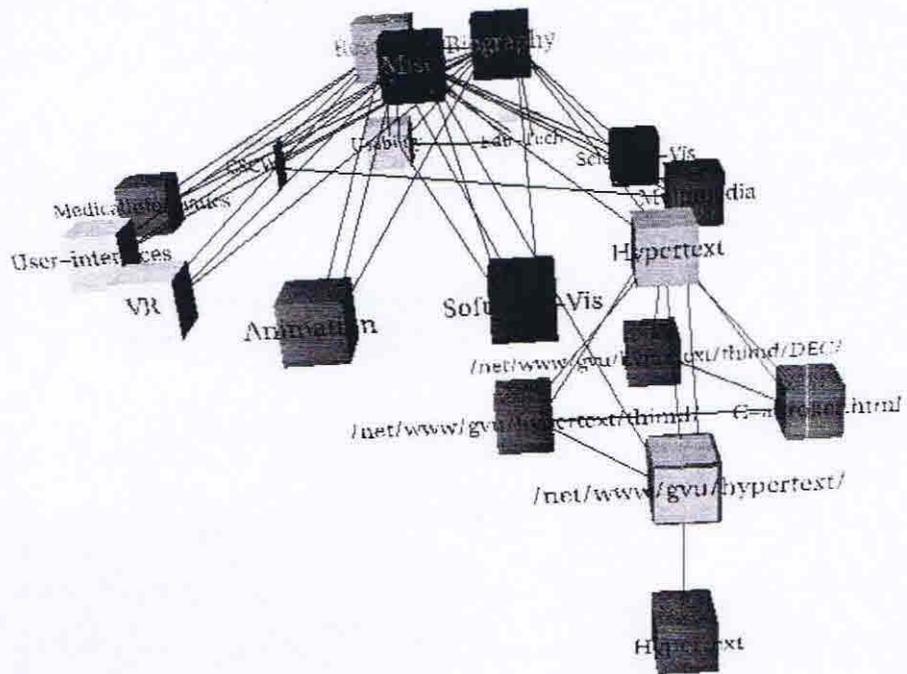


Figura 7.4 – NavigationViewBuilder (Mukherjea & Foley 1995)

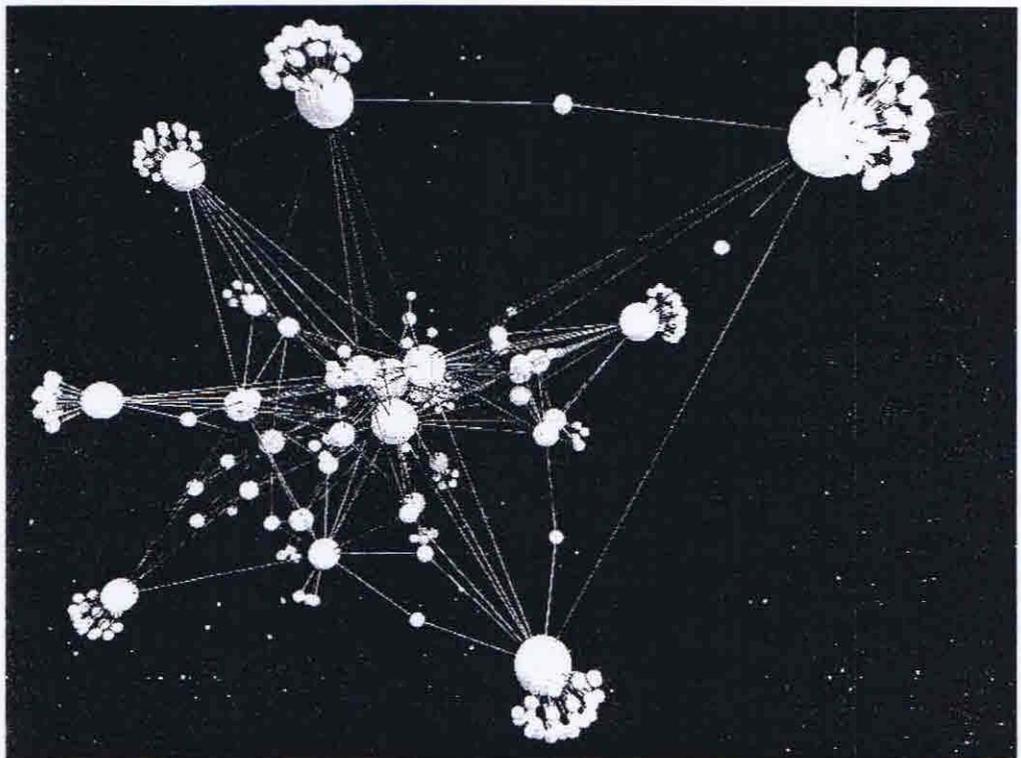


Figura 7.5 – HyperSpace (Wood et al. 1995)

### **7.3. Basadas en estructuras de red**

Las aplicaciones tridimensionales que intentan representar estructuras de red son varias. No obstante, la utilización de la tercera dimensión no aporta demasiado a estas representaciones, como ocurre en el caso de los árboles jerárquicos. La explicación de este fenómeno radica en el hecho de que en las representaciones de red, al no haber un centro o nodo de origen, las posibilidades de perderse son mayores.

Lo que sí permite un entorno 3D mejor que uno 2D es implementar una metáfora planetaria como representación. El segundo de los ejemplos de este apartado construye verdaderos sistemas planetarios con la información que extrae del *web*, guiado incluso por las verdaderas leyes físicas que rigen la astronomía.

Mención aparte merece la tercera aplicación, Butterfly. Este sistema se utiliza para representar las relaciones entre los artículos científicos contenidos en las bases de datos de citas. A diferencia de los dos anteriores, Butterfly no representa simples enlaces HTML sino que dibuja las relaciones intelectuales entre los trabajos citados. La naturaleza de este tipo de red es mucho más rica y complicada que la del *web*, por lo que nos detendremos en la descripción de esta aplicación.

#### **7.3.1. NavigationViewBuilder**

Esta es una aplicación un tanto antigua que tiene por objetivo guiar al usuario en la navegación a través del *web* mediante el programa Mosaic (Mukherjea & Foley 1995). Las representaciones generadas por la aplicación trabajan tanto en 2D como en 3D. En la figura

7.4 podemos ver una representación generada 3D. Uno de los problemas que se plantearon los autores de la aplicación es el de la representación de grandes cantidades de páginas *web*. La forma más común es la de representar cada página *web* mediante un nodo, aunque en algunos casos la cantidad de nodos puede ser alta y la visualización de la estructura complicada. Por ello la aplicación realiza algún tipo de *clustering*, con el fin de que varias páginas puedan ser representadas por un solo nodo.

Uno de los tipos de *clustering* disponibles es el basado en la estructura de sitio *web*, de tal forma que todas las páginas que dependen de una determinada rama se resuman en un solo nodo asociado a esa rama. La otra forma de *clustering* es el basado en contenidos, aunque los autores indican que la posibilidad de determinar el contenido de una página requiere de potentes herramientas de análisis de texto. Por lo pronto, la aplicación permite la agrupación de páginas por criterios relativamente fáciles de determinar, como por ejemplo representar con un solo nodo todas las páginas escritas por el mismo autor. La reducción en la cantidad de nodos visualizables no solo se puede realizar mediante el *clustering*, sino que también se logra mediante el filtrado de aquellos nodos que no se desean ver. Las técnicas de filtrado son iguales a las dos del *clustering* (por estructura y por contenido), más una tercera, basada en los propios enlaces.

Navigation ViewBuilder es una aplicación experimental en la cual por lo visto no se ha seguido trabajando. Su representación de la estructura de red es un tanto confusa y la utilización de la tridimensionalidad no parece aportar claridad a las representaciones. Sin embargo, los métodos de *clustering* y filtrado son aproximaciones interesantes a la hora de resolver la presentación de gran cantidad de información. Los

autores afirman que estas tareas se verían enriquecidas con la introducción de los entonces novedosos metadatos. No obstante, creemos necesaria una evaluación de contenido que no dependa de los metadatos y que trabaje con el texto completo de los documentos de la red.

### 7.3.2. HyperSpace

Hyperspace es un interfaz basado en el modelo Narcissus, desarrollado por el Advanced Interaction Group (AIG) de la Universidad de Birmingham, y que tiene como objetivo la organización tridimensional de la información a través de los enlaces de las páginas *web* (Hendley et al. 1995). Para ello representa las páginas mediante esferas de diferente tamaño y los enlace con simples líneas, tal como podemos apreciar en la figura 7.5. De esta manera, se forma una suerte de galaxias y constelaciones de esferas de distinto tamaño unidas por líneas, presentando una metáfora espacial típica. Cada esfera se comporta como un planeta, cuanto más grande más atracción ejerce sobre las esferas más pequeñas. De esta forma y mediante unos sencillos principios físicos (atracción y repulsión planetaria), se genera un representación de red fácilmente explorable por el usuario. (Wood et al. 1995).

La metáfora de planetas se puede observar en una pequeña ventana mientras que en otra se tiene el navegador *web* funcionando. Cuando una esfera es seleccionada, la página *web* correspondiente aparece en la ventana del navegador. El sistema se encuentra en fase experimental, por lo que se echan en falta algunas herramientas complementarias que faciliten la navegación e identificación de cada nodo. Lo cierto es que fuera de representar el volumen de las páginas más

importantes y sus enlaces "satelitales", la aplicación aporta muy pocas ventajas a la navegación.

El interfaz se conecta con el servidor de la base de datos mediante el protocolo KQML, y está programado en un entorno diseñado por Sun Microsystems denominado SELF (Drew & Hendley 1995). En el sitio web del proyecto (<http://www.cs.bham.ac.uk/~amw/hyperspace/>) se puede bajar una versión demo de la aplicación para entornos UNIX.

### **7.3.3. Butterfly**

Butterfly es una aplicación diseñada en XeroxPARC y cuyo objetivo consiste en visualizar la información de las bases de datos de citas del ISI: Science Citation Index (SCI) y Social Science Citation Index (SSCI), disponibles a través de Dialog y vía Internet, aunque también sirve para acceder a la base de datos IEEE Inspec (MacKinlay, Rao, & Card 1995).

Esta aplicación integra la búsqueda, exploración y gestión de la información a través de redes lentas como Internet. Para ello, Butterfly se basa en cuatro ideas claves:

- 1) Visualización de citas y referencias: cada artículo de la base de datos se representa como un objeto con dos alas, una de las alas está compuesta por las referencias que ha hecho el trabajo, mientras que la otra ala está compuesta por las citas recibidas. Los autores denominan a estos objetos "mariposas" (*butterflies*), y su objetivo es lograr una visualización interactiva en 3D de estas mariposas de forma

tal que el usuario pueda hacer *browsing* de la información yendo de mariposa en mariposa a través de sus alas.

- 2) Generación de enlaces a través de *querys*: Dialog es un sistema basado en búsquedas (*querys*) que da pocas facilidades para realizar *browsing*. Por esta razón, la aplicación genera automáticamente las *querys* necesarias para ampliar la representación gráfica a través de las alas: busca otros trabajos del autor, otros registros de la misma revista, los registros referenciados, los de las citas, etc.
- 3) Procesos de búsqueda asincrónicos: con las búsquedas generadas automáticamente, la aplicación construye los objetos y los enlaces necesarios para que el usuario pueda navegar a través de la trama de la red existente en el SCI y el SSCI. El rendimiento del sistema en este punto es crítico dependiendo de la cantidad de enlaces existente en cada registro. Por ello se someten las *querys* al sistema de forma asincrónica, de forma tal que el usuario no necesite que todas las *querys* sean devueltas para comenzar a navegar el modelo generado.
- 4) Control del proceso por el usuario: debido a las demoras existentes, el usuario puede no querer cargar todas las referencias de un registro y directamente saltar a sus citas. La aplicación permite en todo momento que el usuario controle estos procesos, de forma tal que pueda optimizar la transferencia de información útil.

En la figura 7.6 tenemos una vista del interfaz de Butterfly. En ella encontramos diversos elementos:

- 1) Fuentes (*sources*): Son las bases de datos disponibles, en este caso SCI, SSCI e Inspec. Cada base de datos está asociada a un color, de forma tal que los colores con que aparecen coloreados los objetos de la representación (registros, citas, etc.) se puedan asociar rápidamente a su base de origen.
  
- 2) Pirámide de resultados (*results pyramids*): una pirámide cuyo vértice mira al usuario, se utiliza para presentar los resultados de una determinada búsqueda. Uno de los problemas que se encontraron los autores fue que la lista de registros recuperados variaban sustancialmente de una búsqueda a otra, por lo que optaron por presentar los resultados progresivamente. En la figura 7.6 vemos que en la pirámide se visualiza el quinto de siete registros correspondiente al autor Card, mientras que por el color sabemos que los registros provienen del SCI.
  
- 3) Mariposa (*butterfly*): la búsqueda de Card en la figura 7.6 esta representada como una mariposa. La cabeza de la misma está compuesta por los datos del título, autor, año y revista. El resto de la mariposa esta compuesto por un cuello, un cuerpo y dos alas. Las alas listan las referencias hechas a la izquierda y las citas recibidas a la derecha. Los items listados en cada ala se denominan venas, y están limitados a 22 para no dificultar su visualización. Si alguna de estas venas es seleccionada, se activa un procedimiento mediante el cual la referencia o cita pasa a ser el registro central, generándose la nueva mariposa correspondiente. Los colores y formas de la venas comunican cierta información al usuario: las citas de tonos oscuros

han sido recientemente visitadas por el usuario, las de color púrpura han sido visitadas desde el registro actual, el largo de las barras indica el orden de visita (cuanto más larga, más reciente es la visita), y el largo de las barras amarillas en las referencias indican el número de citas (registradas en las bases ISI) para cada una de estas referencias.

- 4) Mariposas enlazadas (*linked butterflies*): Los registros potencialmente seleccionables a través de las referencias y citas aparecen a los costados como mariposas con las alas plegadas. Si se seleccionan, se activa el proceso de búsqueda y generación de la nueva mariposa.
- 5) Nube de puntos (*scatterplot*): en la parte superior derecha aparece una nube de puntos 3D que representa artículos en función del tiempo. Esta representación puede cambiarse mediante varios controles, y su principal objetivo es mostrar las complejas relaciones de citación de los artículos. En la figura las relaciones del registro central con sus citantes aparece en color rojo.
- 6) Pilas (*piles*): Los objetos que se encuentran debajo de la mariposa son pilas de registros seleccionados por el usuario. De esta forma puede "recordar" los registros que le han parecido interesantes para trabajarlos posteriormente o crear un grupo con ellos. El registro se envía a la pila haciendo doble click sobre la cabeza de la mariposa respectiva. La información de la pila puede grabarse en el disco o puede generarse con ella una salida de los registros formateados hacia otras aplicaciones de gestión bibliográfica.

- 7) Control de procesos (*proccess controller*): En la parte superior izquierda aparecen unos botones que permiten controlar el proceso asincrónico de búsqueda, tal cual lo hemos explicado más arriba.

Butterfly constituye un interfaz único para la gestión de bases de datos de citas. Lamentablemente, y a pesar del tiempo transcurrido desde su presentación, no se ha implementado una versión comercial de la aplicación, ni una demo operativa, por lo que no podemos probar las bondades de su entorno 3D, aunque la idea original es muy buena.

#### **7.4. Basadas en estructuras de query,**

Los sistemas aquí reseñados brindan una idea del contenido de los documentos en función del lugar que ocupan en el espacio. Es por ello que la introducción de la tercera dimensión brinda un grado de libertad mayor y enriquece la organización de los documentos. Sin embargo, se corre el riesgo de que la representación pierda claridad y que la ventaja anterior termine siendo desdibujada por una metáfora confusa y complicada.

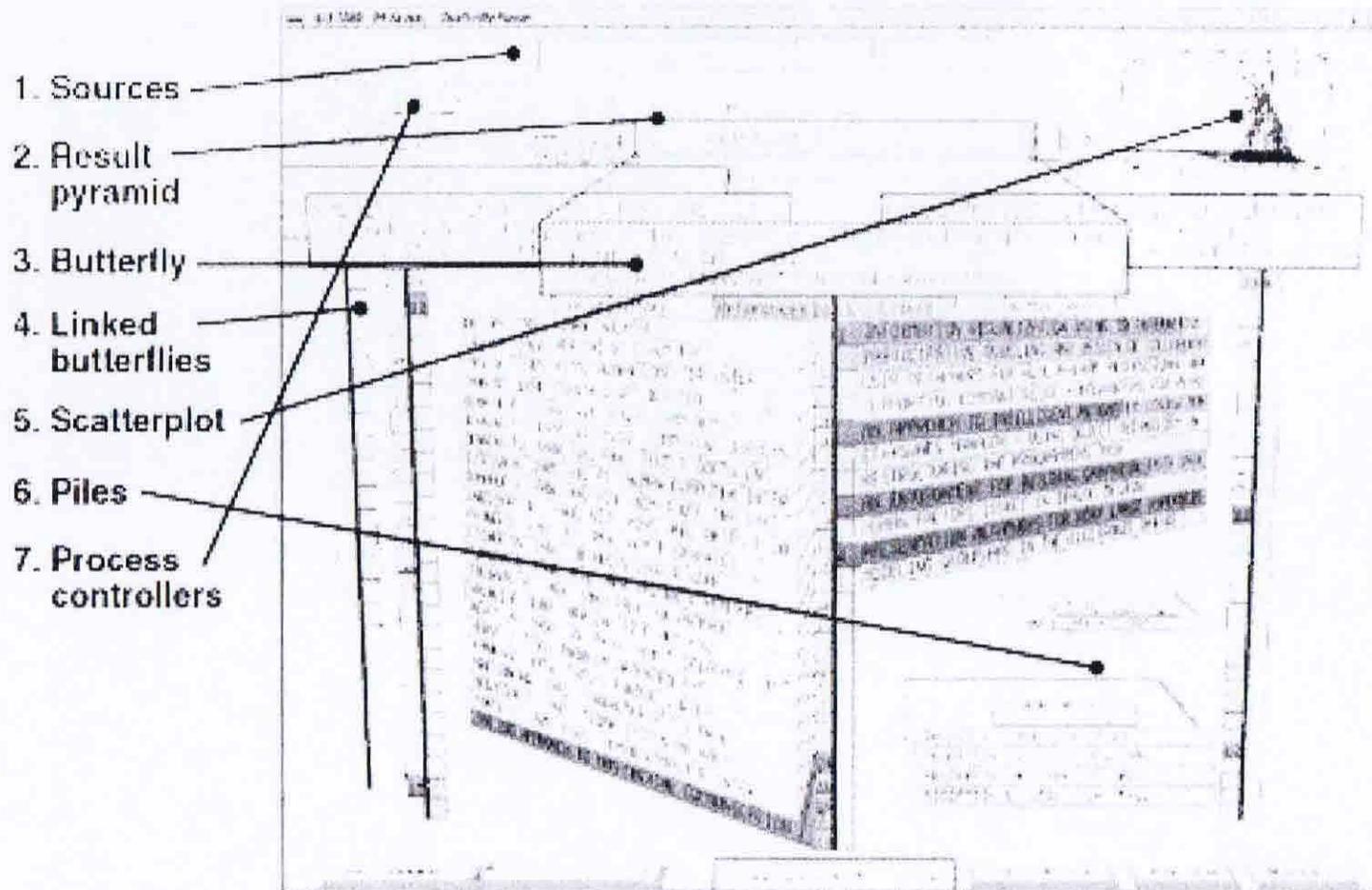


Figura 7.6 – Butterfly (MacKinlay, Rao, & Card 1995)

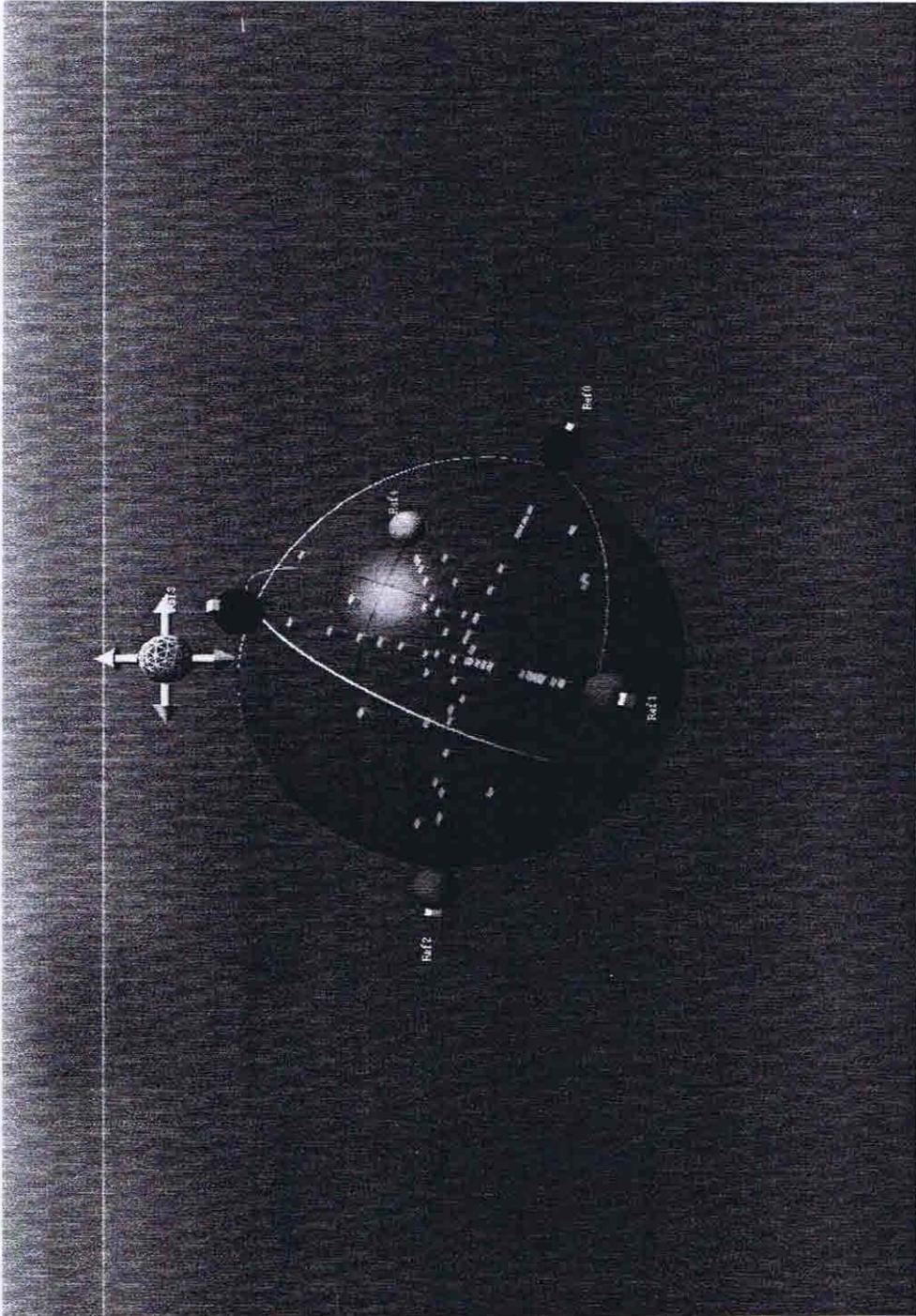


Figura 7.7 – RelevanceSphere de LyberWorld (Hemmje 1995)

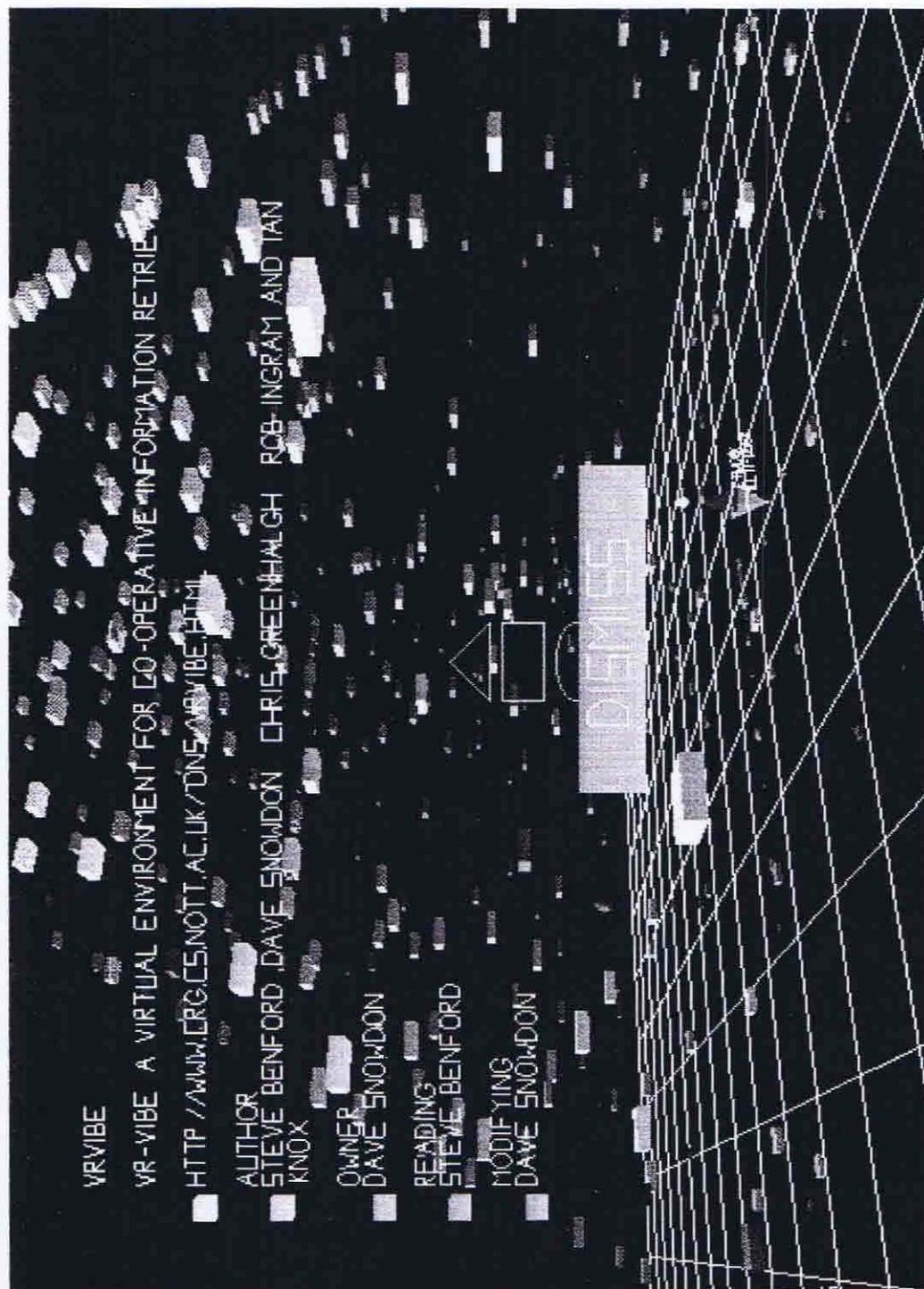


Figura 7.8 – VR-VIBE (Olsen et al. 1993a)

### 7.4.1. LyberWorld

Esta es una aplicación que cuenta con dos metáforas tridimensionales, el ya mencionado cono de navegación (NavigationalCone), y la esfera de relevancia (RelevanceSphere) (Hemmje, Kunkel, & Willet 1994; Hemmje 1995). Los conos de navegación están dirigidos hacia las tareas de *browsing*, mientras que las esferas de relevancia están dirigidas hacia la búsqueda por interrogación. LyberWorld es un interfaz de usuario desarrollado para un sistema probabilístico de recuperación en texto completo llamado INQUERY (Hemmje 1993). Hemmje afirma que los sistemas de recuperación de la información (RI), presentan un problema grave que dificulta la comunicación hombre-ordenador: el usuario es incapaz de estimar en que medida su necesidad de información ha sido satisfecha, ya que no puede evaluar la relevancia del resultado a simple vista y sin esfuerzo (*low cognitive effort*). Supuestamente el interfaz de navegación de LyberWorld reduce significativamente este problema, gracias a la utilización de dos sus metáforas tridimensionales.

Las esferas de relevancia son utilizadas para organizar de forma espacial un determinado grupo de documentos recuperados mediante una búsqueda (*query*), dependiendo de su grado de relevancia. En la figura 7.7 podemos apreciar una de estas esferas. Los bloques verdes que se encuentran en su interior representan a los documentos seleccionados mediante la ecuación de búsqueda. La posición que ocupa cada bloque dentro de la esfera semitransparente depende del grado de relevancia del mismo. Para establecer la relevancia se utiliza un principio similar al del sistema VIBE, cada una de las esferas pequeñas que se encuentran sobre la principal representan un término o grupo de términos de búsqueda. Cada término atrae en mayor o menor grado a cada do-

cumento, por lo tanto, aquellos documentos que se encuentren más cerca del centro de la esfera serán más relevantes a todos los términos de la búsqueda. En cambio, cuando un documento este cerca de una esfera pequeña, y por tanto de la superficie de la esfera principal, más segado estará su contenido hacia el término que representa la esfera pequeña. De esta forma, es posible tener a simple vista una idea general del contenido de cada documento/bloque, como ocurre con los 100 de la figura.

Un aspecto interesante del sistema es que trabaja con formatos estándar, como es el caso del VRML. En el sitio *web* de la Universidad de Darmstadt se encuentra bastante información complementaria, al igual que una demo operativa que funciona en entornos Silicon Graphics. Además, se puede acceder a esferas de prueba generadas en formato VRML (<http://www.darmstadt.gmd.de/~hemmje/Activities/Lyberworld/>).

#### **7.4.2. VR-VIBE**

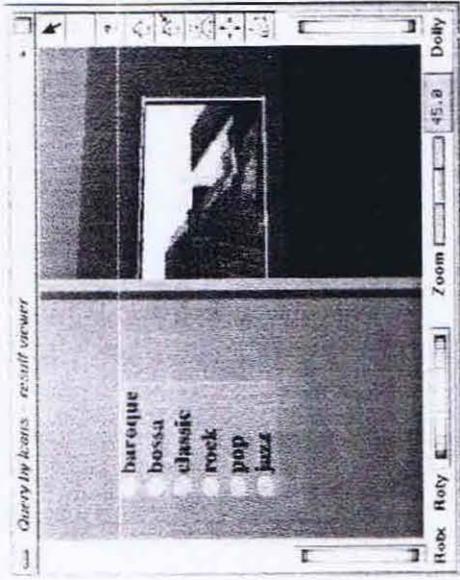
Esta aplicación es una ampliación del proyecto VIBE que hemos visto en el capítulo anterior, desarrollada en la Universidad de Nottingham. VR-VIBE es un entorno tridimensional y multiusuario para visualizar colecciones de documentos (Benford et al. 1995; Snowdon & Jää-Aro 1997). La representación, al igual que en el caso de VIBE, se organiza a través de los puntos de interés (POI). Los POI son útiles para establecer la relevancia relativa de cada documento con cada término de la búsqueda. También existen indicadores de relevancia absoluta, el tamaño y el brillo, de forma tal que cuando un bloque (documento) es más grande y brillante se lo considera como más relevante.

Sobre las características generales de la aplicación no entraremos en detalle, ya que son muy similares a las de VIBE. No obstante, la aplicación presenta dos diferencias importantes: la tridimensionalidad y el entorno multiusuario. El espacio 3D permite organizar con más libertad los POI y documentos, y es posible navegar la representación interactuando con cada uno de los objetos de la metáfora. Como podemos apreciar en la figura 7.8, el efecto del entorno 3D lejos de clarificar la representación, la complica aún más. El esquema bidimensional de VIBE es mucho más claro que el modelo 3D de VR-VIBE. Esto puede ocasionar frustración en aquellos usuarios que no logran manejar satisfactoriamente el interfaz.

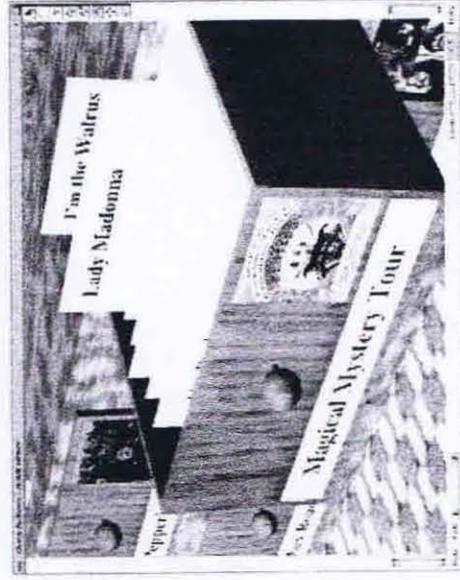
Lo que si consideramos como un verdadero avance es la posibilidad de navegar el entorno en modo multiusuario. Esta no es una cuestión menor o un característica técnica de una determinada aplicación, sino que constituye el génesis de un cambio radical en el concepto de RI. De aquí en más, si los entornos interusuarios prosperan, el proceso de recuperación dejará de ser un intercambio entre un usuario y un sistema, para convertirse en una actividad que cobra una dimensión social. Este campo de investigación está todavía en gestación, y no se tienen aún resultados concretos, pero hay varias investigaciones en curso.

Se encuentra disponible más información en el web de la Univ. de Nottingham <http://www.crg.cs.nott.ac.uk/research/technologies/visualisation/vrvibe/>

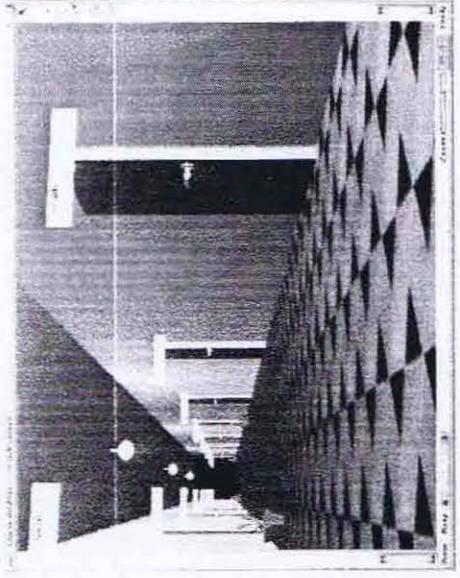




A



C



B



D

Figura 7.10 –Virgilio (Leviatdi, Massari, & Saladini 1995)

## 7.5. Basadas en líneas de tiempo

La utilización de la tercera dimensión para el enriquecimiento de este tipo de metáforas no parece ser una línea de investigación importante en el desarrollo de interfaces. El único ejemplo que encontramos se trata de una de las metáforas incluidas en el Information Visualizer de XeroxPARC, la cual se remonta a principios de los años noventa.

### 7.5.1. PerspectiveWall

Al igual que el ConeTree, PerspectiveWall es una metáfora que se encuentra integrada en el paquete denominado Information Visualizer, desarrollado en el XeroxPARC (Card, Robertson, & MacKinlay 1991; MacKinlay, Robertson, & Card 1992; Robertson, Card, & MacKinlay 1993). La metáfora se basa en una línea de tiempo representada por un muro o pared tridimensional. Tal como se ve en la figura 7.9, la pared aparece deformada de forma tal que el segmento seleccionado aparece en primer plano y el resto de forma relegada (MacKinlay, Robertson, & Card 1991). De esta manera se resuelve mediante el principio de foco + contexto, el principal problema de las representaciones lineales del tiempo: su extensión generalmente desmedida.

Según los autores, la principal ventaja de PerspectiveWall radica en que es una metáfora 3D intuitiva mediante la cual se distorsiona un trazado (*layout*) 2D, y del que se obtienen suaves transiciones entre las diferentes vistas. Otra de las ventajas consiste en que la pared es capaz de estirarse o contraerse como si fuera de goma, para que el usuario pueda visualizar el segmento temporal deseado. Fuera de estas consi-

deraciones la utilización de la tercera dimensión no parece estar justificada en metáforas basadas en líneas de tiempo.

### **7.6. Basadas en estructuras multidimensionales.**

A diferencia de las restantes categorías, no encontramos interfaces basados en estructuras multidimensionales que trabajen en entornos tridimensionales. A pesar incluso que existen mapas *offline* 3D, los VIRI 3D de esta categoría parecen brillar por su ausencia. La explicación tal vez resida en el hecho de que los mapas *offline* utilizan mayoritariamente el MDS como método de organización, mientras que en el caso de los VIRI la metodología preferida es el SOM. No existen demasiados problemas para representar estructuras MDS en tres dimensiones, de hecho este tipo de representación será siempre más ajustada a la realidad que una 2D. No obstante, el SOM ha sido concebido como un método de representación bidimensional. En el presente trabajo propondremos un interfaz tridimensional de esta categoría y basado en el MDS para su organización espacial.

### **7.7. Basadas en metáforas de la vida cotidiana**

Cuando hablamos de metáforas 3D hay un tipo particular de ellas que no vemos frecuentemente en los entornos 2D, se trata de las que intentan representar más o menos fielmente el mundo real, como es el caso de Virgilio.

### 7.7.1. Virgilio

Este es un interfaz que permite visualizar en 3D la estructura de una base de datos sobre música. Si bien se trata de una metáfora basada en una estructura jerárquica, creemos que es más importante presentarla como un ejemplo claro de metáfora de la vida real (Leviardi, Massari, & Saladini 1995).

La estructura se representa mediante un gran edificio con varios pisos (niveles) a los que se puede acceder mediante un ascensor (figura 7.10a). Una vez elegido el nivel (género musical) se puede explorar un largo pasillo con puertas a los costados (figura 7.10b). Si entramos en una puerta nos encontramos con una habitación con varios cajones de fichas, correspondientes a un determinado grupo musical, cuyo nombre figura en la puerta de la habitación (figura 7.10c). Finalmente, cuando se selecciona una ficha se accede a un libro con la información y la letra de una canción de dicho grupo, en este caso "Eleanor Rigby" de The Beatles (figura 7.10d).

Virgilio es un interfaz sumamente intuitivo ya que el usuario solo se debe comportar como en el mundo real para interactuar con el sistema. De todos modos, esto no consiste una gran ventaja y por otra parte hace al sistema sumamente pesado, lento y poco potente. La metáforas que copian fotográficamente la realidad, imponen a la representación los propios límites de la vida cotidiana. Es muy difícil que la intuición del interfaz justifique semejante limitación en la potencia del sistema. Se puede probar un modelo VRML de Virgilio en:

<http://www.darmstadt.gmd.de/~hemmie/Activities/Ice/DemoPages/VirgilioDemo/index.html>

## **PARTE SEGUNDA**

### **FASE EXPERIMENTAL**

## Capítulo 8

### Objetivos, materiales y metodología

#### 8.1. Objetivos

Como indicamos en el inciso 4.2.2. las aplicaciones experimentales de las RNA a la representación de la información generalmente no han pasado de ser pruebas con volúmenes de datos muy pequeños (*toy experiments*) (Scholtes 1995). Al comienzo de este estudio nos propusimos llevar adelante un experimento de representación basado en estructuras multidimensionales que maneje un volumen de datos a gran escala, tal cual encontramos en el trabajo cotidiano. Por ello nos preguntamos que tan factible sería aplicar algunas de las técnicas de representación vistas en los capítulos anteriores a un catálogo de una biblioteca real.

El primer obstáculo con que nos encontramos lo constituyó el elemento sobre el que íbamos a basar el análisis. Generalmente este es el cuello de botella que impide que los estudios no pasen de ser meros ejercicios de laboratorio. La utilización de, por ejemplo, las palabras del título como elementos de caracterización de los registros, haría inviable cualquier análisis que pretendiera trabajar con más de una centena de documentos. Por esta razón, decidimos experimentar con un elemento que fuera, por un lado, lo suficientemente "liviano", o lo que es lo mismo, que no necesitará de una gran cantidad de variables para caracterizar (vectorizar) los documentos, y que por el otro fuera capaz de caracterizarlos de manera aceptable.

El elemento en cuestión es el código de clasificación CDU, por lo que llevaremos a cabo un análisis de cocitación de temas similar a los descritos en el inciso 5.4. El código de clasificación es un dato que encontramos en la mayoría de los catálogos de biblioteca y sobre el que ningún autor se ha detenido a estudiar. Si bien las técnicas avanzadas de representación se basan en métodos de análisis e indización automatizada, resulta importante establecer en que medida puede ser utilizada la indización manual ya existente en una base de datos de este tipo. Otro problema con que nos encontramos es el de representar una gran cantidad de categorías temáticas en un solo mapa. Para solucionarlo adoptamos la solución aportada por Small para la organización de grandes espacios documentales: quebrar la base de datos en varias sub-clases de forma tal que se pueda constituir una jerarquía multinivel (Small 1997) (Small 1999). A esta solución él la denomina "Método Humpty-Dumpty" porque la base de datos es quebrada para luego ser nuevamente ensamblada, como el personaje de *Alicia en el país de las maravillas* (Carroll 1988).

Para llevar a cabo este método se optó por la división de los códigos CDU en clases y subclases, de forma tal que existiera una relación jerárquica en dos niveles. De esta manera, la representación resultante debería soportar al menos dos de las tres formas básicas de *browsing* propuestas por Bawden y que describimos en el inciso 3.2: 1) guiado por estructura, y 2) de visión global (Bawden 1993). La visión global se obtendría de la representación del primer nivel de la estructura jerárquica, mientras que esta misma estructura daría soporte al primer tipo de *browsing*.

De esta forma, nos propusimos los siguientes objetivos a alcanzar en nuestro estudio:

- establecer en que medida los códigos de clasificación CDU son útiles para la vectorización documental
- comparar las bondades de distintas técnicas de reducción de la dimensión: MDS 2D, MDS 3D, y SOM, para la generación de representaciones gráficas temáticas

## **8.2. Materiales**

El catálogo elegido para nuestro estudio es el de la Biblioteca Pública Provincial - Biblioteca Pública del Estado de Granada. Esta biblioteca tiene sus orígenes en el año 1933 en que fue inaugurada como Biblioteca Popular en el antiguo Salón de Baile del Casino de Granada, en el Paseo de los Jardines del Salón, de la ciudad. Desde su creación hasta el año 1951, la Biblioteca Pública estuvo vinculada a la Biblioteca de la Universidad de Granada, hasta que en ese año inició su funcionamiento como centro bibliotecario independiente. Institucionalmente, la Biblioteca Pública Provincial de Granada es un centro bibliotecario de titularidad estatal y gestión autonómica integrada en el Sistemas Andaluz y Español de Bibliotecas, adscrito a la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, a través de su Delegación Provincial.

Como centro de servicios públicos a todos los ciudadanos, los objetivos prioritarios de esta Biblioteca son los de la difusión y acceso a la información y a la cultura. A ello se unen las funciones de conservación y enriquecimiento del patrimonio bibliográfico que le está encomendado, la recepción de obras procedentes del Depósito Legal, y su integración como elemento y punto de acceso en el Sistemas Andaluz y

Español de Bibliotecas. Para ello dispone de una colección bibliográfica de todo tipo de materias, publicaciones periódicas y materiales audiovisuales. Cuenta también con sistemas de acceso a bases de datos y con espacios especialmente dotados para actividades culturales. Su emplazamiento actual, inaugurado en mayo de 1994, es compartido con la Biblioteca de Andalucía. Desde 1994 se integran orgánicamente en la estructura de la Biblioteca Pública Provincial, la Sección del Centro Provincial Coordinador de Bibliotecas y el Negociado de Depósito Legal.

El fondo bibliográfico lo integran 59.000 volúmenes, de los cuales 2.600 corresponden a la colección local. Los depósitos construidos tienen capacidad para más de 200.000 volúmenes. Para poder localizar los libros, la Biblioteca dispone de los siguientes catálogos:

- Catálogo automatizado: permite junto con la localización rápida de las obras, el conocimiento de su disponibilidad respecto al préstamo.
- Catálogo manual: ordenado en ficheros de autores, títulos, alfabético y sistemático de materias y series.

El catálogo automatizado está en BRS/Search y puede ser consultado en el servidor *web* de la biblioteca (<http://bpgr.sba.junta-andalucia.es>), a través del interfaz Absys Web 5.0. Nosotros tendremos a nuestra disposición una copia de la base BRS/Search con más de 32700 registros y cerca de 43900 códigos CDU. La cantidad mayor de códigos CDU nos indica que hay un promedio de 1.34 códigos por registro, lo que nos garantiza el solapamiento necesario para medir el grado de relación entre las diferentes categorías temáticas.

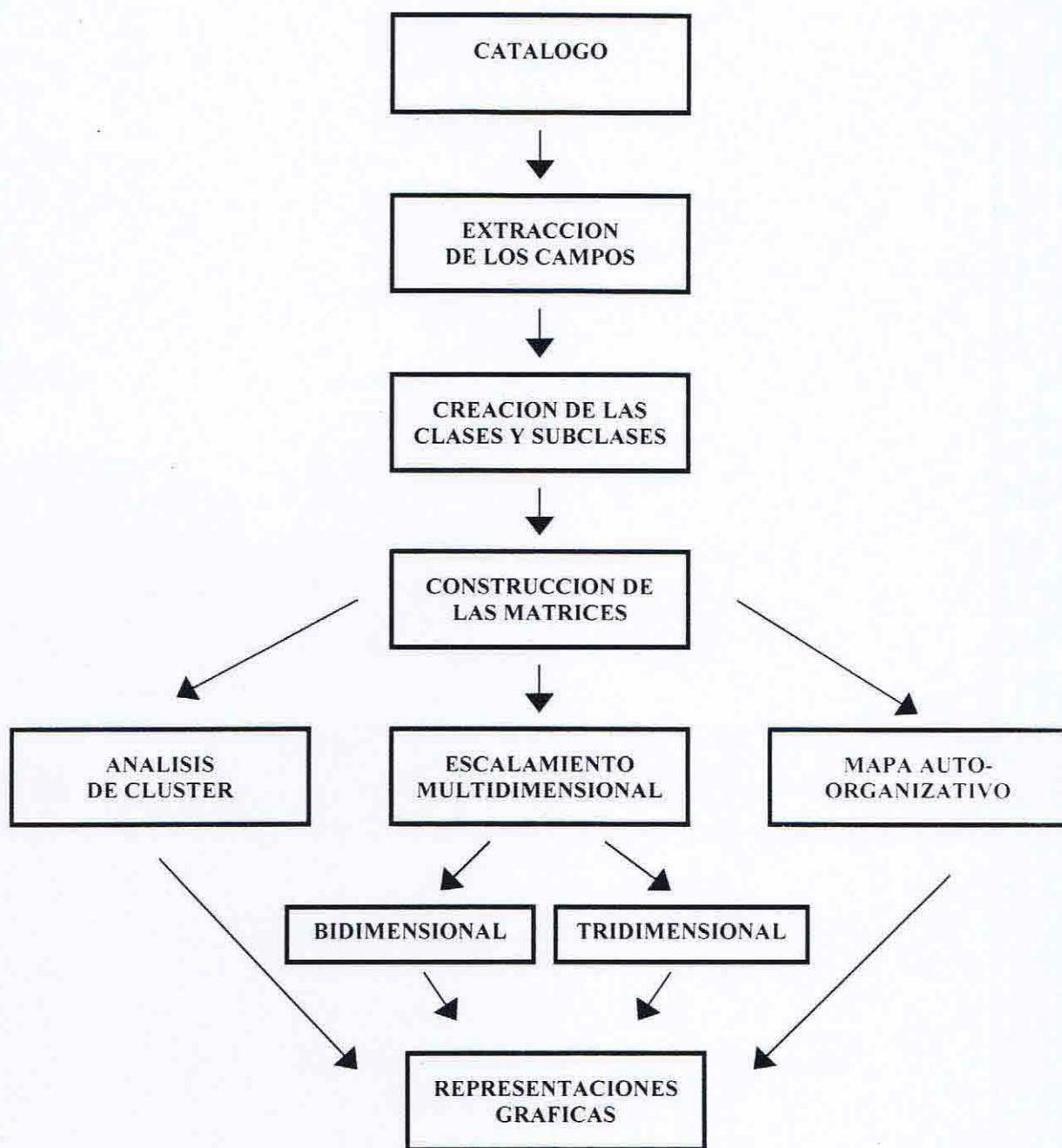


Figura 8.1 - Proceso general para la construcción de las representaciones

### **8.3. Metodología**

El proceso general utilizado para la construcción de las representaciones gráficas puede apreciarse en el diagrama de la figura 8.1. Cada uno de los pasos será descrito detalladamente a continuación. Con respecto a los métodos de reducción de la dimensión (MDS, SOM y clustering), es necesario aclarar que se tendrán en cuenta las consideraciones en torno a su instrumentación práctica, ya que su descripción general como metodologías ha sido realizada en el capítulo cuatro.

#### **8.3.1. Extracción de los campos**

Como ya hemos indicado, el *software* documental del catálogo es el BRS/Search. Este programa trabaja bajo entornos UNIX, aunque nosotros desarrollamos todo nuestro trabajo bajo el entorno Windows NT. La información necesaria para generar las representaciones se limita solamente al campo del código de clasificación CDU (T080) y el número de registro, con el fin de saber cuando un registro contiene más de un código CDU. En la figura 8.2 podemos ver el formato de salida del BRS/Search que fue guardado en formato de texto sin formato (TXT).

El procesamiento de esta información se llevó a cabo principalmente con el MS-Excel y un programa específico para el procesamiento estadística llamado Statistica, mientras que el MS-Access y el MS-Word se utilizaron como herramientas complementarias. Finalmente, los datos del número de registro y código CDU (sin el identificador de campo T080), fueron transportados a sendas columnas de una hoja MS-Excel.

Desde esta hoja se realizó una clasificación de los registros en función de 27 clases principales.

```
1
T080 321.7
T080 330.84/.86

2
T080 7.01"18/19"

3
T080 840-31"19"

4
T080 860-31"19"

5
T080 830-20"19"
....
```

Figura 8.2 - Formato de salida del BRS/Search

### 8.3.2. Creación de las clases y subclases

En la descripción general de proyecto ya hemos señalado que nuestro objetivo consiste en brindar una representación gráfica temática del catálogo, en función de los códigos CDU. La CDU establece 10 grandes divisiones o clases temáticas, no obstante, resulta obvio que estas clases no se corresponden con los grandes grupos temáticos de publicaciones que encontramos en una biblioteca. Por ejemplo, la clase 1 corresponde a la Filosofía, pero dentro de la misma se incluye a la Psicología bajo el código 159.9. Nos encontramos con un problema similar en las clases 5 y 6, donde se engloban una gran cantidad de disciplinas,

muchas de ellas fragmentadas por su vertiente teórica y práctica (p.ej. la Química la hallamos bajo el 54 y el 66).

Por esta razón, decidimos establecer una categorización *ad-hoc* compuesta por 27 clases principales, las cuales pueden apreciarse en el primer cuadro del apéndice B. La división se estableció de forma heurística con arreglo a dos criterios: por un lado, la organización misma del conocimiento en grandes grupos, y por el otro, la cantidad de registros existente en cada uno de ellos. El primer criterio fue el dominante en la mayoría de los casos, mientras que el segundo fue utilizado para fusionar ciertos bloques temáticos muy pequeños (p.ej. el Folklore dentro de la Geografía, particularmente por su relación con la Geografía Humana). El esquema de las 27 categorías está inspirado en uno de 25 clases propuesto en un estudio de similares características al nuestro (Moya Anegón 1995).

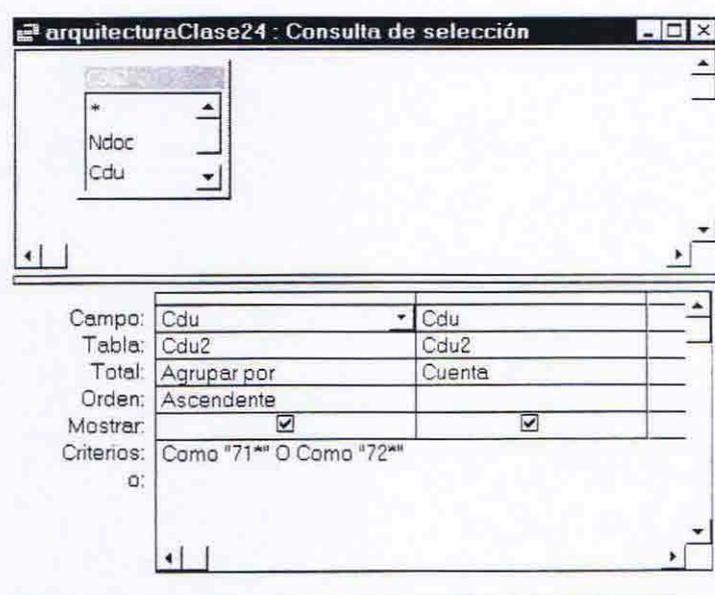


Figura 8.3 - Consulta de selección para la clase 24 (Arquitectura / Urbanismo)

Fue posible establecer rápidamente el volumen de cada uno de los campos temáticos gracias a la utilización de la base de datos creada bajo MS-Access. En la figura 8.3, vemos una consulta de selección para determinar el volumen de registros cuyos códigos de CDU comienzan por 71 o 72 (Arquitectura / Urbanismo). De esta forma, no solo es posible saber el volumen de registros de registros de una determinada clase, sino también la cantidad de códigos diferentes que componen dicha clases (Cdu) y el número de registros asociados a cada código (CuentaDeCdu).

Cdu	CuentaDeCdu
71	18
711	151
711.168	4
711.3	4
711.4	57
711.5	4
711.6	1
711.7	1
712	32
72	310
72.01	17
72.02	10
72.04	8
72.05	1
725	11

Figura 8.4 - Resultado de la consulta de la figura anterior

Con esta información, fue posible construir un segundo nivel de categorización para cada una de las 27 clases. Aquí nuevamente se puso en juego el equilibrio entre los dos criterios mencionados, de tal

forma que la estructura de subclases responda al mismo tiempo a una organización lógica del conocimiento y a una distribución más o menos equilibrada de los temas. La cantidad de subclases oscila entre las 6 y 14 por cada clase, salvo en los caso de la 17 (Deportes) y 22 (Informática). En el apéndice B puede apreciarse las subclases de cada clase principal, los códigos asociados y su respectivo volumen de registros. Cada una de estas clases y subclases serán utilizadas para caracterizar (vectorizar) cada uno de los documentos del catálogo, mediante la construcción de una serie de matrices numéricas.

### **8.3.3. Construcción de las matrices**

Las matrices numéricas son tablas, construidas en hojas MS-Excel, como la que podemos apreciar en la figura 8.5. En ella aparecen caracterizados, mediante unos vectores binarios (valores 0 ó 1), todos los registros del catálogo ubicados en las filas. En las columnas encontramos cada una de las 27 clases principales (desde A hasta AA). La aparición de un "1" significa que dicho registro contiene un código de clasificación perteneciente a dicha clase, mientras que cuando eso no ocurre aparece un "0". Cuando un registro pertenece a más de una clase, contendrá más de un "1" en su vector (p.ej. el registro/fila nº 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 8.5 - Matriz numérica de las 27 clases principales

La construcción de esta matriz no puede hacerse de forma manual (presenta 32767 filas), por lo que se utilizó un programa realizado en Visual Basic para Aplicaciones (VBA) llamado "los27principales", cuyo código completo se encuentra en el apéndice C.1. De la misma manera, se construyeron 27 matrices similares a la anterior utilizando solo los registros pertenecientes a cada clase y caracterizándolos con vectores que responden a las subclases de cada categoría. En el apéndice C.2. encontramos el correspondiente a la clase 1 – Matemáticas, los 26 restantes no ofrecen grandes diferencias en su estructura, por lo que no han sido incluidos en el apéndice.

Las matrices resultantes están constituidas por lo que se denomina como "datos en crudo" (*raw data*), mientras que el análisis multivariante se realiza a partir de matrices de distancia entre cada variable (clase o subclase). Esta matriz se construye calculando el coeficiente de correlación  $r$  de Pearson. Este coeficiente mide el grado de ajuste o cer-

canía entre dos variables, por lo que al restarlo de la unidad ( $1 - r$ ), indica el grado de alejamiento entre ellas.

NUM	1	2	3	4	5	6	7
VAL	GENERAL	CSAFINES	GEODINAM	PETROLO	GEOECON	HIDRO	PALEO
1	,00000	1,18819	1,52329	1,15807	1,11477	1,21822	1,24074
2	1,18819	,00000	1,15419	,97035	1,06612	1,05999	1,12079
3	1,52329	1,15419	,00000	1,13172	1,11177	1,12327	1,14705
4	1,15807	,97035	1,13172	,00000	,93406	1,07244	1,07991
5	1,11477	1,06612	1,11177	,93406	,00000	1,06039	1,06663
6	1,21822	1,05999	1,12327	1,07244	1,06039	,00000	1,11032
7	1,24074	1,12079	1,14705	1,07991	1,06663	1,11032	,00000

Figura 8.6 - Matriz de distancias de la subclase 3 - Geología

La aplicación de este coeficiente se realiza de manera sencilla con el programa Statistica, dando como resultado una matriz de distancias del tipo de la que se puede observar en la figura 8.6. La característica principal de este tipo de matrices es que presenta un "0" en los valores de la diagonal ya que la distancia entre una variable consigo misma es nula.

### 8.3.4. Análisis de cluster

Una vez que se contó con todas las matrices de distancias de todas las clases y subclases, se les aplicó las técnicas de análisis multivariante, en primer lugar el *clustering*. Como vimos en el capítulo 4, existen muchos métodos de aglomeración a la hora de realizar *clustering*, de las cuales el Statistica soporta al menos 7 diferentes. En estudios de este tipo se utiliza generalmente técnicas jerárquicas aglomerativas po-

litéticas, es decir que tienen por objeto generar árboles de relaciones jerárquicas entre las distintas clases partiendo de su individualidad y realizando agrupaciones en base a todas sus características (Willet 1988).

Las técnicas de *clustering* se basan en dos elementos básicos: la función de distancia y las reglas de aglomeración. En este estudio se utiliza una matriz de distancia como la de la figura 8.6 (1 – Pearson), mientras que la regla de aglomeración utilizada es el método de la suma de cuadrados, también llamado método de Ward (Ward 1963), que según varios autores es uno de los más eficaces en este tipo de estudios (McCain 1990) (Griffiths, Robinson, & Willet 1984) (Zitt & Bassecoulard 1996). Este método usa el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre los *clusters*, minimizando la suma de cuadrados (SS) de las distancias entre los *clusters* que son formados en cada iteración del proceso. En términos generales, y de forma intuitiva, podemos decir que esta técnica tiende a generar representaciones (dendogramas) con *clusters* de pequeño tamaño de forma tal que vayan desapareciendo los árboles (elementos) con el fin de mostrar el bosque (estructura) (Egghe & Rousseau 1990).

Por último, debemos destacar que el clustering no se realiza con fines de representación, sino tan solo como clasificación complementaria a las otras técnicas que describimos a continuación.

### **8.3.5. Escalamiento multidimensional (MDS)**

En líneas generales el objetivo del MDS es detectar las dimensiones más significativas que permitan explicar las similitudes y disimila-

ridades observadas entre las variables objeto del análisis. Esta técnica utiliza como entrada una matriz de similaridades o distancias y calcula coordenadas en un espacio de dos o tres dimensiones de forma tal que las distancias o similaridades se parezcan lo más posible a las que contiene la matriz de entrada. En nuestro caso, la matriz de entrada es una matriz de distancias como la de la figura 8.6. El MDS es una técnica muy apreciada porque genera un mapa de los elementos en función de las relaciones existentes entre sí, donde las distancias entre los elementos son inversamente proporcionales a su grado de afinidad.

Statistica posee un módulo específico que realiza MDS a partir de esta matriz y brinda dos elementos básicos de salida: un mapa de distancias de los elementos, y una matriz de números con las coordenadas de los elementos en el espacio reducido. En un primer momento comenzamos utilizando el mapa de distancias para representar las relaciones entre los elementos. Sin embargo, la calidad de estos era bastante pobre por lo que se optó por exportar las coordenadas de los elementos hacia el MS-Excel, con el fin de generar una representación enriquecida con otros datos complementarios. En este punto, se utilizaron métodos diferentes para la generación de representaciones según fueran bidimensionales o tridimensionales.

La diferencia del MDS en 2D y 3D radica principalmente en el grado de ajuste entre las distancias observadas y las calculadas. Este grado de ajuste se establece mediante un estadístico denominado *stress*, que mide la bondad de ajuste entre las similaridades observadas y calculadas:

$$\varphi = \sum (d_{ij} - \delta_{ij})^2$$

Siendo  $d$  la distancia observada y  $\delta$  la distancia observada en la dimensión reducida, su cálculo en cada iteración nos permite utilizarlo como función de parada del proceso (*stopping rule*), puesto que, cuando conseguimos un valor de *stress* mínimo, debemos suponer que las coordenadas de los elementos en el mapa son las que mejor reproducen en el espacio reducido la relación que existe entre ellos en la matriz de correlaciones (Boyce, Meadows, & Kraft 1994). Los niveles de *stress* en las representaciones 3D serán sensiblemente menores que en 2D, como veremos en el capítulo siguiente, por lo que las primeras nos darán una representación más ajustada a la matriz multivariante.

#### **8.3.5.1. MDS Bidimensional**

La representación gráfica del MDS bidimensional que ofrece Statistica se limita a un gráfico de puntos en dos dimensiones, como el que se puede ver en la figura 8.7, correspondiente a la categoría 5 - Química.

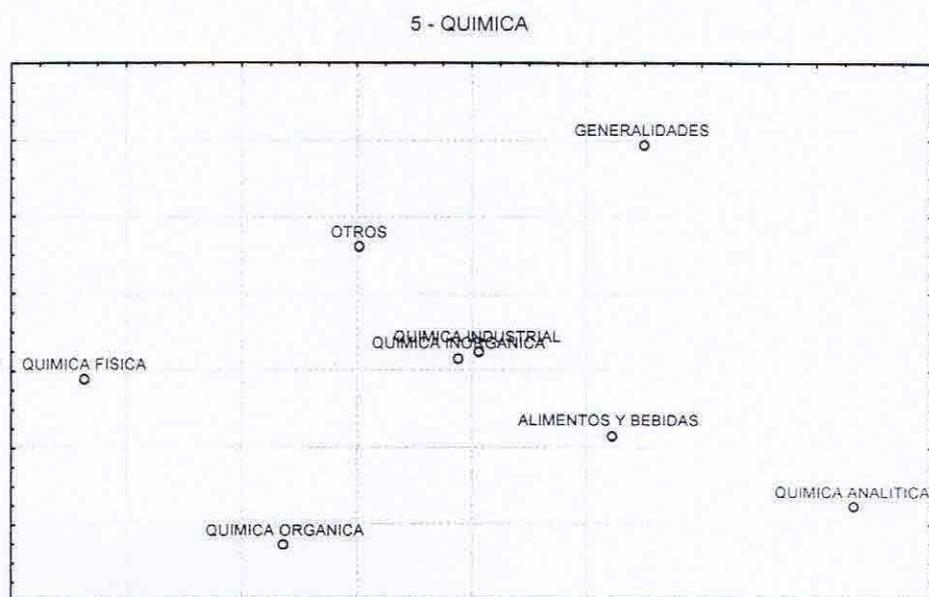


Figura 8.7 - Representación MDS bidimensional del Statistica

Para enriquecer este tipo de representación optamos por utilizar solamente las coordenadas de cada uno de los puntos. Estas coordenadas se exportaron a una hoja MS-Excel, y con ella se construyó un gráfico de dispersión de burbujas. Para este tipo de gráfico, además de las coordenadas es necesario una serie de datos adicionales, que van a determinar el tamaño de cada burbuja. El dato elegido fue el tamaño, el número de documentos de cada categoría temática. Existen dos formas de determinar el tamaño de la burbuja: indicando su área, o indicando su ancho. En este último caso las esferas con pocos documentos aparecerían muy pequeñas y se perdían en la representación. Al optar por el área se logró una representación más uniforme ya que las pequeñas crecieron sin que las grandes lo hagan en el mismo grado, de forma tal que con el principio del área se obtiene un comportamiento logarítmico de los tamaños.

Posteriormente se le agregó a cada burbuja una etiqueta con el nombre de la categoría correspondiente y también se optó por darle de forma automática un color diferente a cada burbuja con el fin de facilitar su diferenciación en el caso de que resulten superpuestas. La apariencia final de estas representaciones bidimensionales MDS puede apreciarse en el apéndice A.

### **8.3.5.2. MDS Tridimensional**

La solución por la que se ha optado para el caso del MDS 3D es similar a la anterior, exportar las coordenadas de los elementos en el espacio reducido desde el Statistica hacia el MS-Excel. La diferencia fundamental radica en que la representación final no puede ser generada por el módulo de graficación de este último programa, ya que no trabaja en tres dimensiones. No obstante, se utilizó el MS-Excel y el MS-Word con el fin de construir, ayudado por una macro VBA, un archivo 3D en formato VRML. Para ello se "ensamblaron" mediante la macro llamada Vermal (apéndice C.3.), pedazos de código VRML gestionados por el MS-Word que se intercalan con las coordenadas y nombre de cada elemento almacenadas en una hoja MS-Excel. El código resultante puede ser examinado mediante un navegador web (Netscape o MS-Explorer) que disponga de un *plugin* que soporte la lectura del formato VRML. En nuestro caso utilizamos el *software* Cosmo Player, de Silicon Graphics. En el apéndice A pueden observarse vistas de los diferentes archivos 3D generados. Las vistas se han capturado directamente del navegador teniendo cuidado es tomar el perfil que aporte mayor discriminación de los elementos de la representación.

### 8.3.6. Mapa auto-organizativo (SOM)

En la implementación práctica del SOM nos encontramos con más inconvenientes que en el caso del MDS, debido principalmente a los diferentes parámetros que entran en juego en su generación. Las RNA se dividen en dos grandes grupos en función del tipo de supervisión de su aprendizaje. Si la red recibe información sobre si su funcionamiento es correcto o incorrecto, basándose en alguna medida de error entre la salida de la red y la salida deseada, entonces estamos hablando de sistemas supervisados. Si por el contrario la red no recibe ningún tipo de información entonces hablamos de sistemas no supervisados. El SOM se encuentra en este último grupo, donde los modelos buscan a partir de unos datos básicos extraer propiedades, características, relaciones, regularidades, correlaciones o categorías existentes en ellos.

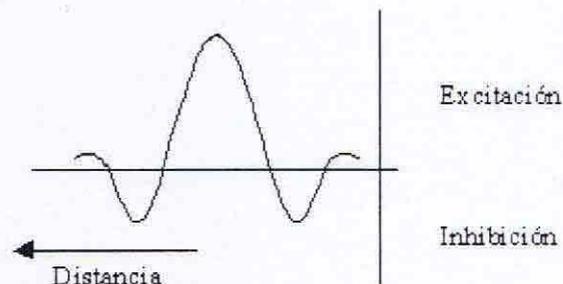


Figura 8.8 - Función de excitación-inhibición (sombbrero mexicano)  
(Castellanos & Concejero 1999)

El SOM se basa en la forma en que supuestamente trabaja el cerebro humano, donde estructuras mentales idénticas funcionan de forma diferente debido a su diferente topología cerebral. Una propiedad básica es la inhibición lateral. Cuando una neurona se activa, ésta produce un estado excitatorio en las células más cercanas y un efecto inhi-

itorio en las más lejanas. La función que recoge este proceso de excitación-inhibición en las células tiene la forma de un sombrero mexicano (figura 8.8).

Un elemento de entrada (vector) estará relacionado con una determinada neurona de salida, la neurona ganadora. Existe también una relación de vecindad con las neuronas adyacentes. Mediante esta vecindad podemos definir la ordenación topológica de las células del sistema, lo cual equivaldría a las conexiones laterales del modelo de interacción lateral (sombrero mexicano). Los valores de vecindad nos permiten definir las reglas de modificación sináptica, lo cual confiere a este modelo cierta similitud con el córtex cerebral.

Podremos, por tanto, definir un espacio alrededor de la neurona ganadora, en el cual se incrementarán las eficacias sinápticas de las células. Dicho incremento sería igual para todas las células de la vecindad y no existirá dicho incremento en las células externas a dicha vecindad. Para evitar que los estímulos que se presenten en primer lugar tengan mayor relevancia que los últimos presentados, el valor  $\alpha$  irá disminuyendo a lo largo del tiempo.

Durante el proceso de aprendizaje del SOM es necesario establecer las tasas de aprendizaje y el tamaño de la vecindad. El aprendizaje constará de dos fases bien diferenciadas: una primera y breve (con pocas iteraciones) que permite entrenar a la red a grandes rasgos, y una segunda más larga que establece un ajuste fino (*fine-tuned*) de cada uno de los elementos. En el cuadro 8.1 se pueden observar los valores utilizados para estos tres parámetros en cada una de las dos fases. Los valores han sido seleccionados mediante el método de ensayo y error pero siguiendo las prácticas normales establecidas por el manual del programa (Statistica: neural networks 1998): en la primer fase se esta-

blece una tasa de aprendizaje alta combinada con una vecindad grande, mientras que en la segunda se establece una tasa de aprendizaje baja junto a una vecindad pequeña, pero con un gran número de iteraciones (*epochs*). El área de vecindad se considera el "radio" en torno a la neurona ganadora, p.ej. un valor de vecindad igual a 2 establece un área de 5x5 neuronas.

Primera fase de entrenamiento	Iteraciones ( <i>epochs</i> )	100
	Tasa de aprendizaje	0.9 → 0.1
	Tasa de vecindad	2 → 1
Segunda fase de entrenamiento	Iteraciones ( <i>epochs</i> )	10000
	Tasa de aprendizaje	0.1 → 0.01
	Tasa de vecindad	1 → 0

Cuadro 8.1 - Valores de entrenamiento del SOM

En la práctica las tasas de aprendizaje y de vecindad más altas generaron una fragmentación de las neuronas por lo que la región correspondiente a cada categoría temática no era homogénea. Los valores del cuadro 8.1 permitieron la generación de un SOM donde cada categoría se ubicaba en un área homogénea.

El tamaño del mapa de salida fue otra cuestión sobre la que también se experimentó. En líneas generales la retícula de salida debe ser proporcional a la cantidad de categorías a visualizar, aunque queríamos trabajar con tamaños estandar. Si seleccionábamos un tamaño de red grande, corríamos el peligro de la fragmentación de las áreas ya que habría una serie de neuronas que estarían muy lejos de las ganadoras y no estarían vinculadas a ninguna categoría. Por otra parte, si se utilizaba una retícula muy pequeña, se corría el peligro de que más de una

categoría tuviera la misma neurona ganadora (superposición). Finalmente se optó por tres tamaños básicos: 16x12, 11x9 (la más frecuente), y 8x7, en función de la cantidad de subclases que contenía cada clase, tal como puede apreciarse en el cuadro 8.2. La excepción la constituye la clase 17-Deportes, ya que al ser muy pequeña (solo dos subclases), se optó por no generar su representación.

#	Clase	Sub-clases	Retícula
0	Clase principal	27	16 x 12
1	Matemáticas	10	11 x 9
2	Ciencias Naturales	12	11 x 9
3	Geología	7	11 x 9
4	Física	8	11 x 9
5	Química	8	11 x 9
6	Medicina / Farmacia	12	11 x 9
7	Lingüística / Filología	13	11 x 9
8	Literatura	17	11 x 9
9	Historia	9	11 x 9
10	Economía	11	11 x 9
11	Derecho	11	11 x 9
12	Sociología	9	11 x 9
13	Tecnología / Ingeniería	11	11 x 9
14	Geografía	9	11 x 9
15	Pedagogía	9	11 x 9
16	Arte	13	11 x 9
17	Deportes	Sin representación	
18	Filosofía	7	11 x 9
19	Teología / Religión	7	11 x 9
20	Ciencias Políticas	8	11 x 9
21	Agricultura / Caza / Pesca	6	11 x 9
22	Informática	4	8 x 7
23	Cs. De la Información / Documentación	14	11 x 9
24	Arquitectura / Urbanismo	7	11 x 9
25	Industria y Oficios	4	8 x 7

26	Astronomía	5	8 x 7
27	Psicología	10	11 x 9

Cuadro 8.2 - Tamaño del SOM para cada categoría

Una vez resuelto el problema del tamaño del SOM, nos encontramos ante el inconveniente de que el Statistica Neural Networks solo arroja como elemento de salida una matriz de datos con los factores de activación de cada elemento de entrada en cada una de las neuronas de la retícula. Cuanto menor es el factor de activación, más vinculado estará un elemento de entrada con una neurona de salida determinada. Fue necesario, por lo tanto, exportar esta matriz a una hoja MS-Excel y escribir una serie de macros que convirtiera los datos numérico en un mapa bidimensional. Las macros finalmente fueron cuatro y se pueden ver en el apéndice C.4.

	95	96	97	98	99	100	101
1	4,45E-16	1,35	1,35	1,35	1,35	1,26E-17	GENERALIDADES
2	1,344	1,321	1,321	1,321	1,321	7,91E-17	INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES
3	1,338	1,359	1,359	1,359	1,359	1,65E-16	PSICOFISIOLOGIA
4	1,386	1,359	1,359	1,359	1,359	1,88E-17	PSICOLOGIA COMPARADA
5	1,35	4,49E-16	8,06E-17	5,25E-17	6,82E-17	5,25E-17	PAIDOLOGIA
6	1,384	1,367	1,367	1,367	1,367	3,82E-17	PERCEPCION
7	1,416	1,305	1,305	1,305	1,305	1,53E-17	VIDA AFECTIVA
8	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,64E-17	ESPIRITU
9	1,288	1,283	1,283	1,283	1,283	1,02E-16	PSICOANALISIS
10	1,324	1,345	1,345	1,345	1,345	2,95E-16	PSICOPATOLOGIA
11	4,45E-16	4,49E-16	8,06E-17	5,25E-17	6,82E-17		PSICOLOGIA
12							

Figura 8.9 - Matriz de activaciones del SOM de Psicología

En la figura 8.9 vemos la matriz de activaciones en una hoja Excel. Los valores de activación van desde la neurona 1 hasta la 99 (11x9), para cada una de las 10 categorías temáticas de la clase Psicología. En las celdas de color naranja aparecen los valores mínimos de cada fila/columna y en la columna de amarillo las etiquetas con los nombres de las categorías. Sobre esta hoja se corre la macro del apéndice C.4.1. (UnificarColores1), cuya función es la de juntar aquellas categorías que comparten la misma neurona ganadora y darles el mismo color. En el caso particular de nuestros mapas, ninguna categoría compartirá neurona por lo que habrá un color diferente para cada categoría. Luego se ejecuta la macro C.4.2. (UnificarEtiquetas2), que tiene la finalidad de acumular las etiquetas que coinciden en la misma neurona, lo cual tampoco es aplicable a este caso. Con la macro C.4.3. (ColorearSOM3) se pinta en una hoja nueva una retícula del tamaño del SOM (11x9) con cada uno de los colores asignados por la primer macro. Finalmente se ejecuta la macro C.4.4. (EtiquetarSOM4) que coloca las etiquetas generadas por la segunda macro, finalizando con esto todo el proceso.

Para establecer la forma de construcción del SOM nos basamos en el sistema de dominios de Campanario descrito en el inciso 5.2.1. de este trabajo. Campanario detecta la neurona ganadora de cada elemento de entrada, pero al mismo tiempo le asigna a cada una una especie de zona de influencia (Campanario 1995). Las zonas de influencia son coloreadas de forma diferente de forma tal que cada categoría quede clara y homogéneamente desagregada del resto. Los mapas resultantes pueden apreciarse en el apéndice A.

### **8.3.7. Representaciones gráficas**

Las representaciones bidimensionales generadas por cada uno de los métodos fueron capturadas y almacenadas en un formato de imagen (GIF), con el fin de facilitar su inserción en una página *web*. De esta manera, a través de mapas sensitivos, es posible ensamblar un árbol jerárquico de los mapas, que pueda ser examinado con un navegador. En el caso de las representaciones tridimensionales, están han sido directamente generadas en formato VRML desde el MS-Excel, por lo que directamente pueden ser examinadas por un navegador que disponga de un plugin de VR, p.ej. Cosmo Player. Con el fin de visualizar correctamente las representaciones, hemos colocado los mapas en el servidor de nuestro proyecto de investigación: <http://eubd1.ugr.es/irvaie/>

## **Capítulo 9**

### **Resultados y discusión**

En este capítulo analizaremos los resultados obtenidos en las representaciones del apéndice A. En primer lugar hablaremos de cada uno de los tipos de representación por separado (*clustering*, MDS 2D, MDS 3D, y SOM), para posteriormente brindarle un tratamiento comparativo. Debido a la gran cantidad de mapas generados no nos detendremos en el análisis de cada uno de ellos, sino que nos centraremos en el de primer nivel (27 clases) y en aquellos del segundo nivel que consideremos singulares.

#### **9.1. *Clustering***

Como hemos dicho en el capítulo anterior, utilizamos el análisis de *cluster* como elemento de constatación de las restantes representaciones, y no como representación en sí misma. Mediante el *clustering* logramos una taxonomía bastante parecida a la estructura del conocimiento en grandes campos. Esto en gran parte se debe a que el método de Ward se centra en la estructura organizativa, y no tanto en los elementos en particular.

En el cuadro 9.1 encontramos cada una de las 27 clases principales organizadas según las divisiones propuestas en el dendograma del apéndice A. En primer lugar nos encontramos con una división en dos grandes ramas: la de las ciencias y tecnologías (grupo 1) y la de las

humanidades y ciencias sociales (grupo 2). Existen dos clases que no responden satisfactoriamente a esta división: Economía y Derecho, ya que aparecen en el grupo 1 cuando pertenecen claramente al 2. Su pertenencia al primer grupo está quizás forzada por una tercera clase, la Geografía, una disciplina de carácter fuertemente multidisciplinar que tiene relaciones con clases de "ciencias duras" tales como la Geología y las Cs. Naturales, al mismo tiempo que se relaciona con la Economía. Esta última, además, se relaciona también con las Matemáticas, la ciencia pura por antonomasia.

Grupo 1	A	Matemáticas Tecnología / Ingeniería Informática Industria y oficios Física Química
	B	Ciencias naturales Agricultura / Caza / Pesca Medicina / Farmacia Geología Astronomía Geografía Economía Derecho
Grupo 2	A	Lingüística Educación Psicología Deportes Literatura
	B	Historia Cs. De la Información / Documentación Filosofía Religión Sociología Ciencias Políticas Arte Arquitectura / Urbanismo

Cuadro 9.1 - Agrupaciones temáticas obtenidas por el *clustering*

Cada uno de estos dos grandes grupos es a su vez dividido en dos subgrupos, A y B. No podemos determinar la naturaleza de cada subgrupo, pero al menos nos revelan algunos emparejamientos lógicos de ciertas categorías: Tecnología-Ingeniería-Informática-Industria y Física-Química en el subgrupo 1A, Cs. Naturales-Agricultura en el subgrupo 1B (quizás el más disperso de todos), Lingüística-Literatura y Educación-Psicología en el subgrupo 2A, y por último Filosofía-Religión, Sociología-Política y Arte-Arquitectura en el subgrupo 2B.

En términos generales podemos decir que el *clustering* se acerca bastante a una taxonomía lógica de la ciencia, aunque algunas relaciones no parecen estar claramente representadas. Por ejemplo, la de la Arquitectura-Urbanismo con las "ciencias duras" (grupo 1) y el problema ya mencionado de la Geografía. Como descargo para el *clustering* como técnica, debemos recordar que no estamos reflejando la estructura abstracta del conocimiento, sino la estructura clasificatoria de una biblioteca en particular. Como veremos en el próximo punto, este comportamiento se presentará también en el MDS, aunque debido a la riqueza bi y tridimensional de la representación será posible captar algunos matices interesantes.

Con respecto a los dendogramas obtenidos con las matrices de las subclases, no existen demasiados problemas al respecto. Las matrices de datos en este segundo nivel son relativamente pobres, por lo que no es posible hacer un análisis detallado de las mismas. No obstante, un detalle que hemos observado es cierta tendencia a generar taxonomías escalonadas donde las subclases se van aglomerando una a una a partir de un par de ellas, en lugar de obtener una taxonomía más balanceada como la del primer nivel. Muchas veces la última subclase (la más alejada) es la de Generalidades, este es el caso de las categorías: 2 - Cs.

Naturales, 3 - Geología, 4 - Física, 10 - Economía, 15 - Educación, 18 - Filosofía, y 24 - Arquitectura. Este fenómeno parece indicar un cierto problema para establecer la estructura de cada clase en función de los códigos CDU.

## 9.2. MDS 2D

La naturaleza de un mapa MDS es más compleja que la de un dendograma unidimensional, debido a que cuenta con una dimensión más, y por lo tanto se acerca más al espacio multidimensional. No existe un método detallado para analizar una representación MDS, sin embargo, White y Griffith aportan algunos elementos para su estudio (White & Griffith 1981). Si bien ellos afirman que el secreto de una buena interpretación de los resultados reside en la evaluación por parte de un experto, proponen cuatro elementos básicos de análisis:

- 1) el principio centro/periferia,
- 2) las agrupaciones de elementos (estructura),
- 3) la identificación de los ejes, y
- 4) las relaciones entre elementos cercanos (vecindad).

Principio centro/periferia. Mediante el análisis del centro/periferia, White y Griffith establecen cuales son los autores más importantes (centro) y cuales los subsidiarios (periferia), en un determinado ACA. En nuestro caso nos encontramos en la misma situación, ya que no podemos decir que las categorías que se encuentran en el centro de la representación sean las más importantes. Lo que si podemos afirmar es

que hay una tendencia a ocupar el centro por las categorías más pequeñas, mientras que las más grandes se ubican en la periferia. La explicación esté tal vez en las propias matrices de datos, ya que para que un elemento se encuentre en el centro de la representación es necesario que sea atraído desde distintas categorías mediante la co-ocurrencia del código CDU. Esto es más fácil en una categoría pequeña ya que puede ser fácilmente "movida" a poco que co-ocurra con una categoría más grande y pesada. En cierta forma, los elementos que se encuentran en el centro son los que comparten más datos en común con el resto, el problema es que debido a su escaso volumen lo que están compartiendo es la ausencia de información (ceros en la matriz), en lugar de la información en sí (unos en la matriz).

Agrupaciones de elementos (estructura). Con respecto a las agrupaciones de elementos, vemos en la figura 9.1 como el MDS 2D de las clases principales se corresponde con la estructura de los dos grandes grupos del dendograma (cuadro 9.1), sin embargo, no se corresponde con las subdivisiones A y B de cada grupo. Aquí nos encontramos con que las clases problemáticas del *clustering*, Derecho y Economía, se encuentran mejor representadas ya que si bien se pueden asociar con las categorías del grupo 1, se encuentran lo suficientemente alejadas como para poder ser desagregadas.

En el cuadro 9.2 vemos las relaciones de Economía con las clases más afines. Podemos apreciar que además de las relaciones lógicas con disciplinas del Grupo 2 se encuentra ligada a las Matemáticas, por lo que asumimos que la posición que ocupa en el mapa esta condicionada fuertemente por esta última.

<b>Economía</b>	<b>3313</b>
Derecho	332
Documentación	163
Sociología	140
Historia	99
Cs. Políticas	79
Matemáticas	52

Cuadro 9.2 - Relaciones de la clase Economía

Es también digno de mención el comportamiento de las clases Geografía y Arquitectura, que parecen forzar la frontera trazada entre los grupos 1 y 2. La Geografía parece estar atraída por las humanidades, mientras que la Arquitectura por las ciencias duras, lo cual es totalmente lógico y permite un juego interpretativo mayor que en el caso del dendograma. En el cuadro 9.3 podemos apreciar las relaciones de Arquitectura, y por lo visto son las Cs. Naturales y la Ingeniería (en menor grado) las que la fuerzan su integración en el espacio del Grupo 2. El resto de la representación, en líneas generales, parece seguir una lógica aceptable.

<b>Arquitectura</b>	<b>732</b>
Arte	163
Historia	48
Geografía	44
Cs. Naturales	41
Ingeniería	15

Cuadro 9.3 - Relaciones de la clase Arquitectura

Identificación de los ejes. El ajuste entre las agrupaciones del MDS y la taxonomía del *clustering* nos permite establecer un eje perpendicular a la frontera entre los grupos 1 y 2 y oblicuo a los propios ejes del cartesianos del mapa. Este eje determina la relación entre los extremos ciencias duras / humanidades, ubicándose en el centro las ciencias sociales. De esta forma tendremos en uno de los extremos a la Literatura, una temática humanística con poca relación con la ciencia y tecnología, y en el otro a la Medicina/Farmacología que a su vez tiene poco contacto con las humanidades. En los límites encontraremos categorías que comparten información con categorías del grupos contrario, como es el caso de las ya comentadas: Arquitectura y Geografía.

Relaciones entre elementos cercanos (vecindad). Para White y Griffith a principios de los años ochenta estaba claro que la representación MDS era también útil para indicar las relaciones de vecindad entre elementos. Sin embargo, en los años noventa se arriba a la conclusión de que esto no es así y que otras técnicas presentan estas relaciones de forma mucho más fiable (Kaski 1997). Este es el caso del SOM.

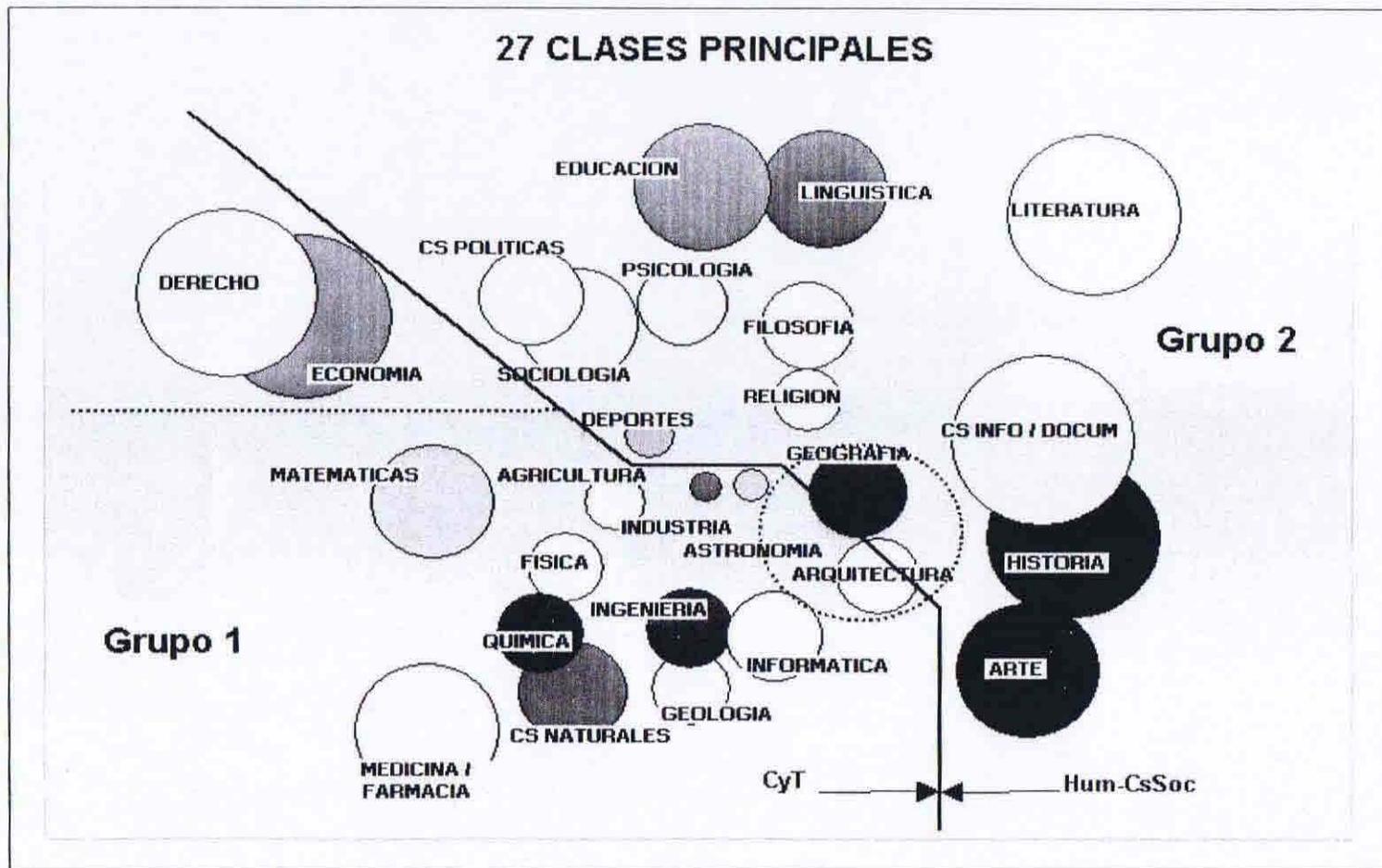


Figura 9.1 – Organización del MDS 2D

Con relación a los mapas MDS del segundo nivel destacaremos dos fenómenos: la superposición de elementos y la desagregación de uno de ellos con respecto al resto. Cuando hablamos de superposición de elementos no nos referimos al solapamiento que se da por ejemplo en la representación principal entre las clases Economía y Derecho, sino que nos referimos al caso en que dos elementos tienen las mismas coordenadas y ocupan el mismo punto en el espacio. Este fenómeno se ha dado en varias subclases: 1 - Matemáticas, 7 - Lingüística/Filología, 10 - Economía, 18 - Filosofía, y 19 - Teología/Religión. En esta última la superposición es muy singular ya que coinciden cinco de los siete elementos en las mismas coordenadas. Esto ha constituido un problema operativo ya que fue necesario graficar los elementos de manera tal que los de menor tamaño quedarán por encima de los mayores, para que pudieran ser vistos todos. Por otra parte, la legibilidad de la representación se ha visto disminuida por las superposiciones, aunque como veremos más adelante estas desaparecerán en el MDS tridimensional.

El segundo fenómeno, la desagregación de un elemento, está relacionado con el efecto que ya habíamos mencionado en el apartado de *clustering*: los dendogramas escalonados. Las clases afectadas son: 3 - Geología, 4 - Física, 15 - Educación, 18 - Filosofía, 19 - Teología/Religión, 20 - Ciencias Políticas, 21 - Agricultura, y 25 - Industria. La claridad de las representaciones no se ve necesariamente afectada por esta característica, aunque creemos que el elemento desagregado parece cobrar más importancia al estar marginado del resto. Por lo que podemos observar este fenómeno no desaparece en los MDS 3D aunque se mitiga bastante.

### 9.3. MDS 3D

Como ya hemos dicho el MDS tridimensional aporta más información que el de dos dimensiones debido a que su nivel de *stress* es mucho menor. En el cuadro 9.4 encontramos los valores de *stress* para cada representación en dos y tres dimensiones. En la columna "#" encontramos el número de subclases de cada una de las clases principales. El número de subclases será directamente proporcional a los valores de *stress* obtenidos. Por ejemplo, los valores de *stress* más altos se dan en la representación principal (27 clases), y en la clase 8 - Literatura (14 subclases). En esta última los valores de *stress* son mayores aún que los de la representación principal, a pesar de contar con menos elementos. Cuando el número de elementos es suficientemente bajo (4 ó 5) los valores de *stress* llegan a cero, o lo que es lo mismo, que las distancias en el espacio reducido son iguales a las del espacio multidimensional.

A pesar de que las representaciones MDS 3D contienen más información que las 2D, en líneas generales son más difíciles de manipular y analizar. Esto no se relaciona solamente con la representación en sí, sino que también depende del *software* utilizado para la visualización.

De todas maneras, cuando la cantidad de elementos es grande (como en el caso del primer nivel), la consulta de la representación es un tanto confusa y requiere de cierta maestría en el uso del navegador. Uno de los problemas que no hemos podido resolver de forma sencilla es el de la orientación de las etiquetas y nombres, ya que al girar la representación también se giran estos de forma tal que en algunos momentos desaparecen (no tienen perfil) o aparecen escritos al revés (al verlos por detrás). Es necesario emplear un método de etiquetado más versátil y potente, aunque las limitaciones del formato VRML lo hacen inviable por el momento.

Nº	Clase	#	2D	3D
0	27 Clases principales	27	0,2672939	0,1689953
1	Matemáticas	10	0,1273936	0,0684135
2	Ciencias Naturales	12	0,1928132	0,1285073
3	Geología	7	0,0028839	0,0821795
4	Física	8	0,0572146	0,1054926
5	Química	8	0,1029383	0,0414875
6	Medicina / Farmacia	12	0,1983832	0,1187589
7	Lingüística / Filología	13	0,1978268	0,1369994
8	Literatura	17	0,2755226	0,1838116
9	Historia	9	0,0958723	0,0670983
10	Economía	11	0,1719369	0,0958551
11	Derecho	11	0,1508209	0,0803624
12	Sociología	9	0,1424541	0,0726922
13	Tecnología / Ingeniería	11	0,1545104	0,0815664
14	Geografía	9	0,1347568	0,0556184
15	Educación	9	0,1271143	0,0834242
16	Arte	13	0,1815257	0,1142813
17	Deportes	2	sin representación	
18	Filosofía	7	0,0028437	0,0000000
19	Teología / Religión	7	0,0001296	0,0023898
20	Ciencias Políticas	8	0,0451876	0,0188381
21	Agricultura / Caza / Pesca	7	0,0210135	0,0001258
22	Informática	4	0,0000000	0,0000000
23	Cs. De la Información / Documentación	14	0,2008526	0,1218325
24	Arquitectura / Urbanismo	7	0,0517075	0,0309238
25	Industria y Oficios	4	0,0000000	0,0000000
26	Astronomía	5	0,0000049	0,0000000
27	Psicología	10	0,1580671	0,0900239

Cuadro 9.4 - Niveles de *stress* del MDS en 2D y 3D

Donde si se aprecian las ventajas del MDS 3D es en el caso de las representaciones de segundo nivel con elementos superpuestos. El caso paradigmático en este sentido es el de la clase 19 - Teología/Religión. En la versión 2D aparecen superpuestos en mismo punto cinco subclases: Generalidades, Teología dogmática, Teología moral, Teología pas-

toral, y la Biblia, en cambio se observamos la versión 3D podemos observar como los elementos aparecen claramente desagregados. Lo mismo ocurre en el resto de los mapas MDS 2D que presentan superposiciones.

#### **9.4. SOM**

Ya hemos dicho en varias ocasiones que la principal característica del SOM consiste en que reduce la dimensión manteniendo las relaciones de vecindad por sobre las relaciones estructurales. Para comprobar esto hemos hecho lo mismo que con el MDS 2D, combinamos los resultados del *clustering* con la representación, y su resultado lo podemos apreciar en la figura 9.2. Ahí se ve claramente que los distintos subgrupos aparecen fragmentados, con la excepción del 2A que aparece íntegro. El grupo 1B incluso aparece en cuatro segmentos separados. Es evidente que el SOM no responde a la lógica estructural que plantea el método de Ward.

Cada una de las áreas del mapa se corresponden con las 27 categorías de la clasificación ya mencionadas. El tamaño de las áreas representa la amplitud del concepto, o, lo que es lo mismo en este caso, la frecuencia con la que el código CDU co-ocurre con otras clases en la base de datos. De esta forma, el tamaño del área y la vaguedad del concepto a efectos de recuperación de los documentos se convierten en sinónimos. La topología del conjunto expresa la totalidad del contenido de la base de datos, contenido que se entiende como el contacto entre las distintas áreas temáticas. De forma que cuantas más relaciones se

establecen entre un área y las restantes, mayor es el tamaño del área en cuestión.

Las relaciones de vecindad entre las categorías indican la frecuencia de las co-ocurrencias de los números de clasificación. A este respecto hay que señalar que el SOM busca la topología óptima (Moya Anegón et al. 1999). Esto implica que al tener que reducir a dos dimensiones la representación, las áreas se despliegan y ocupan su lugar en función del mayor o menor contacto entre ellas, por lo que las relaciones de co-ocurrencia que se establecen entre dos áreas condicionan la ubicación en el mapa del resto. La cercanía/distancia entre las áreas viene a determinar la frecuencia de co-ocurrencias, sin que ello signifique que los números de clasificación de dos áreas alejadas físicamente entre sí no co-ocurrán de forma absoluta. Con respecto a la forma de las áreas, éstas se encuentran también determinadas por la co-ocurrencia de sus números de clasificación con el resto de las áreas. Las relaciones de co-ocurrencia no siempre se pueden representar mediante áreas puramente rectangulares, sino que es necesario recurrir a áreas de más lados que permitan visualizar el contacto entre ellas, como en el caso de la Literatura.

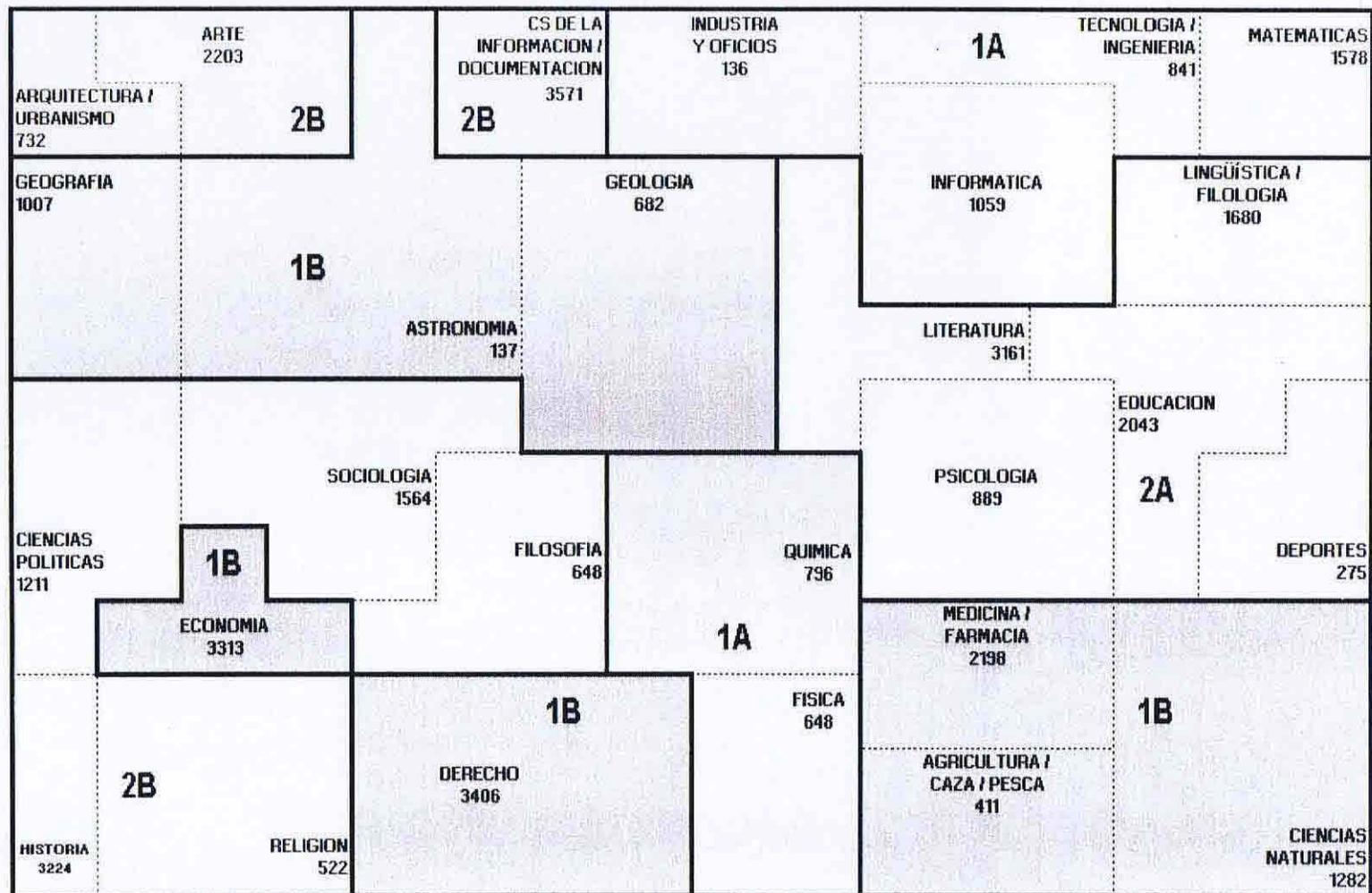


Figura 9.2 Clustering aplicado al SOM

Es mucho más difícil analizar una representación SOM que una representación MDS, debido a que no podemos observar en la primera una estructura organizativa clara como es el caso de la segunda. Por esta razón debemos centrarnos en las relaciones de vecindad de la representación, o sea en la adyacencia entre los temas. Si observamos bien encontramos vecindades interesantes que no han sido reflejadas en el MDS, por ejemplo el contacto de la Lingüística con las Matemáticas y la Informática, además de la Literatura (que si aparecía en el MDS). Otra relación interesante es el de la Psicología con la Medicina y con la Educación, aunque en el MDS solo se reflejaba la relación con esta última. También es relevante la cercanía de la Filosofía al Derecho, la Sociología y la Economía. Otra vecindad importante se da entre la Educación y los Deportes. Todas estas consideraciones son aplicables también a las representaciones del segundo nivel, las que no presentan características especiales y sobre las que no entraremos en detalle. Lo único destacable es que las vecindades parecen encajar mucho mejor en estas representaciones debido a que el número de elementos en juego es sensiblemente menor al del primer nivel, con la única excepción de la Literatura.

Las vecindades importantes se dan junto a otras que parecen no tener demasiado sentido. En este contexto entendemos como relación importante a aquella relación que para el observador puede ser interesante. Por esta razón la visualización de un SOM es una tarea subjetiva susceptible de dar lugar a distintas interpretaciones. Esta es una característica general de todas las representaciones, aunque da la impresión de que en el caso del SOM dicha característica se acentúa. Quizás se deba al hecho de que los humanos tratamos de visualizar con una cierta ló-

gica estructurante que se adapta mejor a representación del tipo del MDS y no tanto al SOM, cuya lógica organizativa parece ser oscura y fragmentada. Para valorar realmente los aportes de cada tipo de representación debemos analizarlas bajo una perspectiva comparativa, lo cual haremos en el punto siguiente.

### **9.5. Visión comparativa**

En líneas generales podemos decir que las representaciones obtenidas son capaces de resolver o al menos soportar las características de Dillon, que planteamos en el inciso 3.2 de este trabajo, referentes al *browsing* gráfico (Dillon 1991), y que Bawden a su vez denomina *browsing* global (Bawden 1993). Entre dichas características encontramos:

- Mayor poder representativo. Permite mostrar más información en un limitado espacio de pantalla y posibilita la agrupación de documentos bajo diferentes criterios.
- Representación combinada. Es posible presentar tanto a los documentos como a los descriptores, en la misma representación bidimensional.
- "Visión global". La representación asociada a un interfaz posibilita la "visión global" que propone Bawden.

- Interacción. Aplicados a un interfaz, las representaciones son mucho más interactivas que los sistemas basados solo en texto.

Nuestras representaciones cumplen con tres de las cuatro características. Solamente no cumplen con la segunda, debido a que en los dos niveles de representación que hemos propuesto no aparecen directamente representados los documentos. La primera característica se cumple en parte ya que nos hemos centrado solamente en la representación de las relaciones basadas en los códigos CDU, sin embargo, es posible implementar mapas similares basados en otros elementos de análisis.

La tercera característica se cumple por completo en todas nuestras representaciones, individualmente de que la "visión global" que brinden se base en las relaciones estructurales (MDS) o en las vecindades (SOM). Con respecto al último punto debemos decir que si bien las representaciones son interactivas (basta solo con accederlas a través del *web*), las posibilidades de mejorar la interacción son prácticamente infinitas. Al trabajar en entornos *web* es posible enriquecer los interfaces con todo tipo de herramientas y tecnologías desarrolladas especialmente para Internet: los *applets* de Java, la conexión a bases de datos mediante ASP, aplicaciones específicas para VRML, etc. La elección de una plataforma abierta como es la *web* nos garantiza una actualización constante de las posibilidades de nuestros interfaces.

A pesar de todas estas bondades, Dillon también plantea tres desventajas para los interfaces basados en representaciones gráficas de la información:

- Interacción. Aplicados a un interfaz, las representaciones son mucho más interactivas que los sistemas basados solo en texto.

Nuestras representaciones cumplen con tres de las cuatro características. Solamente no cumplen con la segunda, debido a que en los dos niveles de representación que hemos propuesto no aparecen directamente representados los documentos. La primera característica se cumple en parte ya que nos hemos centrado solamente en la representación de las relaciones basadas en los códigos CDU, sin embargo, es posible implementar mapas similares basados en otros elementos de análisis.

La tercera característica se cumple por completo en todas nuestras representaciones, individualmente de que la "visión global" que brinden se base en las relaciones estructurales (MDS) o en las vecindades (SOM). Con respecto al último punto debemos decir que si bien las representaciones son interactivas (basta solo con accederlas a través del *web*), las posibilidades de mejorar la interacción son prácticamente infinitas. Al trabajar en entornos *web* es posible enriquecer los interfaces con todo tipo de herramientas y tecnologías desarrolladas especialmente para Internet: los *applets* de Java, la conexión a bases de datos mediante ASP, aplicaciones específicas para VRML, etc. La elección de una plataforma abierta como es la *web* nos garantiza una actualización constante de las posibilidades de nuestros interfaces.

A pesar de todas estas bondades, Dillon también plantea tres desventajas para los interfaces basados en representaciones gráficas de la información:

- Generación dificultosa. Debido a los algoritmos utilizados, el volumen de procesamiento de máquina necesario para generar las representaciones es muy grande.
- Dificultad. En un primer momento, la utilización de una representación puede ser un tanto complicada
- Entendimiento. Las representaciones no siempre son sencillas de entender.

Estas limitaciones no parecen afectar por igual a todas nuestras representaciones. Por ejemplo, la dificultad de generación no es la misma para el caso de un MDS que un SOM. Si bien la aplicación del algoritmo del MDS parece ser bastante sencilla, no es posible realizarlo con un gran número de variables. En este estudio trabajamos con un máximo de 27 variables, pero los paquetes estadísticos no parecen ser capaces de trabajar con más de 100 variables. Si realizamos análisis basados en elementos como los códigos CDU esto puede ser suficiente, pero si hablamos de un análisis de co-ocurrencia de palabras no lo es. Esta es una importante limitación si pretendemos cumplir con el primer punto de Dillon: brindar representaciones basadas en diferentes criterios (elementos) de análisis.

Por su parte la generación de un SOM tampoco es tarea sencilla ya que consume muchos recursos de máquina. Sin embargo, la cantidad de variables que podemos utilizar aquí es teóricamente infinita. Se han entrenado con éxito redes con vectores de más de 1000 variables. Además, debemos tener en cuenta que las RNA son de naturaleza paralela y que nosotros estamos forzando su simulación mediante ordena-

dores secuenciales. En otras palabras, si contáramos con procesadores paralelos la optimización del algoritmo sería tal que podríamos generar los mapas SOM en tiempo real. Esto es lo que hace el equipo de Kohonen para su interfaz WebSOM, mediante un neurordenador masivamente paralelo CNAPS y utilizando el programa SOM\_PAK (Kohonen et al. 1996). Este tipo de ordenador es sumamente costoso y no se encuentra al alcance de cualquiera pero seguramente a mediano plazo podremos contar con una potencia de procesamiento que facilite la generación rápida de cualquier tipo de SOM.

Con respecto a la segunda desventaja, la dificultad en la utilización de una representación, ya entramos en un terreno un tanto más subjetivo, y que dependerá mucho de las habilidades con que cuente el usuario. Lo cierto es que no podemos decir que las representaciones de un tipo sean más fáciles de utilizar que las de otro, básicamente porque hay muy pocos trabajos que han estudiado este problema. La evaluación basada en usuario es una línea de investigación todavía en ciernes en lo que respecta a los interfaces gráficos de información. En general existen pocos trabajos que estudien y evalúen el *browsing* en su conjunto, tal como hemos visto en el tercer capítulo. La naturaleza azarosa y desestructurada de esta actividad dificulta su análisis y cuantificación, lo cual a su vez si lo sumamos a los inconvenientes de trabajar con representaciones gráficas, configura una problemática muy compleja. Sobre este tema no profundizaremos en este capítulo, ya que lo trataremos en el siguiente bajo el apartado de líneas futuras de investigación.

Dejando un poco de lado este problema, nos queda aún la tercer desventaja que establece Dillon: el entendimiento de la representación. Si bien este problema está muy relacionado con el anterior, su naturaleza es todavía aún más subjetiva. Como dijimos en el punto anterior, la

forma en que las personas captan las imágenes de su entorno está relacionada con ciertos procesos cognitivos básicos. No existe ninguna receta que nos diga en que medida cada una de nuestras representaciones maneja una lógica "entendible" por el usuario. No obstante, contamos para ello con un modelo de análisis teórico: la esquemática.

## **9.6. Las representaciones ante la esquemática**

En el capítulo 2 del presente trabajo abordamos el concepto de "esquemática" desarrollado por Joan Costa. Como recordamos, Costa caracteriza a la esquemática mediante 12 postulados básicos. Nuestras representaciones cumplen con todos estos postulados, quizás con la salvedad del octavo debido a que no son del todo monosémicas sino que pueden llegar a transmitir una cierta polisemia. Lo importante es que nuestros mapas o representaciones son útiles para visualizar información, entendiendo por visualizar no el simple hecho de ver sino el de hacer visibles y comprensibles al ser humano aspectos y fenómenos que no son accesible a simple vista, y que en este caso no son ni siquiera de naturaleza visual. La complejidad informativa de una base de datos queda, de esta forma, plasmada en un esquema que puede ser observado con el fin de descubrir relaciones entre los elementos informativos que contiene.

Para ello no debemos tomar a la representación como una imagen figurativa, sino que debemos tratarla como una presentación gráfica de conocimientos. Esta presentación tiene por origen una serie de datos abstractos que son llevados a formas visibles y desemboca en un producto: el esquema-representación. Este esquema es esencialmente di-

ferente de los datos de los que ha partido, porque se presenta en forma visual y se configura en un cuadro donde sus componentes se muestran en su interrelaciones y de manera simultánea.

La forma de "leer" esta información no es de manera icónica o textual, sino mediante el "tercer lenguaje" del que habla Costa en el postulado doce. A pesar de la apariencia oscura de algunas de nuestras representaciones, sus grados de abstracción son generalmente inferiores a los de la lectura textual o el de las matemáticas. En realidad según Costa se trata de lenguajes analógicos basados en la abstracción.

Para comprender un poco los elementos que entran en juego en estos lenguajes, hay que introducirse en el concepto de esquema como *Gestalt*. La *Gestalttheorie* establece una serie de leyes y principios básicos para analizar la configuración de una imagen. Estos principios, que hemos desarrollado en el capítulo 2, nos resultan útiles para analizar las características perceptivas de nuestras representaciones.

21. Ley de totalidad. Este principio es aplicable tanto al MDS como al SOM, aunque creemos que se aplica mejor al primero que al segundo, ya que el MDS brinda una visión estructural que el SOM no da.

22. Ley estructural. Esta ley esta relacionada con la anterior y de igual manera es el MDS quién se beneficia de este principio.

23. Ley dialéctica. La relación fondo-forma se da de manera natural en el MDS, pero no en el SOM. En este último, una de las áreas que lo compone puede constituirse en forma si forzamos a las restantes a ser fondo. En cambio, en el MDS esta tarea es más natural ya que

realmente existe un fondo que es independiente de los elementos. El SOM intenta ocupar todo el espacio con información, mientras que el MDS utiliza el espacio vacío para comunicar información sobre los elementos.

24. Ley de contraste. Como hemos dicho en el principio anterior, al no tener fondo esta regla es de difícil aplicación en el SOM. Solo se puede observar en el MDS.

25. Ley de cierre. Generalmente esta regla se aplica por igual al MDS y al SOM ya que ambos trabajan, en nuestro caso, con formas cerradas. No obstante, el añadido de líneas divisorias como las que introdujimos para representar el *clustering* en el MDS de la figura 9.1, generan elementos abiertos que "pierden" energía. Si observamos el *clustering* + SOM de la figura 9.2 podemos ver como en este caso las líneas divisorias terminan siendo siempre cerradas. Este principio se refleja mejor en el SOM.

26. Ley de completación. Como hemos dicho, este principio no se puede aplicar al SOM porque generalmente no aparecen formas abiertas, en cambio, si es muy común en el MDS. Esto puede ser muchas veces una ventaja ya que se puede sugerir la pertenencia de un determinado elemento a un grupo sin necesidad de explicitarla (en el SOM se explicita). La decisión de aplicar la completación correrá por cuenta del usuario, por lo que la representación tiene un margen de subjetivismo mayor.

27. Noción de *pregnancia*. En este caso la *pregnancia* se dará en ambas representaciones aunque por diferentes motivos, como veremos más adelante.
28. Ley de *simplicidad*. Una figura simple es aquella que necesita menor número de elementos para construirla. En este sentido, creemos que el SOM es una representación que se ve beneficiada por la simplicidad, lo cual generalmente no es cierto en el caso del MDS.
29. Ley de *concentración*. Lamentablemente el SOM no tiene punto central ya que la necesidad de ocupar todo el espacio y de potenciar la vecindad hace que los elementos que aparecen en el centro de la representación no tengan mayor importancia que los de la periferia. En cambio, en el MDS la relación centro/periferia es muy importante, y aunque esa importancia no sea patente en nuestros mapas si lo es en los estudios de ACA, tal como lo han destacado White y Griffith.
30. Ley de *continuidad*. En este caso creemos que los ejes en el SOM son claros y continuos, dan una noción de ortogonalidad que no encontramos en el MDS, independientemente que en cualquiera de estas dos representaciones los ejes pueden tener o no un sentido claro.
31. Ley de *contorno*. Esta es una de las principales características del MDS que permite realizar a simple vista una clasificación y agrupamiento de los elementos representados. En el caso del SOM esto es muchísimo más difícil de conseguir.

32. Ley del movimiento coordinado. Este principio no afecta a nuestras representaciones bidimensionales ya que son estáticas. No obstante, si está relacionado con las representaciones MDS 3D ya que estas tienen movilidad, aunque controlada por el individuo. En todo caso el movimiento es coordinado ya que los elementos se mueven simultáneamente de forma coordinada entre sí y con respecto al "suelo virtual" (retícula).
33. Ley de continuidad de dirección. En líneas generales no nos encontraremos con este tipo de elemento en nuestras representaciones, aunque es posible encontrar líneas curvas en un MDS.
34. Principio de invariancia topológica. Debido a que nuestras representaciones bidimensionales son estáticas este principio no es aplicable. Con respecto al MDS 3D, sí tiene movimiento aunque en ningún momento es posible deformar la representación. Este principio se podría aplicar muy bien a los mapas dinámicos de Leiden que tratamos en el capítulo quinto.
35. Principio de enmascaramiento. A este principio también se aplica lo dicho anteriormente.
36. Principio de Birkhoff. Con respecto a los elementos en sí, los del MDS son perfectamente simétricos (esferas) mientras que las áreas del SOM no lo son. No obstante, si tomamos al mapa en su totalidad el SOM presenta una ordenación cuya simetría y regularidad es mucho mayor que la del MDS.



37. Principio de proximidad. El principio de proximidad esta mejor reflejado en el SOM debido a que este prioriza las relaciones de vecindad por sobre la estructura. El MDS en su afán de plasmar la estructura deja de lado la información sobre la relación entre los elementos.
38. Principio de similaridad. Este principio, al contrario que el anterior, se encuentra mejor reflejado en el MDS, ya que los elementos se pueden asociar por carácter transitivo. En cambio, en el SOM un elemento no puede asociarse a otro mediante un tercero, solo pueden relacionarse dos elementos que estén directamente en contacto.
39. Principio de memoria. Esto afecta por igual a todas nuestras representaciones, pero es necesario aplicarlo sobre todo a aquellas que presentan una lógica compleja. Es necesario adaptarse a ellas y para ella apelamos al principio de memoria.
40. Principio de jerarquización. Bajo este principio hemos estructurado nuestras representaciones. El principio de jeraquización afecta a todas por igual, y establece un nivel básico o representación de primer nivel desde la cual podemos navegar hacia otras representaciones que realizan un *zoom* temático de cada categoría de la representación principal. De esta forma el nivel principal puede ser utilizado como punto de retorno para el usuario, y al cual terminará asimilando gracias al refuerzo establecido por el principio de memoria.

#	Leyes y principios de la <i>Gestalttheorie</i>	SOM	MDS
1	Ley de totalidad		+
2	Ley estructural		+
3	Ley dialéctica		+
4	Ley de contraste		+
5	Ley de cierre	+	
6	Ley de completación		-
7	Noción de pregnancia	+	+
8	Ley de simplicidad	+	
9	Ley de concentración		+
10	Ley de continuidad	+	
11	Ley de contorno		+
12	Ley del movimiento coordinado		
13	Ley de continuidad de dirección		+
14	Principio de invariancia topológica		
15	Principio de enmascaramiento		
16	Principio de Birkhoff	+	
17	Principio de proximidad	+	
18	Principio de similaridad		+
19	Principio de memoria	+	+
20	Principio de jerarquización	+	+

Cuadro 9.5 - Principios de la *Gestalttheorie*

En el cuadro 9.5 tenemos un resumen de los principios de la *Gestalttheorie* y su influencia en los dos tipos básicos de representación bidimensional. Cuando un principio influye positivamente en la representación utilizamos un signo "+", mientras que si el principio es restrictivo y afecta a la representación utilizamos un signo "-". Todos estos principios son fundamentales para tener un acercamiento a la esquemática como lenguaje. Sin embargo, existen otros mecanismos que se encuentran en un umbral inferior de la percepción giestáltica. Como hemos visto en el capítulo dos estos principios, las *Leyes de la infralógica visual*, son más o menos independientes del razonamiento lógico formal, ubicándose por debajo de él.

16. Ley de la centralidad. Esta ley es similar al noveno principio de la *Gestalttheorie*, la ley de concentración, por lo que se puede aplicar lo dicho oportunamente. El SOM ocupa todo el espacio y no tiene punto central, los elementos que aparecen en el centro de la representación no tienen mayor importancia que los de la periferia. En cambio, en el MDS la relación centro/periferia es determinante.
17. Ley de la correlación. Este principio refleja el carácter de las relaciones de vecindad entre elementos, y este tipo de relaciones donde se encuentran mejor reflejadas es en el SOM.
18. Ley de no transitividad. Esta ley refleja el tipo de relaciones que encontramos en el SOM, ya que dos elementos no pueden asociarse mediante un tercero intermedio, lo cual sí puede ocurrir en el MDS.
19. Ley de amplificación de la causalidad de las series. Esta ley de implicaciones múltiples solo puede aplicarse al MDS, debido a que en sí misma la representación de una estructura es una implicación múltiple.
20. Ley de infinidad. Esta ley no es aplicable a nuestro estudio porque las representaciones no presentan repeticiones de elementos idénticos.
21. Ley de percepción de la complejidad. Esta ley es muy importante a la hora de determinar la cantidad de elementos que deben formar parte de un determinado nivel organizativo de nuestra jerarquía de

representaciones. No cabe ninguna duda de que el nivel principal está constituido por una representación compleja (27 elementos), sin embargo, en el segundo nivel encontramos varios mapas que representan siete o menos elementos. Por lo visto no estábamos demasiados equivocados cuando *a priori* nos propusimos generar una estructura que tuviera un segundo nivel con una media de diez elementos por clase.

22. Ley perspectivista. Nuestras representaciones bidimensionales no tienen perspectiva, aunque si la tiene el MDS 3D. Gracias a ella se puede pasar a un primer plano a un elemento o una serie de ellos, empujando el resto. Esta es una característica que soporta normalmente cualquier navegador de entornos VRML.

23. Ley de dominio del ángulo recto. No cabe ninguna duda de que es el SOM quien mejor se adapta a esta ley.

24. Ley de cuantificación de los ángulos. En este sentido también es el SOM el que mejor se adapta a estos ángulos básicos. Nosotros hemos generado mapas SOM sobre retículas cuadradas porque es la que más fácilmente se puede implementar en el Excel. No obstante, existe un tipo de SOM que se genera sobre una rejilla hexagonal, con ángulos a 30° y 60°. Este tipo de SOM está soportado por el software de dominio público de Kohonen llamado SOM\_PAK (Kohonen et al. 1996).

25. Teorema de Franck. Esta ley no es aplicable a nuestros ejemplos.

26. Ley de perspectiva dinámica. Esta ley no es aplicable a las representaciones bidimensionales debido a que no tienen punto de fuga, aunque tampoco afecta al MDS 3D debido a que el punto de fuga para todos los elementos es siempre el mismo.

27. Ley de coloración. Las cosas representadas en color tienen mayor carga connotativa y expresiva, en igualdad de condiciones, que las representadas en monocromo. Esto se puede comprobar en el apéndice A, ya que por limitaciones técnicas hemos incluido la versión en color solamente de la representación de las 27 clases, dejando en monocromo las del segundo nivel. La ventaja es evidente, aunque creemos que el color beneficia más al SOM ya que el MDS tiene un fondo sobre el que puede recortar sus figuras.

28. Ley del valor cualitativo de los colores. Los elementos que poseen una crominancia intensa son superiores a los que poseen una crominancia débil, si todos los demás factores son iguales. Esto constituye un inconveniente en ambas representaciones ya que los colores son escogidos de forma automática y al azar por el Excel de entre los disponibles en su paleta. Posteriormente pueden ser modificados (los del SOM, los del MDS no), con el fin de equilibrarlos, sin embargo, es casi imposible elegir una paleta de colores entre los que no destaque ninguno.

29. Ley de pureza cromática. A esta ley es aplicable la misma objeción utilizada en la ley anterior.

30. Ley de fuerza cromática. A esta ley es aplicable la misma objeción utilizada en la ley del valor cualitativo de los colores.

#	Leyes y principios de la infralógica visual	SOM	MDS
1	Ley de la centralidad		+
2	Ley de la correlación	+	
3	Ley de no transitividad	+	
4	Ley de amplificación de la causalidad de...		+
5	Ley de infinidad		
6	Ley de percepción de la complejidad	+	+
7	Ley perspectivista		
8	Ley de dominio del ángulo recto	+	
9	Ley de cuantificación de los ángulos	+	
10	Teorema de Franck		
11	Ley de perspectiva dinámica		
12	Ley de coloración	+	
13	Ley del valor cualitativo de los colores	-	-
14	Ley de pureza cromática	-	-
15	Ley de fureza cromática	-	-

Cuadro 9.6 - Leyes de la infralógica visual de Moles

Al igual que en el caso de la *Gestalttheorie* hemos resumido la adecuación del SOM y el MDS a cada una de las leyes de infralógica visual de Moles, que podemos observar en el cuadro 9.5. Las consideraciones finales sobre nuestras representaciones ante estos modelos teóricos las presentaremos en el capítulo siguiente.

## Capítulo 10

### Conclusiones

#### 10.1. Objetivos

Los resultados obtenidos en la fase experimental de este estudio nos han permitido profundizar sobre la naturaleza de las representaciones gráficas de la información. Gracias a ellos hemos alcanzado nuestros dos objetivos básicos planteados en el octavo capítulo, así como también arribar a conclusiones sobre problemas que no nos habíamos planteado *a priori*, como por ejemplo la validez de la tridimensionalidad en un entorno informático tradicional. A continuación detallamos dichas conclusiones.

##### 10.1.1. CDU y vectorización documental

En términos generales podemos afirmar que el código de clasificación CDU, comúnmente utilizado para clasificar la información bibliográfica de una biblioteca general, es susceptible de ser utilizado para vectorizar y caracterizar temáticamente dicha colección. De esta forma es posible crear representaciones basadas en una cantidad pequeña de variables (27 en nuestro caso), frente a la gran cantidad de variables que insume la vectorización basada en texto libre (título, *abstract*, etc.). Este punto es importante ya que hasta el momento los experimentos

realizados bajo esta última forma de vectorización solo se han circunscrito a colecciones muy pequeñas de documentos.

El principal inconveniente de la vectorización por CDU es que a pesar de su estructura jerárquica esta debió ser categorizada y adaptada heurísticamente. Si bien el modelo de categorización y adaptación desarrollado para este estudio puede ser aplicado a otras colecciones, lo lógico sería que la categorización se desprendiera claramente de su propia estructura jerárquica. Esto está originado no solo por la estructura propia de la CDU, sino también por la utilización que los clasificadores hacen de ella. Por esta razón, creemos que este problema se atenuaría considerablemente si fueran los propios clasificadores los que realicen esta adaptación, aprovechando el conocimiento que tienen de la colección.

Otro inconveniente se da en las representaciones específicas, ya que los mapas del segundo nivel no parecen tener la coherencia del de primer nivel. Esto se debe a que el nivel de resolución de los códigos de CDU funciona bien a gran escala pero no parece tener la misma definición cuando se va restringiendo y especializando el área temática. De todas formas, la solución a este problema se encuentra en la combinación de modelos de vectorización, de forma tal que se pueda utilizar la CDU para "cortar" la base de datos a gran escala (Método Humpty-Dumpy), para luego tratar cada uno de esos pedazos, necesariamente más pequeños, con técnicas más refinadas como las basadas en co-ocurrencia de palabras.

Lo cierto es que los códigos de clasificación CDU se encuentran en la mayoría de las colecciones de bibliotecas, y por tanto debemos utilizarlos. Si queremos enriquecer el acceso a colecciones de este tipo no podemos desaprovechar este elemento de información que tiene un

gran valor añadido y que seguramente se seguirá aplicando durante muchos años. Es importante que no nos planteemos el problema de la representación gráfica de la información como algo restrictivo y sesgado, sino como algo abierto y complementario a las técnicas tradicionales. Lo importante no es poner el acento en la necesidad, sino en la posibilidad que tienen estos nuevos recursos.

### **10.1.2. MDS vs. SOM**

La principal conclusión sobre las técnicas de representación es que ambas son capaces de soportar la visualización de las relaciones informativas existentes en una base de datos bibliográfica, y por lo tanto, son potencialmente útiles a la hora de construir un VIRI. Si bien encontramos en la literatura de la especialidad algunos autores que afirman esto del SOM (Chen, Schuffels, & Orwig 1996) (Orwig, Chen, & Nunamaker 1997), no ocurre lo mismo en el caso del MDS. Esto se debe quizás a los problemas de implementación que plantea esta técnica, siendo el principal la cantidad restringida de variables que puede manejar. No obstante, como hemos dicho en el punto anterior, esto no es inconveniente cuando vectorizamos por CDU.

De lo que no cabe ninguna duda es de que las relaciones entre variables que se presentan en el MDS y en el SOM son claramente diferentes. El MDS intenta representar la estructura global de la información, tal como lo demuestra su adaptación a principios claros de la *Gestalttheorie*: ley de totalidad, ley estructural, ley dialéctica, ley de contraste, ley de concentración, etc. Su adaptación se debe en gran medida a que la *Gestalttheorie* basa su análisis en la relación

fondo/forma, a la cual responde el MDS. La parte se convierte en todo y la forma pasa a ser parte del fondo, de manera alternativa y voluntaria por parte del observador. De esta manera podemos captar el conjunto de relaciones a nivel macro que concurren en la fuente de datos.

Como contrapartida a esto tenemos la fragmentación y dislocamiento del SOM. Para hacer una analogía artística, podemos decir que un SOM es una versión cubista de un MDS. No solo es cubista porque se basa en formas rectangulares, sino que además pone el énfasis sobre ciertas relaciones puntuales, sobredimensionándolas hasta tal punto que la estructura general queda totalmente deformada. Deformada de tal manera que llega a ocupar todo el espacio visual, eliminando por completo el fondo. De esta manera la relación fondo/forma sencillamente no existe y muchos de los principios de la *Gestalttheorie* directamente no pueden ser aplicados.

Las que sí pueden ser aplicadas son las Leyes de la infralógica visual, debido a que se centran en aspectos más básicos e intuitivos que los de la *Gestalttheorie*. De hecho, Moles afirma que el conjunto de situaciones en las que la mente humana se ve conducida a pensar "lógicamente" constituyen en realidad una fracción muy pequeña de las situaciones reales de la vida (Moles 1987). En términos generales la percepción visual trabaja de manera más instintiva, respondiendo a ciertos estímulos, que de manera automática. El SOM parece poseer ciertos elementos (ortogonalidad, colores, formas, etc.) que responden de manera satisfactoria a esta infralógica, tal como pudimos apreciar en el último cuadro del capítulo anterior.

El principal inconveniente es que, al parecer el ser humano piensa visualmente mediante los principios de la *Gestalttheorie*, con lo cual resulta obvio que encontremos mucho más "lógica" una represen-

tación MDS que una representación SOM, pertenecientes ambas a la misma fuente de datos. No obstante, creemos que las relaciones que plantea el SOM son sumamente importantes y que deberíamos hacer un esfuerzo para ser capaces de entenderlas al igual que en el caso del MDS. Este desafío solo se alcanzará si contamos con la posibilidad de interactuar una y otra vez con distintas representaciones SOM (recordar el principio de memoria). Podemos concluir que el SOM presenta una visión más esquemática y menos obvia que el MDS, pero que debe ser tenida en cuenta. Recordemos, no debemos limitarnos por las necesidades, sino que debemos explotar las posibilidades de todos los elementos que encontramos a nuestra disposición.

### **10.1.2. MDS 3D**

Los resultados obtenidos con las representaciones tridimensionales han sido un poco pobres. Creemos que el MDS funciona bastante bien como técnica de reducción a espacios tridimensionales, ya que evitó algunos problemas que se presentaron en el MDS 2D. El más importante fue el de la superposición de elementos, donde el MDS 3D logró separar elementos que en 2D se amontonaban sobre sí dificultando la comprensión de la representación. Además, en todos los casos los valores de stress obtenidos en 3D fueron menores que los de 2D, y por consiguiente, las representaciones 3D fueron más fieles a la matriz de datos multidimensional.

Sin embargo, la exploración y manejo de estos modelos 3D no resulta fácil, hasta tal punto que las ventajas en la representación no pueden ser aprovechadas en la interacción. Eso no es problema que se

pueda achacar al MDS sino más bien a la tecnología disponible en este momento: el estándar VRML, la RV plana, los navegadores, los periféricos, etc. Como veremos en los puntos siguientes, estas tecnologías están evolucionando y se están abaratando de manera constante. Por ello, no debemos desestimar la factibilidad de utilizar representaciones MDS tridimensionales, tan solo deberemos esperar hasta que contemos con mejores entornos informáticos que faciliten la interacción hombre-ordenador bajo RV.

## **10.2. Líneas futuras de investigación**

Lo realizado hasta aquí es solo una parte de la gran cantidad de trabajo que aún queda por delante en el estudio de la representaciones gráficas de la información. A continuación, analizamos tres líneas de investigación sobre las que habría que seguir trabajando a corto y mediano plazo.

### **10.2.1. Evaluación basada en usuarios**

Como hemos dicho en el capítulo anterior, no existen demasiados estudios que evalúen los interfaces gráficos en función de su interacción con los usuarios. Entre los pocos trabajos sobre esta línea dedicados al SOM encontramos el de Xia Lin, quién evaluó comparativamente el *browsing* en mapas SOM (GTOC), frente a otros generados manualmente (TOC) y al azar (Lin 1995). La variable a estudiar era el tiempo medio que empleaban los usuarios para acceder a una serie de docu-

mentos determinados de antemano. Lin arribó a la conclusión que los usuarios empleaban más tiempo en los mapas generados al azar, mientras que les resultaba más o menos igual utilizar un GTOC generado automáticamente que una mapa temático construido "a mano" (TOC). De esta manera, la validez del SOM como elemento de clasificación aparece aquí contrastada.

Otro trabajo interesante de evaluación del SOM como interfaz para el *browsing* es el del equipo de Hsinchun Chen, de la Universidad de Arizona. Este estudio es un poco más complejo que el de Lin, y en él se compara el *browsing* basado en SOM vs. el *browsing* basado en estructuras jerárquicas (Chen et al. 1998). Para ello estudiaron el comportamiento de un grupo de estudiantes de la universidad mientras buscaban información en el apartado "Entretenimientos" del directorio Yahoo!, y en un SOM *ad hoc* generado con la información de este apartado. No solamente se observaron los tiempos de acceso, sino que también se realizaron entrevistas con el fin de obtener también las sensaciones subjetivas de los usuarios. El trabajo concluye diciendo que el SOM es una herramienta sumamente útil para organizar grandes volúmenes de información en Internet y para facilitar su exploración (*browsing*). Además, afirman que los usuarios parecen preferir los entornos de exploración basados en representaciones gráficas frente a los que solo presentan información textual.

Ultimamente también se están llevando a cabo estudios de interfaces gráficas dentro del marco del programa TREC (Text REtrieval Conference). Rorvig y Fitzpatrick han introducido una serie de documentos controlados en la colección TREC con el fin de utilizarlos como casos testigo para la evaluación de un VIRI experimental (Rorvig & Fitzpatrick 1998). La importancia de este trabajo radica en que la visua-

lización de los resultados de búsqueda se realiza mediante un mapa MDS bidimensional. Esto se aprovecha especialmente cuando se aplica la retroalimentación por relevancia ya que los nuevos documentos relevantes recuperados aparecerán en la misma zona que los seleccionados de antemano. El principal problema con que se han encontrado los autores es el tiempo necesario para generar la representación de salida, entre dos y tres horas utilizando un ordenador Sun.

Como podemos ver existen unos pocos trabajos que evalúan representaciones SOM o representaciones MDS. Sin embargo, ninguno plantea el estudio comparativo donde se estudie el comportamiento de los usuarios ante ambas aproximaciones. Una línea de investigación futura estaría constituida por el estudio comparativo entre representaciones MDS y SOM, basado en el principio de evaluación por usuarios.

### **10.2.2. Entornos multiusuarios**

Unas de las líneas más innovadoras en el campo de la recuperación de la información es el de la interacción con sistemas en entornos multiusuario. El planteamiento que comúnmente se hace de la recuperación de la información se basa en el hecho de que se trata de la interacción entre un solo usuario y un sistema automatizado. Sin embargo, es posible que en lugar de un usuario tengamos a varios tratando de recuperar información al mismo tiempo. Según el planteamiento de algunos autores si se facilitara la comunicación entre usuarios que puedan tener las mismas inquietudes, se optimizaría la utilización del sistema, mediante una especie de sinergia que sume las experiencias de las diferentes personas involucradas en el proceso (Benford et al. 1993).

Por lo visto, este tipo de relación es más fácil que se de en un entorno de RV (Benford, Lee, & Bullock 1994). De hecho, las únicas experiencias existentes en este sentido corresponden al proyecto VR-VIBE, que hemos tratado en el inciso 7.4.2. (Benford et al. 1995), y al proyecto DIVE (Benford & Fahlén 1994). Según estos estudios, la metáfora de representación más conveniente es la metáfora urbana. La representación de una ciudad virtual es la más utilizada para el CSCW (Computer Supported Cooperative Work) (Benford & Mariani 1994) (Ingram, Benford, & Bowers 1996). De todas formas, el principio de la navegación y trabajo cooperativo todavía no ha sido aplicado a la representación gráfica de bases de datos estructuradas, por lo que este se constituye como una interesante línea futura de investigación.

### **10.2.3. RV inmersiva**

Otra de las líneas a seguir es la profundización en la investigación de las representaciones tridimensionales. Su supuesta riqueza informativa (presentan menor grado de *stress* que las 2D), no se puede aprovechar en la práctica debido a la dificultades de manipulación e interacción que plantea la RV plana. La superación de este modelo se encuentra en la RV inmersiva, que permite que al usuario se sumerja dentro del modelo 3D, de forma tal que lo pueda percibir de manera infinitamente mejor. Lamentablemente en esta solución entran en juego una serie de dispositivos específicos (gafas/cascos, guantes de datos, etc.) que todavía están pocos difundidos. No obstante, a medida que pasa el tiempo son cada vez más accesibles, al igual que ciertas soluciones que no son RV inmersiva pero que dan una sensación de tridimensionalidad,

como es el caso de las gafas estereoscópicas. Algunos autores piensan que la RV como tecnología es parte de una construcción fantástica un tanto utópica, que presenta desde hace años más promesas que realidades (Newby 1993). Por esta razón creemos importante la aplicación de evaluación de usuarios al estudio comparativo de las representaciones tridimensionales, tanto planas como inmersivas. De esta manera se podrá deslindar claramente los mitos de las posibilidades ciertas para esta tecnología.

Uno de los elementos que actualmente se encuentra en discusión es la próxima versión del VRML. Ya se habla del *behavior-enabled* VRML, una versión del lenguaje con un nivel mayor de interacción con el usuario (por ejemplo, si se sube a una montaña, las imágenes toman la inclinación acorde a la ladera que se está subiendo, incrementando la sensación de realidad). También será posible interactuar con los objetos virtuales que aparecen en pantalla, con una simple pulsación del ratón. Una presentación reciente del estándar propuesto, llamado Active VRML, demostró la interacción del lenguaje con la placa de sonido del usuario, de manera tal que un objeto virtual representando, por ejemplo, un automóvil, que pasara por la derecha, haría que se escuche el ruido del motor sólo en el parlante de ese lado.

Pero las modernas técnicas de RV no son solamente inmersivas y permiten el trabajo en entornos multiusuarios masivos. Actualmente se combinan con los nuevos sistemas de proyección de imágenes en 360 grados que están orientados hacia ambientes multiusuarios (existen modelos en donde la imagen puede ser compartida hasta por 45 personas en forma simultánea) (Sabbione 1999). Su tecnología está basada en un proyector de imágenes digitales en color sobre una pantalla semi-esférica. Esta pantalla se dispone de tal modo que llena completamente

el campo visual de los espectadores. Las imágenes son generadas por un único proyector localizado en el centro del domo. El *software* corre generalmente en máquinas Silicon Graphics. Para evitar la distorsión por la curvatura de la pantalla del domo, se aplica previamente a la imagen una distorsión esférica en sentido opuesto. Esto lo hace un *hardware* especial, debido a que debe ser hecho en tiempo real. Aun cuando el espectador mueva la cabeza, siempre se encontrará totalmente inmerso en el mundo virtual. Estos entornos son ideales para la realización de experiencias multiusuarios en la línea de los expresado en el inciso 10.2.2.

**Apéndice A**  
**Representaciones**

## Bibliografía

*Statistica: neural networks*. 1998. Tulsa, OK: StatSoft.

Alonso, D., Anne Rose, Catherine Plaisant., & K. Norman. 1997. Viewing personal history records: a comparison of tabular format and graphical presentation using LifeLines . *Behavior and Information Technology* 17, no. 5: 249-62.

Andrews, Keith. 1994. Spatial metaphors for information systems. *ECHT94 Workshop on Spatial Methapors*.

Baecker, Ronald M., & William A. S. Buxton. 1987. *Readings in human-computer interaction: a multidisciplinary approach*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers.

Bates, Marcia. 1979. Idea tactics. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 30, no. 5: 280-289.

———. 1989. The design of browsing and berrypicking techniques for the online search interface. *Online Review* 13, no. 5: 407-24.

Bawden, David. 1993. Browsing: theory and practice. *Perspectives in Information Management* 3, no. 1: 71-85.

Bayer, Alan E., John C. Smart, & Gerald W. McLaughlin. 1990. Mapping intellectual structure of a scientific subfield through author cocitations. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 41, no. 6: 444-52.

Beaudoin, Luc, Marc-Antoine Parent, & Louis C. Vroomen. 1996. Cheops: a compact explorer for complex hierarchies. *IEEE Visualization '96*.

Benford, Steve, Adrian Bullock, Neil Cook, Paul Harvey, Rob Ingram, & Ok-ki Lee. 1993. From rooms to cyberspace: models of interaction in large virtual computer spaces. *Interacting With Computers* 5, no. 2: 217-37.

Benford, Steve, & Lennart E. Fahlén. 1994. Viewpoints, actionpoints and spatial frames for collaborative user interfaces. *Proceedings of HCI*.

Benford, Steve, Ok-ki Lee, & Adrian Bullock. 1994. Supporting cooperative work in virtual environments. *The Computer Journal* 37, no. 8.

Benford, Steve, & John Mariani. 1994. Virtual environments for data sharing and visualization -- Populated information terrains. *Proceedings Interfaces to Database Systems (IDS)*.

Benford, Steve, Dave Snowdon, Chris Greenhalgh, Rob Ingram, Ian Knox, & Chris Brown. 1995. VR-VIBE: a virtual environment for cooperative information retrieval. *Computer Graphics Forum* 14, no. 3: 349-60.

Benking, Heiner. 1998. Sharing and changing realities with extra degrees of freedom of movement. *Computation for Metaphors, Analogy and Agents: an international workshop*.

Benking, Heiner, & Anthony J. N. Judge. 1994. Design considerations for spatial metaphors: reflections on the evolution of viewpoint transportation systems. *ECHT94 Workshop on Spatial Methapors*.

Bolter, Jay David. 1992. Virtual reality and the future of hypertext. *ECHT92 Workshop on Spatial Methapors*.

Borges, Jorge Luis. 1954. Del rigor en la ciencia. *Historia universal de la infamia*. Buenos Aires: Emecé.

Borgman, C. L. 1986. Why are online catalogues hard to use? Lessons learned from information-retrieval studies. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 37, no. 6: 387-400.

Boyce, B., C. T. Meadows, & Donald Kraft. 1994. *Measurement in information*. Londres: Academic Press.

Braun, T., W. Glanzel, & H. Grupp. 1995. The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas, 1989-1993: part I. All fields combined, mathematics, engineering, chemistry and physics. *Scientometrics* 33, no. 3: 263-93.

Braun, T., & A. Schubert. 1997. Dimensions of Scientometric Indicator Datafiles: World Science in 1990-1994. *Scientometrics* 38, no. 1: 175-204.

Braun, T., A. Schubert, W. Glanzel, & Hajnalka Maczelka. 1994. World Science in the eighties. National performances in publication output and citation impact, 1985-1989 versus 1980-1984: part II. Life sciences, engineering, and mathematics. *Scientometrics* 31, no. 1: 3-30.

Brookes, Bertram C. 1980. The foundations of information science, part III: quantitative aspects. *Journal of Information Science* 2, no. 6: 269-75.

Bruner, Jerome. 1966. *Towards a theory of instruction*. New York: W.W. Norton.

Bush, Vannevar. 1945a. As we may think. *The Atlantic Monthly* 176, no. 1: 101-8.

———. 1945b. As we may think: a top U.S. scientist foresees a possible future world in which man-made machines will start to think. *LIFE* 19, no. 11: 112-24.

———. 1987. Cabría imaginar... *CD-ROM el nuevo papiro.*, 3-21. Madrid: Anaya Multimedia/Microsoft Press.

———. 1991. Memex II. *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the mind's machine*. James Nyce, & Paul Kahn, 165-84. London: Academic Press.

Calvo Gómez, Félix. 1993. *Técnicas estadísticas multivariantes*. Bilbao: Universidad Deusto.

Campanario, J. M. 1995. Using neural networks to study networks of scientific journals. *Scientometrics* 33, no. 1: 23-40.

Canals Cabiró, Isidre. 1990. Introducción al hipertexto como herramienta general de información: concepto, sistemas y problemática. *Revista Española De Documentación Científica* 13, no. 2: 685-709.

Card, Stuart K., Jock D. MacKinlay, & Ben Shneiderman. 1999. *Readings in information visualization: using vision to think*. San Francisco: Morgan Kauffman Publishers.

Card, Stuart K., George G. Robertson, & Jock D. MacKinlay. 1991. The information visualizer: an information workspace. *Proceedings of CHI'91, ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 181-88.

Carroll, Lewis. 1988. *Alicia en el país de las maravillas*. Madrid: Alianza.

Castellanos, Miguel Angel, & Pedro Concejero. 1999. Introducción a las redes neuronales y su aplicación a las bsquedas de documentos. *Boletín Digital Factores Humanos*, no. 19.

Catledge, Lara D., & James E. Pitkow. 1995. Characterizing browsing strategies in the World-Wide Web. *Third International World-Wide Web Conference*.

Chang, Shan-Ju, & Ronald E. Rice. 1993. Browsing: a multidimensional framework. *Annual Review of Information Science and Tecnology (ARIST)* 28: 231-76.

Chen, Hsinchun. 1995. Machine learning for information retrieval: neural networks, symbolic learning, and genetic algorithms. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 46, no. 3: 194-216.

Chen, Hsinchun, Andrea L. Houston, Robin R. Sewell, & Bruce R. Schatz. 1998. Internet browsing and searching: user evaluations of category map and concept space techniques. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 49, no. 7: 582-603.

Chen, Hsinchun, C. Schuffels, & R. Orwig. 1996. Internet categorization and search: a machine learning approach. *Journal of Visual Communications and Image Representation* 7, no. 1: 88-102.

Chignell, Mark H. 1990. Taxonomy of user interface terminology. *SIGCHI Bulletin* 21, no. 4: 27-34.

Colonna, Jean-Francois. 1994. Scientific display: a means of reconciling

artist and scientists. *Frontiers of scientific visualization*. (eds.) Clifford A. Pickover, & Stuart K. Tewksbury, 181-211. New York: Wiley.

Conklin, Jeff, & Michael L. Begeman. 1989. gIBIS: a tool for all reasons. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 40, no. 3: 200-213.

Costa, Joan. 1998. *La esquemática: visualizar la información*. Barcelona: Paidós.

Courtial, Jean Pierre. 1994. A cword analysis of scientometrics. *Scientometrics* 31, no. 3: 251-60.

———. 1995. Construction des connaissances scientifiques, construction de soi et communication sociale. *Solaris*, no. 2.

Cove, J. F., & B. C. Walsh. 1988. Online text retrieval via browsing. *Information Processing and Management* 24, no. 1: 31-37.

Cuadras, Carles M. 1991. *Métodos de análisis multivariante*. Barcelona: PPU.

Dillon, Martin. 1991. The graphical browse project. *Annual Review of OCLC*: 22-25.

Doré, Jean-Christophe, Tiiu Ojasoo, Yoshiko Okubo, Thomas Durand, Gérard Dudogon, & Jean-François Miquel. 1996. Correspondence factor analysis of the publication patterns of 48 countries over the period 1981-1992. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 47, no. 8: 588-602.

Doreian, P. 1985. Structural equivalence in a psychology journal network. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 36: 411-17.

———. 1988. Testing structural equivalence hypotheses in a network of geographical journals. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 39: 79-85.

Doszkocs, Tamas E., J. Reggia, & Xia Lin. 1990. Connectionist models

and information retrieval. *Annual Review of Information Science and Technology*. ed. Martha Williams, 209-60. Vol. 25.

Drew, Nick, & Robert Hendley. 1995. Visualizing complex interacting systems. *CHI '95 Proceedings*, 204-5.

Egghe, Leo, & Ronald Rousseau. 1990. *Introduction to informetrics: quantitative methods in library, documentation and information science*. Amsterdam: Elsevier.

Ellis, David. 1989. A behavioural approach to information retrieval system design. *Journal of Documentation* 45, no. 3: 171-212.

Engelbart, Douglas. 1963. *A conceptual framework for the augmentation of man's intellect: vistas in information handling*. Washington : Spartan Books.

———. 1991. Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness. *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the mind's machine*. comp. James Nyce, & Paul Kahn, 235-44. London: Academic Press.

Engelbart, Douglas, & Kristina Hooper. 1988. The augmentation system framework. *Interactive multimedia*. Susan Ambrón, & Kristina Hooper, 15-31. Redmond: Microsoft Press.

Fernández Molina, Juan Carlos, & Félix Moya Anegón. 1998. *Los catálogos de acceso público en línea: el futuro de la recuperación de información bibliográfica*. Málaga: Asociación Andaluza de Bibliotecarios.

Fernández Molina, Juan Carlos, & Eduardo Peis. 1997. Búsqueda dinámica y exploratoria: el browsing en los catálogos en línea. *Investigación Bibliotecológica* 11, no. 22: 28-38.

Flexer, Arthur. 1995. Connectionists and statisticians, friends or foes? *Proceedings of the International Workshop on Artificial Neural Networks (IWANN'95)*.

———. 1996. *Limitations of self-organizing maps for vector quantization and multidimensional scaling*, report oefai-tr-96-23. The Austrian Re-

search Institute Technical , Vienna.

Franklin, J. J., & R. Johnston. 1988. Co-citation bibliometric modeling as a tool for S&T policy and R&D management: issues applications and developments. *Handbook of quantitative studies of Science and Technology*. A. F. J. van Raan, 325-89. Amsterdam: North Holland .

Furnas, G. W. 1981. "The FISHEYE view: a new look at structured files." Bellcore report.

Gantz, John. 1992. Scientific viusalization: a market mosaic. *Computer Graphics World* 15, no. 7: 27-28.

Garfield, Eugene. 1992. Contract research services at ISI - citation analysis for governmental, industrial, and academic clients . *Current Contents* 23, no. June 8: 5-13.

———. 1998. Mapping the world of science. *150 Aniversary Meeting of the AAAS*.

Garfield, Eugene, M. V. Malin, & Henry Small. 1978. Citation data as science indicators. *Toward a metric of science*. ed. Y. Elkana, J. Lederberg, Robert Merton, A. Tackeray, & H. ZuckermanChichester: Wiley.

Gasteiger, Johann, J Sadowski, J Schuur, P Selzer, L Steinhauer, & V Steinhauer. 1996. Chemical information in 3D space. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences* 36, no. 5: 1030-1037.

Gates, Bill. 1984. *Bussinesweek* , no. November 26: 154-55.

Gaver, William W. 1995. Oh what a tangled web we weave: metaphor and mapping in graphical interfaces. *CHI '95 Proceedings*.

Gershon, Nahum. 1994. From perception to visualization. *Scientific vi-sualization: advances and challenges*. (ed.) Lawrence J. Roseblum, and et.al., 129-39. San Diego: Academic Press.

Goodhill, Geoffrey J., & Terrence J. Sejnowski. 1996. Quantifyng neighbourhood preservation in topographic mappings. *Proceedings of the 3rd Joint Symposium on Neural Computation*, 61-82Pasadena: Cali-

fornia Institute of Technology.

Griffiths, A., L. A. Robinson, & P. Willet. 1984. Hierarchic agglomerative clustering methods for automatic document classification. *Journal of Documentation* 40, no. 3: 175-205.

Halbert, Martin. 1992. Knotbot explorations in similarity space. *Thinking robots, an aware Internet, and cyberpunk librarians*. eds. R. Bruce Miller, and Milton T. Wolf, 143-56. Chicago: American Library Association.

Helander, Martin. 1988. *Handbook of human-computer interaction*. Amsterdam: North Holland.

Hemmje, Matthias. 1993. A 3D based user interface for information retrieval systems. *Proceedings of IEEE Visualization '93*.

———. 1995. LyberWorld - a 3D graphical user interface for fulltext retrieval. *ACM SIGCHI'95*.

Hemmje, Matthias, Clemens Kunkel, & Alexander Willet. 1994. Lyberworld - a visualization user interface supporting fulltext retrieval. *Proceedings of the 17th Annual International Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR '94)*, eds. W. B. Croft, and C. J. van Rijsbergen, 249-59Springer Verlag.

Hendley, Robert, Nick Drew, Andrew Wood, & Russell Beale. 1995. Narcissus: visualising information. *InfoVis'95*, 90-96IEEE Press.

Herrero Solana, Víctor. 1998. *Guía de fuentes de información sobre recursos Internet*. México: El Colegio de México.

———. 1999. *Hiperdocumentos referenciales: una herramienta para disseminar recursos de información Internet entre los usuarios del servicio de referencia*. Rosario: Nuevo Parhadigma.

Herrero Solana, Víctor, & Félix Moya Anegón. 1999. Bibliographic displays in web-based OPACs: multivariate analysis applied to Latin American catalogues. Documento inédito.

Hilera González, J., & V. Martínez Hernando. 1995. *Redes neuronales*

*artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones.* Madrid: RA-MA.

Timo Honkela, & et.al. 1996a. *Newsgroup exploration with WEBSOM method and browsing interface*, Tecnical report A32. Helsinki University of Technology, Laboratory of Computer and Information Science, Espoo.

Honkela, Timo, & et.al. 1996b. Self-organizing maps of document collections. *Alma* 1, no. 2.

Honkela, Timo, V. Pulkki, & Teuvo Kohonen. 1995. Contextual relations of words in Grimm tales, analysed by self-organizing map. *Proceedings of International Conference on Artificial Neural Networks ICANN-95* París: EC2 et Cie.

Hørland, Birger, & Hanne Albrechtsen. 1995. Toward a new horizon in information science: domain-analysis. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 46, no. 6: 400-425.

Ingram, Rob, Steve Benford, & John Bowers. 1996. Building virtual cities: applying urban planning principles to the design of virtual environments. *Proceedings ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*.

Ingwersen, Peter. 1998. The calculation of web impact factors. *Journal of Documentation* 54, no. 2: 236-43.

Johnson, B., & Ben Shneiderman. 1993. Treemaps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures. *Sparks of innovation in human-computer interaction*. ed. Ben Shneiderman, 309-22. Norwood, NJ: Ablex Publishers.

Kahn, Paul. 1999. "Mapping web sites: planning diagrams to site maps." Web page. Available at <http://dynamicdiagrams.com/seminars/mapping/maptoc.htm>.

Kaski, Samuel. 1996. Creating an order in digital libraries with self-organizing maps. *Proceedings of World Congress on Neural Networks, WCNN'96*, 814-17 Mahwah, NJ: INNS Press.

———. 1997. "Data Exploration Using Self-Organizing Maps." Helsinki

University of Technology.

Kaski, Samuel, & Teuvo Kohonen. 1995. Exploratory data analysis by the self-organizing map: structures of welfare and poverty in the world. *Neural networks in financial engineering: proceedings of the Third International Conference on Neural Networks in the Capital Markets*, eds. A. Refenes, & et.al.

Kaski, Samuel, Krista Lagus, Timo Honkela, & Teuvo Kohonen. 1998. Statistical aspects of the WEBSOM system in organizing document collections. *Computer science and statistics*. ed. D. W. Scott, 281-90. Vol. 29. Fairfax Station: Interface Foundation of North America.

Kay, Alan. 1969. "The reactive engine." PhD Thesis, Electrical Engineering and Computer Science, University of Utah.

———. 1977. Personal dynamic media. *IEEE Computer* 10, no. 3: 31-42.

Kinnucan, Mark, Michael Nelson, & Bryce Allen. 1987. Statistical methods in information science research. *Annual Review of Information Science and Tecnology (ARIST)* 22: 147-78.

Kohonen, Teuvo. 1982. Self-organized formation of topological correct feature maps. *Biological Cybernetics*, no. 43: 59-69.

———. 1997. *Self-Organizing Maps*. Berlin: Springer.

Teuvo Kohonen, & et.al. 1996. *LVQ\_PAK: the learning vector quantization program package*, Technical report A30. Helsinki University of Technology, Laboratory of Computer and Information Science, Espoo.

Kohonen, Teuvo, Jussi Hynninen, Jari Kangas, & Jorma Laaksonen. 1996. "SOM\_PAK: The self-organizing map program package." Technical Report A31. Helsinki University of Technology, Laboratory of Computer and Information Science.

Korfhage, Robert R. 1997. *Infomation storage and retrieval*. New York: Wiley.

Lamping, John, & Ramana Rao. 1996. The hyperbolic browser: a focus

+ context technique for visualizing large hierarchies. *Journal of Visual Languages and Computing* 7, no. 1: 33-55.

Largus, Krista, & et.al. 1996. Self-organizing maps of documents collections: a new approach to interactive exploration. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. eds. E. Simoudis, J. Han, and U. Fayyad, 238-43. Menlo Park: AAAI Press.

Larson, Ray R. 1996. Bibliometrics of the World Wide Web: an exploratory analysis of the intellectual structure of cyberspace. *Proceedings of the 59th Annual Meeting of ASIS. Global complexity: information, chaos and control.*, ed. Steve Hardin.

Latour, Bruno. 1992. *Ciencia en acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor.

Leung, Y. K., & M. D. Apperley. 1994. A review and taxonomy of distortion-orientation presentation techniques. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 1, no. 2: 126-60.

Levialdi, Stefano, Antonio Massari, & Lorenzo Saladini. 1995. Visual metaphors for database explorations. *FADIVA 2 Workshop*.

Levkowitz, Haim, & Gabor T. Herman. 1992. Color scales for image data. *IEEE Computer Graphics and Applications* 12, no. 1: 72-80.

Lin, Xia. 1995. Searching and browsing map displays. *Proceedings of ASIS'95*.

———. 1997. Map displays for information retrieval. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 48, no. 1: 40-54.

Lin, Xia, Lewis Hassell, Il-Yeol Song, & Tamas E. Doszkocs. 1998. Visual interactions with web database content. *CIKM'98, New Paradigms in Information Processing and Visualization*.

Lin, Xia, P. Liebscher, & Gary Marchionini. 1991. Graphical representations of electronic search patterns. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 42, no. 7: 469-78.

- Littman, J. 1988. Keeping it simple: Norm Cox. *MacWeek* 18, no. september 20.
- Lynch, Patrick J. 1994. Visual design for the user interface. *Journal of Biocommunications* 21, no. 1: 22-30.
- Mackinlay, Jock D., Ramana Rao, & Stuart K. Card. 1995. An organic user interface for searching citation links. *CHI '95 Proceedings*.
- Mackinlay, Jock D., George G. Robertson, & Stuart K. Card. 1991. The Perspective Wall: detail and context smoothly integrated. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '91)*, 173-79 New York: ACM Press.
- . 1992. The Information Visualizer: a 3D user interface retrieval. *Advanced Visual Interfaces.*, 173-79. Singapore: World Scientific Publishing.
- Marchionini, Gary. 1995. *Information seeking in electronic environments*. New York: Cambridge University Press.
- Marchionini, Gary, & Peter Liebscher. 1991. Performance in electronic encyclopedias: implications for adaptive systems. *Proceedings of the American Society for Information Science*. ed. Jose-Marie Griffiths, 39-48. Vol. 28. Medford, NJ: Lerner Information.
- Marshakova, Valentina. 1973. System of document connections based on references. *Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya: Series II*, no. 6: 3-8.
- Martin, J. 1973. *Design of man-computer dialogues*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- McCain, Katherine W. 1990. Mapping authors in intellectual space: a technical overview. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 41, no. 6: 433-43.
- . 1991. Mapping economics through the journal literature: an experimental in journal cocitation analysis. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 42, no. 4: 290-296.

———. 1995. The structure of biotechnology R & D. *Scientometrics* 32, no. 2: 153-75.

———. 1998. Neural networks research in context: a longitudinal journal cocitation analysis of an emerging interdisciplinary field. *Scientometrics* 41, no. 3: 389-410.

McCormick, Bruce H., Thomas A. Defanti, & Maxine D. Brown. 1987. Visualization in scientific computing. *Computer Graphics* 21, no. 6: 129-47.

McCulloch, Warren, & Walter Pitts. 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, no. 5: 115-33.

McKiernan, G. "CitedSites(sm): citation indexing of web resources." <http://www.public.iastate.edu/~CYBERSTACKS/Cited.htm>.

Merkel, Dieter, & Andreas Rauber. 1997a. Alternative ways for cluster visualization in self-organizing maps. *Proceedings of the Workshop on Self-Organizing Maps (WSOM'97)*.

———. 1997b. Cluster connections: a visualization technique to reveal cluster boundaries in self-organizing maps. *Proceedings 9th Italian Workshop on Neural Nets (WIRN '97) Italy*.

Miller, George A. 1968. Psychology and information. *American Documentation* 19, no. 3: 286-89.

Minsky, Marvin, & Seymour Papert. 1969. *Perceptrons*. Cambridge: MIT Press.

Moles, Abraham. 1987. *Creación científica*. Madrid: Taurus.

Moya Anegón, Félix. 1995. *Los sistemas integrados de gestión bibliotecaria*. Madrid: ANABAD.

Moya Anegón, Félix, & Víctor Herrero Solana. 1999a. Análisis de dominio de la investigación bibliotecológica mexicana. *AMBAC '99*.

———. 1999b. Science in America Latina: a comparison of bibliometric and scientific-technical indicators. *Scientometrics* 46, no. 2: 299-320.

Moya Anegón, Félix, Víctor Herrero Solana, & Vicente Guerrero Bote. 1998. La aplicación de redes neuronales artificiales (RNA) a la recuperación de la información. *Anuari SOCADI De Documentació i Informació = Anuario SOCADI De Documentación e Información*, no. 2: 147-64.

Moya Anegón, Félix, & Evaristo Jiménez Contreras. 1998. Research fronts in library and information science in Spain (1985-1994). *Scientometrics* 42, no. 2: 229-46.

Moya Anegón, Félix, Evaristo Jiménez Contreras, & Víctor Herrero Solana. 1999. A connectionist approach to science maps: SOM and clustering techniques applied to Library & Information Science research, 1992-1997. *7th International Conference on Scientometrics and Informetrics* International Society for Scientometrics and Informetrics (ISSI).

Moya Anegón, Félix, Purificación Moscoso, Carlos Olmeda, Virginia Ortiz-Repiso, Víctor Herrero Solana, & Vicente Guerrero Bote. 1999. Neuro-ISOC: un modelo de red neuronal para la representación del conocimiento. *La representación y la organización del conocimiento en sus distintas perspectivas: su influencia en la recuperación de la información. Actas del IV Congreso ISKO-España EOCONSID'99*, eds. María José López-Huertas, & Juan Carlos Fernández-Molina, 151-56 Granada: ISKO-España.

Mukherjea, Sougata, & James D. Foley. 1995. Visualizing the World-Wide Web with the Navigational View Builder. *Computer Networks and ISDN Systems* 27, no. 6: 1075-87.

Myers, Brad A. 1998. A brief history of human computer interaction technology. *ACM Interactions* 5, no. 2: 44-54.

Nelson, Ted. 1987. *Dream machines / Computer lib*. Redmond, WA: Tempus Books.

Nelson, Thomas, & Todd Elvins. 1993. Visualization of 3D ultrasound data. *IEEE Computer Graphics and Applications* 13, no. 11: 50-57.

Newby, Gregory B. 1993. Virtual reality. *Annual Review of Information Science and Tecnology (ARIST)* 28: 187-229.

Nielson, Gregory M. 1989. Special issue on visualization in scientific computing. *Computer* 22, no. 8: 10-101.

Nielson, Gregory M., Bruce D. Shriver, & Lawrence Rosenblum. 1990. *Visualization in scientific computing*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.

Noyons, E. C. M. 1998. Mapping scientometrics, informetrics, and bibliometrics: bibliometric mapping as a policy support tool. *STI Conference*.

Noyons, E. C. M. "CWTS WWW projects." Web page, [accessed 1999]. Available at <http://sahara.fsw.leidenuniv.nl/ed/projects.htm>.

Oddy, Robert, & Bhaskaran Balakrishnan. 1991. PTHOMAS: an adaptive information retrieval system on the connection machine. *Information Processing and Management* 27, no. 4: 317-35.

Olsen, Kai A., Robert R. Korfhage, Kenneth M. Sochats, Michael B. Spring, & James G. Williams. 1993a. Visualization of a document collection: the VIBE system. *Information Processing and Management* 29, no. 1: 69-81.

———. 1993b. Visualization of a document collection with implicit and explicit links: the VIBE system. *Scandinavian Journal of Information Systems* 5.

Olsen, Kai A., James G. Williams, Kenneth M. Sochats, & S. C. Hirtle. 1992. Ideation through visualization: the VIBE system. *Multimedia Review* 3, no. 3: 48-59.

Orwig, R., Hsinchun Chen, & J. Nunamaker. 1997. A graphical self-organizing approach to classifying electronic meeting output. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 48, no. 2: 157-70.

Owens, Larry. 1991. Vannevar Bush and the Differential Analyzer: the text and context of an early computer. *From Memex to Hypertext: Van-*

*nevar Bush and the mind's machine*. comp. James Nyce, & Paul Kahn, 3-38. London: Academic Press.

Perlman Gary, & J. Edward Swan. 1994. Relative effects of color texture and density coding on visual search performance and subjective preference. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting*, 235-39 Santa monica: HUMAN Factors and Ergonomics Society.

Persson, Olle. 1994. The intellectual base and research fronts of JASIS: 1986-1990. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 45: 31-38.

Piaget, Jean. 1954. *The construction of reality in the child*. New York: Basic Books.

Piscitelli, Alejandro. 1995. Mente y cuerpo en la era de las máquinas inteligentes. en su: *Ciberculturas en la era de las máquinas inteligentes*. Alejandro Piscitelli Buenos Aires: Paidós.

Plaisant., Catherine, Brett Milash, Anne Rose, Seth Widoff, & Ben Shneiderman. 1996. LifeLines: visualizing personal histories. *CHI '96 Proceedings*.

Plaisant., Catherine, Ben Shneiderman, & Mushlin-R. 1998. An information architecture to support the visualization of personal histories. *Information Processing and Management* 34, no. 5: 581-97.

Polanco, Xavier, Claire François, & J. P. Keim. 1998. Artificial neural network technology for the classification and cartography of scientific and technical information. *Scientometrics* 40, no. 1-2: 69-82.

Raan, A. F. J. van, & R. J. W. Tijssen. 1993. The neural net of neural network research: an exercise in bibliometric mapping. *Scientometrics* 26, no. 1: 169-92.

Regueiro, C, & et.al. 1995. Modelos básicos de redes neuronales artificiales. *Computación neuronal*. eds. S. Barro, & J. Mira Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.

Rice, Ronald E., C. L. Borgman, & B. Reeves. 1988. Citation networks of communication journals, 1977-1985. *Human Communication Research* 15: 256-83.

Ripp, A. 1988. Mapping of science : possibilities and limitations. *Handbook of quantitative studies of Science and Technology*. A. F. J. van Raan, 253-73. Amsterdam: North Holland.

Robertson, George G., Stuart K. Card, & Jock D. MacKinlay. 1993. Information visualization using 3D interactive animations. *Communications of the ACM* 36, no. 4: 57-71.

Robertson, George G., Jock D. MacKinlay, & Stuart K. Card. 1991. Cones trees: animated 3D visualizations of hierarchical information. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '91)*, 189-94 New York: ACM Press.

Robertson, Philip K., Rae A. Earnshaw, Daniel Thalmann, Michel Grave, Julian Gallop, & Eric M. De Jong. 1994. Research issues in foundations of visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications* 14, no. 3: 67-69.

Rodríguez i Gairín, Josep Manuel. 1997. Valoración del impacto de la información en Internet: Altavista, el 'ciattion index' de la red. *Revista Española De Documentación Científica* 20, no. 2: 175-81.

Rorvig, Mark, & Steven Fitzpatrick. 1998. Visualization and scaling of TREC topic document sets. *Information Processing and Management* 34, no. 2-3: 135-49.

Rossignac, Jarek R., & Miroslav Novak. 1994. Research issues in model-based visualization of complex data sets. *IEEE Computer Graphics and Applications* 14, no. 3: 83-85.

Rousseau, Ronald. 1997. Sitations: an exploratory study. *Cybermetrics* 1, no. 1.

Sabbione, Gianni. 1999. Imágenes en 3D cada vez más perfectas. *Informática 2.0*, no. 10 noviembre.

Sackman, H. 1970. *Man-computer problem solving*. Princeton: Auerbach.

Sarle, W. S. 1994. Neural networks and statistical models. *Proceedings of the Nineteenth Annual SAS Users Group International Conference*, 1538-50 Cary, NC : SAS Institute.

Scholtes, J. 1995. *Artificial networks for information retrieval in libraries context*. Luxembourg: European Commission.

Schubert, A., & T. Braun. 1990. International collaboration in the sciences: 1981-1985. *Scientometrics* 19, no. 1-2: 3-10.

Shackel, Brian. 1997. Human-computer interaction - Whence and whither? *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 48, no. 11: 970-986.

Shaw, Debora. 1991. The Human-computer interface for information retrieval. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)* 26: 155-95.

Shneiderman, Ben. 1983. Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer* 16, no. 8: 57-69.

———. 1992. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Reading, MA: Addison-Wesley.

———. 1996. The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *Proc. IEEE Symposium on Visual Languages '96*, 336-43.

Small, Henry. 1973. Co-citation in the scientific literature a new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 24, no. 4: 265-69.

———. 1994. A sci-map case study: building a map of AIDS research. *Scientometrics* 31, no. 4: 229-41.

———. 1997. Update on science mapping: creating large document spaces. *Scientometrics* 38, no. 2: 275-93.

———. 1998. A general framework for creating large scale maps of science in two or three dimensions: the SciViz system. *Scientometrics* 41, no. (1-2): 125-33.

———. 1999. Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 50, no. 9: 799-813.

Smith, David Canfield. 1977. *Pygmalion: a computer program to model and stimulate creative thought*. Basel: Birkhauser Verlag.

Snowdon, Dave, & Kai-Mikael Jää-Aro. 1997. A subjective virtual environment for collaborative information visualization. *Virtual Reality Universe'97*.

Sokal, Alan. 1996. Transgressing the boundaries: toward a transformative hermeneutics of quantum gravity. *Social Text*, no. 46-47: 217-52.

Sokal, Alan, & Jean Bricmont. 1999. *Imposturas intelectuales*. Barcelona: Paidós.

Spoerri, Anselm. 1993. InfoCrystal: a visual tool for information retrieval. *Proceedings of the second international conference on Information and knowledge management (CIKM '93)*, 150-157.

———. 1994. InfoCrystal: a visual tool for information retrieval & management. *CHI '94 Proceedings*, 11-12.

Sutherland, I. E. 1963. SketchPad: a man-machine graphical communication system. *AFIPS Spring Joint Computer Conference*.

Tijssen, R. J. W. 1993. A scientometric cognitive study of neural network research: experimental maps versus bibliometric maps. *Scientometrics* 28, no. 1: 111-36.

Todorov, R., & M. Winterhager. 1990. Mapping Australian Geophysics: a co-heading analysis. *Scientometrics* 19, no. 1-2: 35-56.

Tufte, Edward R. 1983. *The visual display of quantitative information*. Cheshire: Graphics Press.

———. 1990. *Envisioning information*. Cheshire: Graphics Press.

Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, no. 58: 236-44.

Weinberg, G. M. 1971. *The psychology of computer programming*. New York: Van Nostrand Reinhold.

White, Howard D. 1983. A cocitation map of the social indicators movement. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 34, no. 5: 307-12.

White, Howard D., & Belver C. Griffith. 1981. Author cocitation: a literature measure of intellectual structure. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 32, no. 3: 163-71.

White, Howard D., Xia Lin, & Katherine W. McCain. 1998. Two modes of automated domain analysis: multidimensional scaling vs. Kohonen feature mapping of information science authors. *Structures and relations in knowledge organization. Proceedings 5th International ISKO Conference*. eds. Widad Mustafa el Hadi, Jacques Maniez, & Steven PollitErgon Verlag.

White, Howard D., & Katherine W. McCain. 1997. Visualization of literatures. *Annual Review of Information Science and Tecnology (ARIST)* 32: 99-169.

———. 1998. Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972-1995. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)* 49, no. 4: 327-55.

Willet, P. 1988. Recent trends in hierarchic document clustering: a critical review. *Information Processing and Management* 24, no. 5: 577-97.

Williams, James G., Kenneth M. Sochats, & Emile Morse. 1995. Visualization. *Annual Review of Information Science and Tecnology (ARIST)* 30: 161-207.

Wills, Graham J. 1999. "NicheWorks - interactive visualization of very large graphs."

<http://www.bell-labs.com/user/gwills/NICHEguide/nichepaper.html>.

Winograd, T. 1972. *Understanding natural language*. Edinburgh: University Press.

Wise, James, & et.al. 1995. Visualizing the non-visual: spatial analysis and interaction with information from text documents. *Proceedings: information visualization*. eds. Nahum Gershon, & Steve Eick, 51-58. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press.

Wood, Andrew, Nick Drew, Russell Beale, & Robert Hendley. 1995. Hyperspace: a World-Wide Web visualizer and its implications for collaborative browsing and software agents. *Third International World-Wide Web Conference Poster Proceedings*.

Woodruff, Allison, Paul Aoki, Eric Brewer, Paul Gauthier, & Lawrence Rowe. 1996. An investigation of documents from the World Wide Web. *Fifth International World Wide Web Conference*.

Zitt, M., & E. Bassecoulard. 1996. Reassessment of co-citation methods for science indicators : effect of methods improving recall rates. *Scientometrics* 37, no. 2: 223-44.

# MODELOS DE REPRESENTACIÓN VISUAL DE LA INFORMACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

APROXIMACIONES MULTIVARIANTES Y CONEXIONISTAS

## Apéndices



13 ENE. 2000

Departamento de Biblioteconomía y Documentación  
Facultad de Biblioteconomía y Documentación  
Universidad de Granada

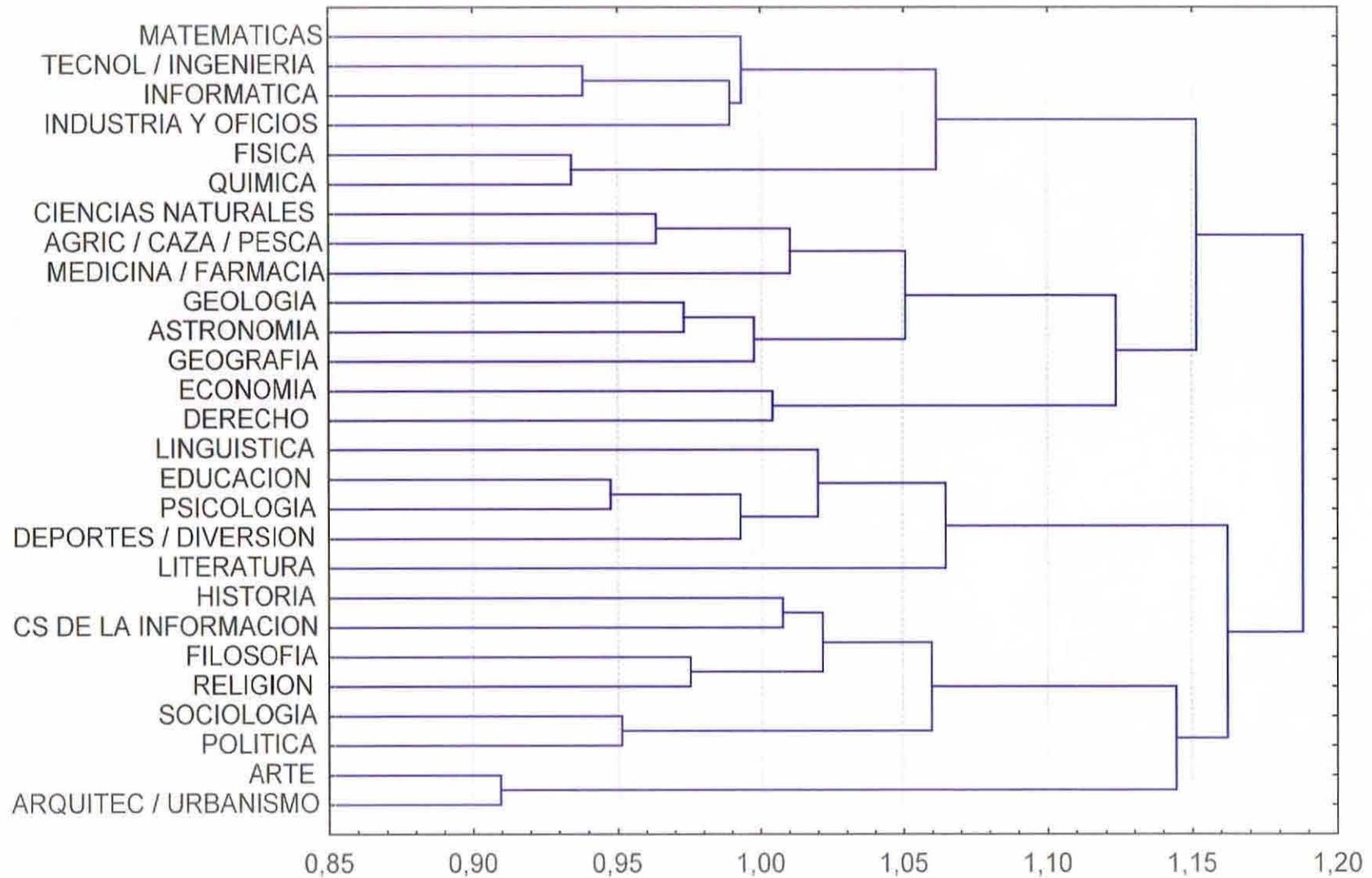
Granada

1999

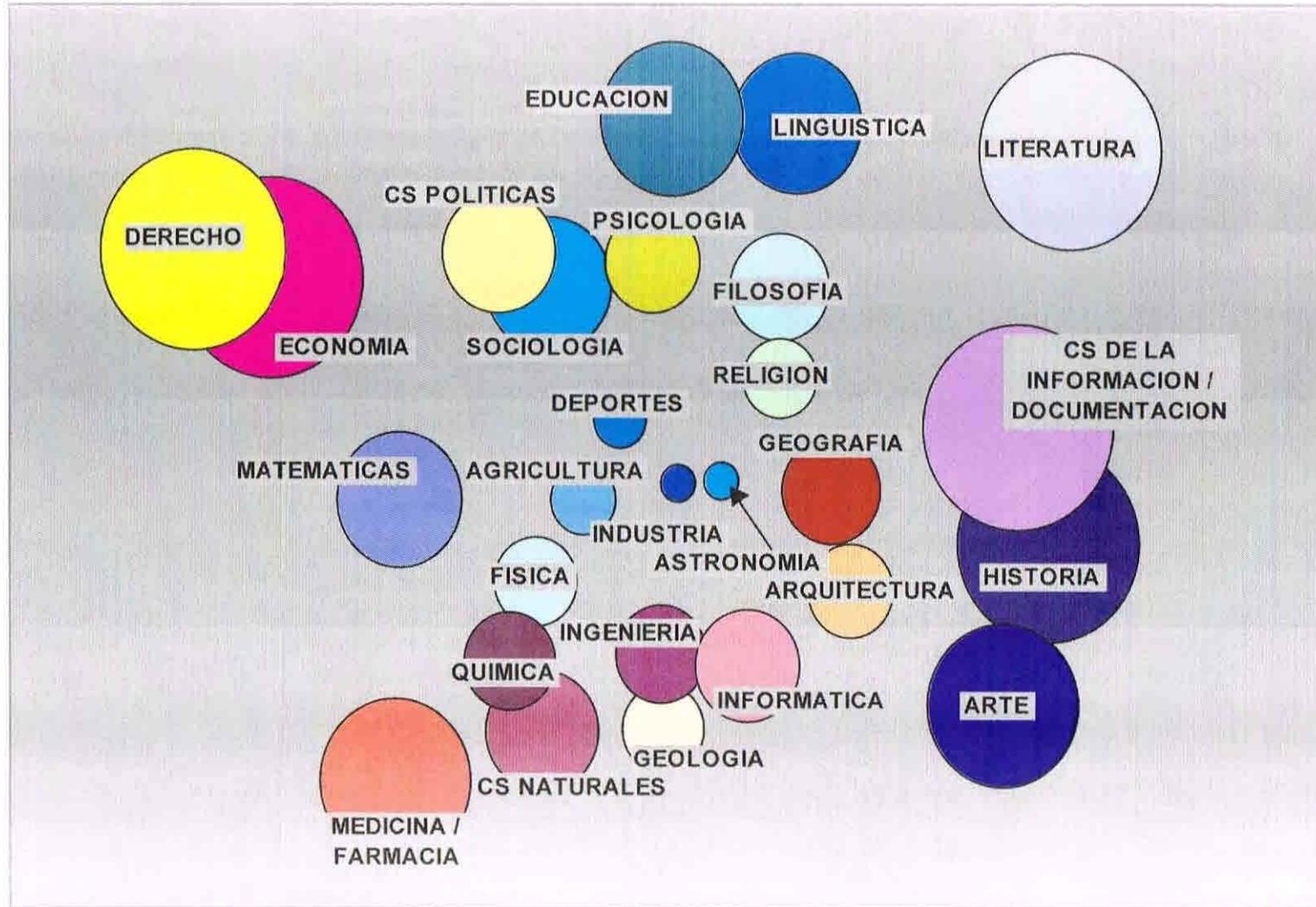


**Apéndice A**  
**Representaciones**

## 27 CLASES PRINCIPALES



## 27 CLASES PRINCIPALES



LITERATURA

# 27 CLASES

HISTORIA

POLÍTICA

TEOLOGÍA

FILOSOFÍA

Ciencias de  
la Información

GEOGRAFÍA

ARTES

ARQUITECTURA

SOCIOTOLOGÍA

ASTRONOMÍA

DEPORTE

AGRICULTURA

LINGÜÍSTICA

MATEMÁTICA

INGENIERÍA

PSICOLOGÍA

FÍSICA

BIOLOGÍA

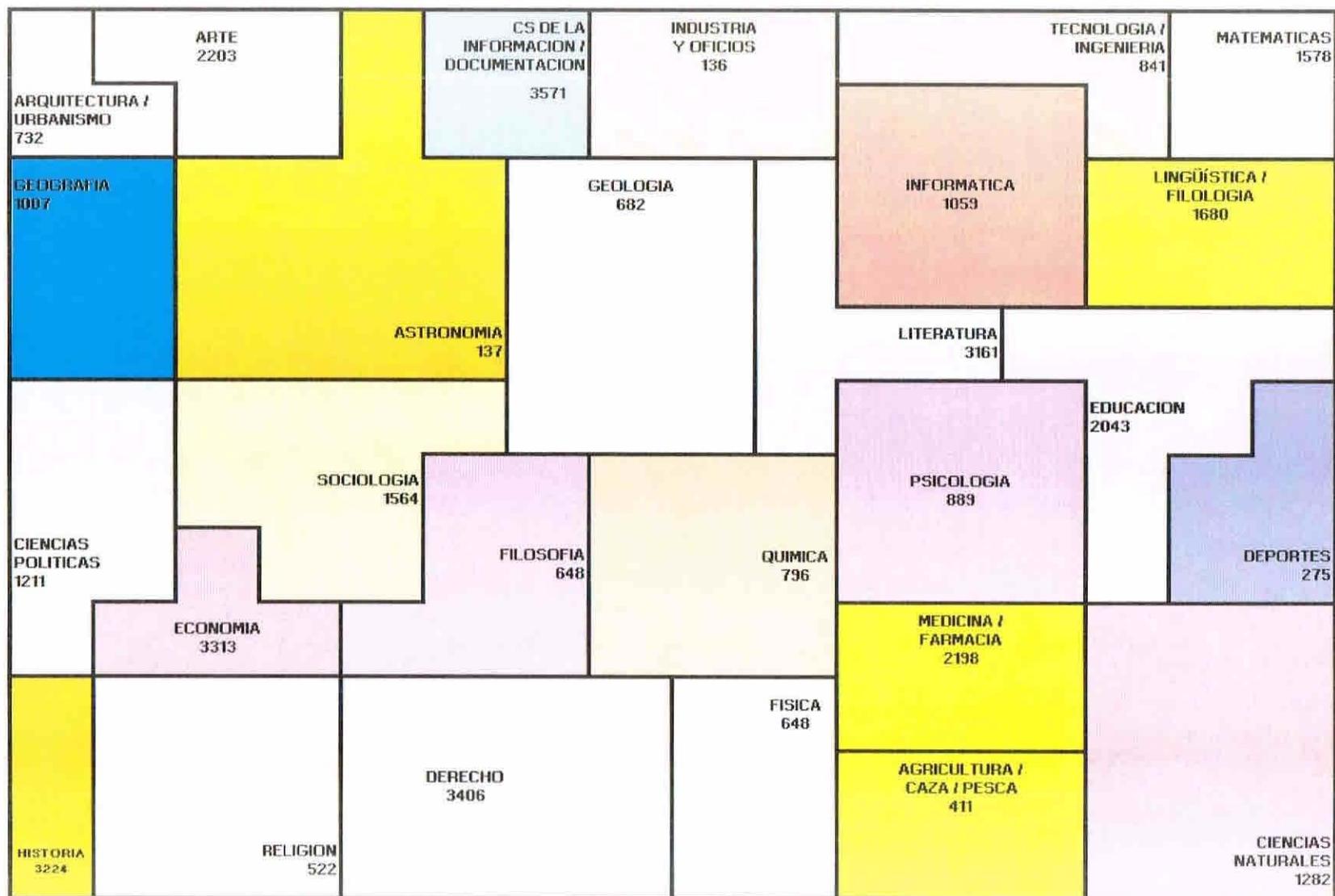
QUÍMICA

Psicopedagógicas

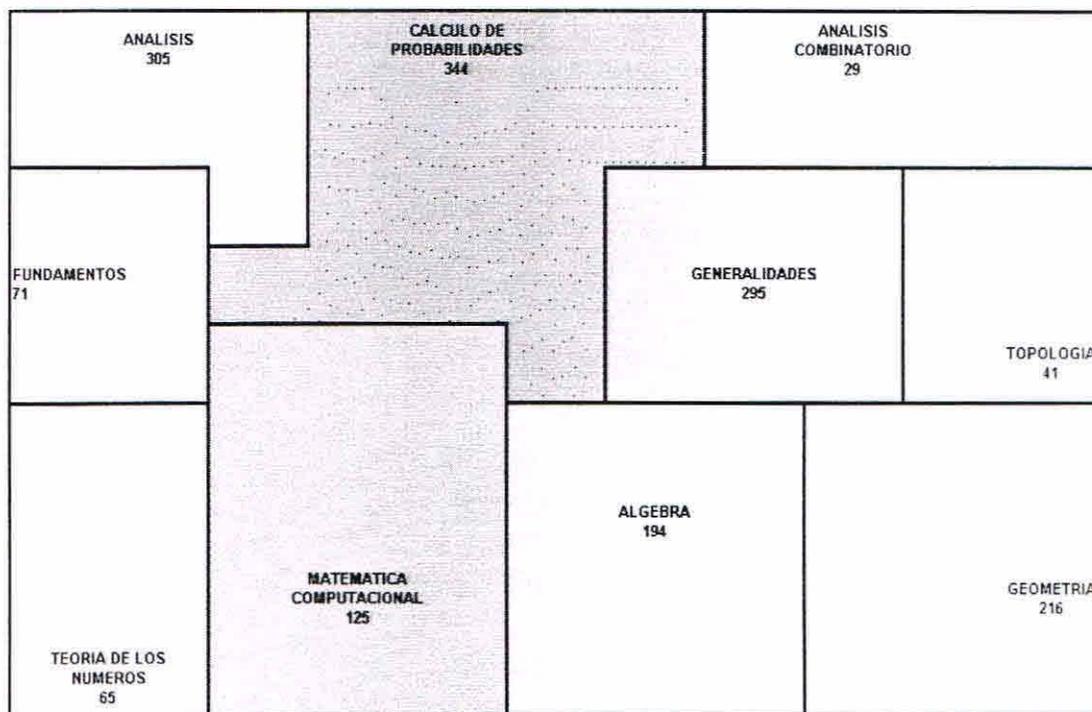
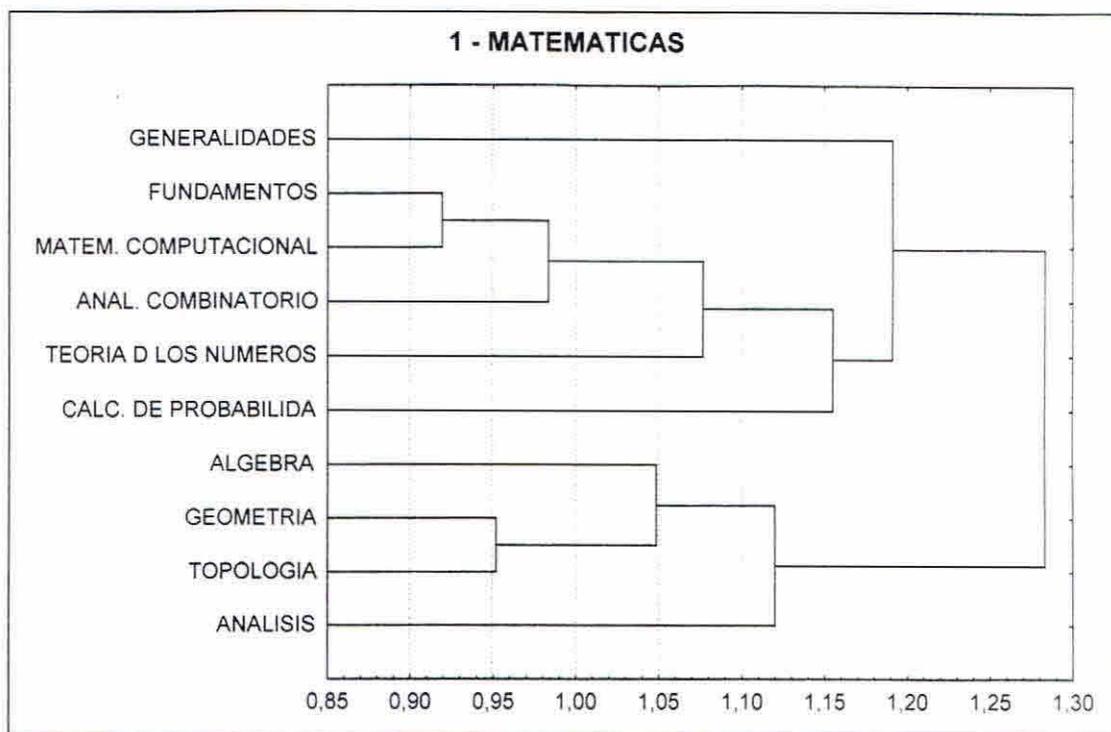
DERECHO

ECONOMÍA

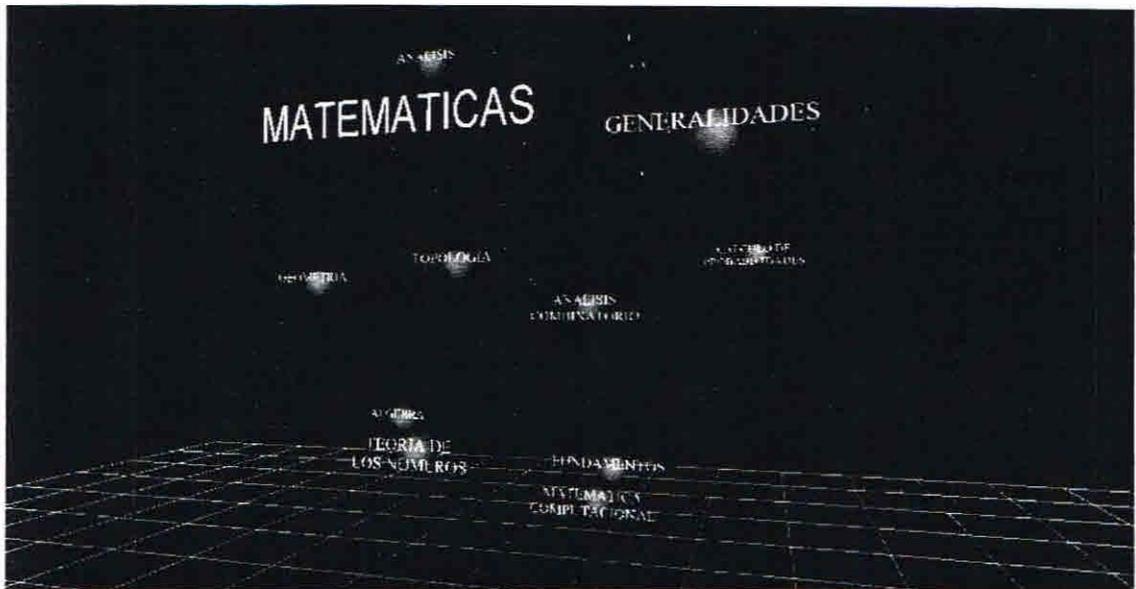
MEDICINA



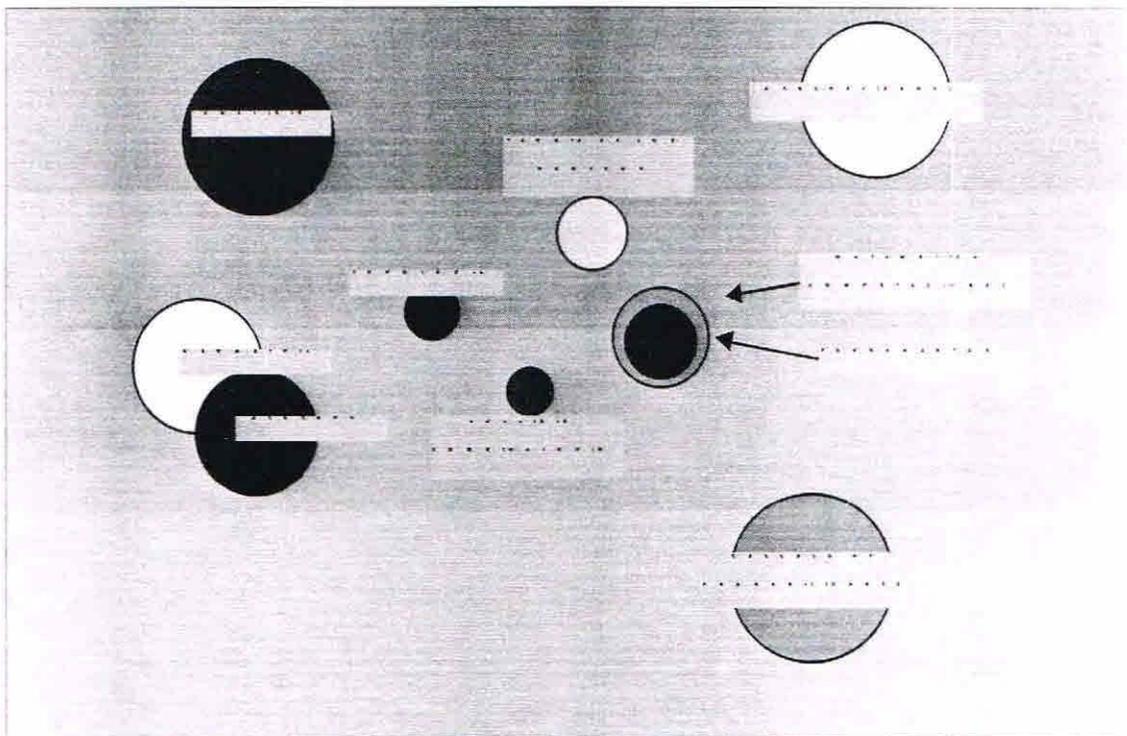
27 - CLASES PRINCIPALES

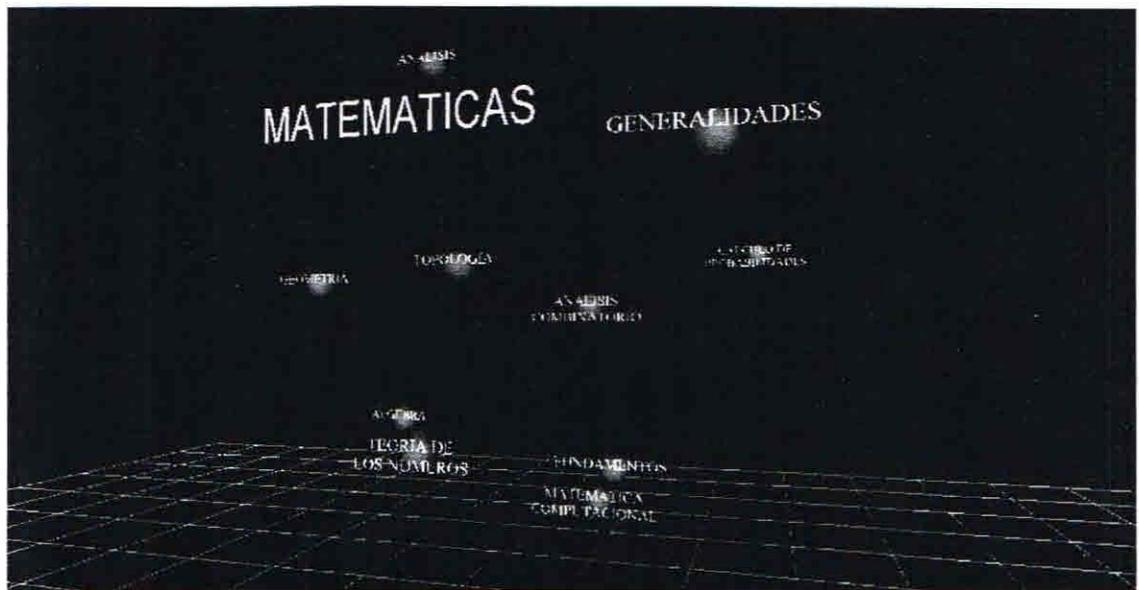


1 - MATEMATICAS

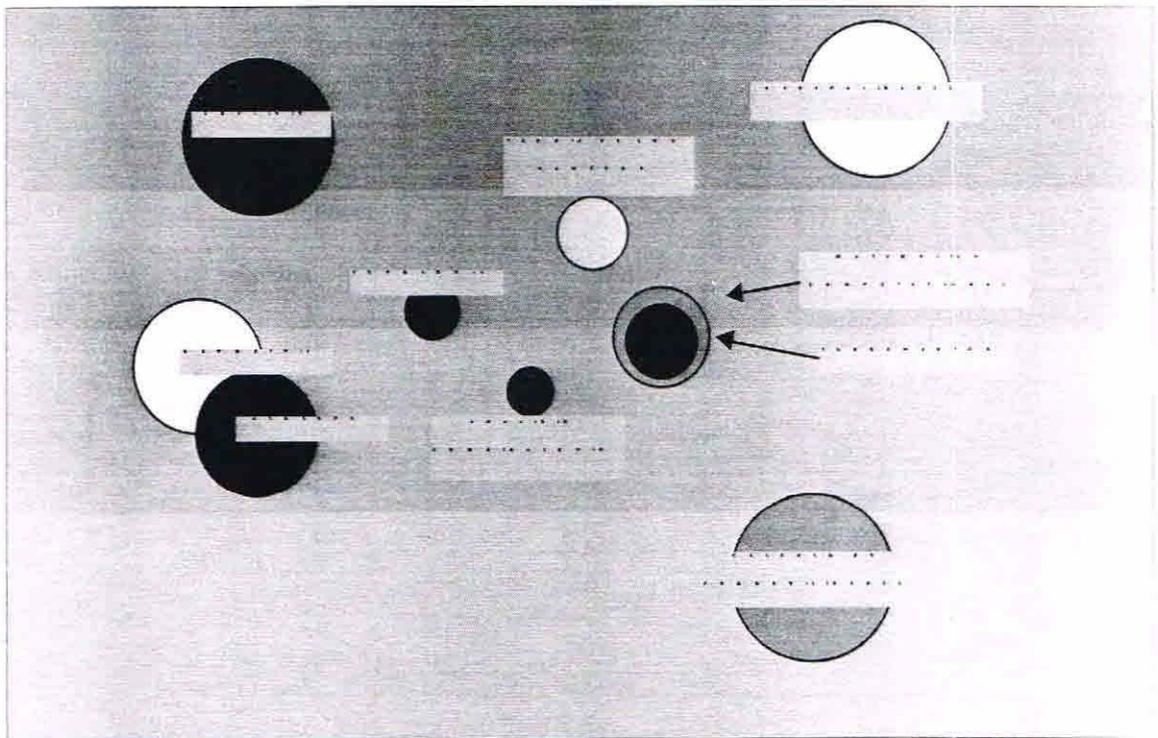


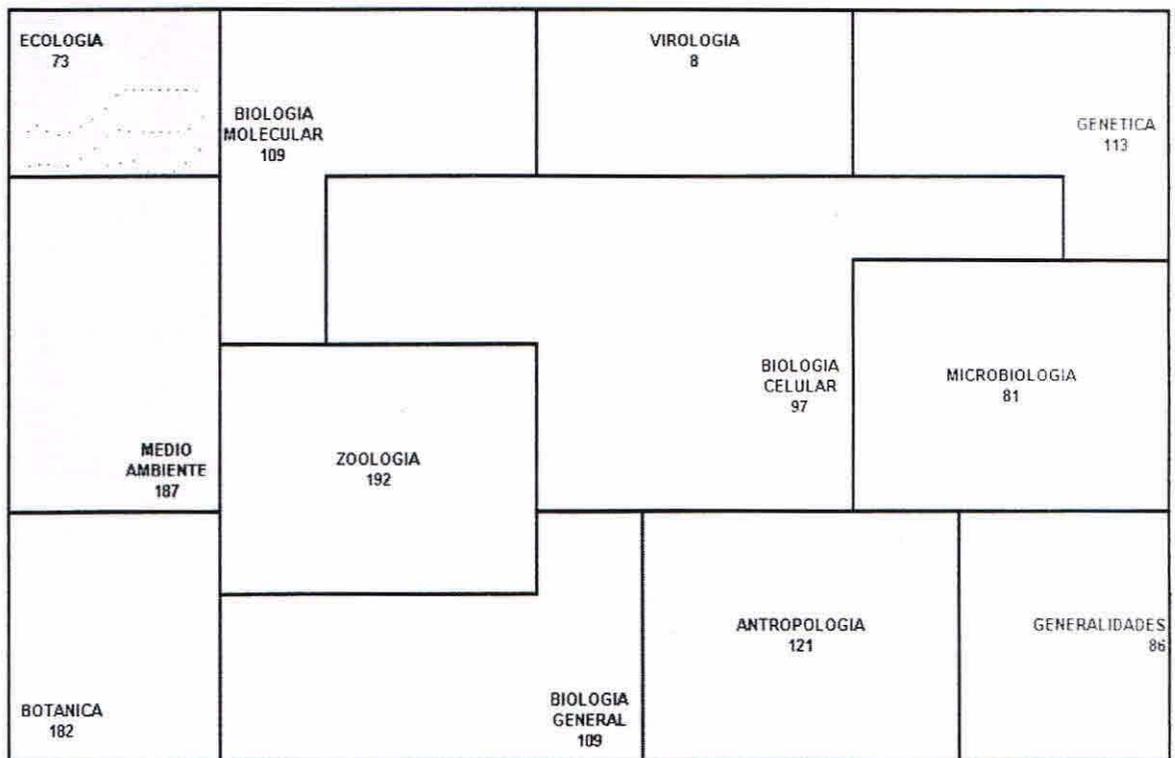
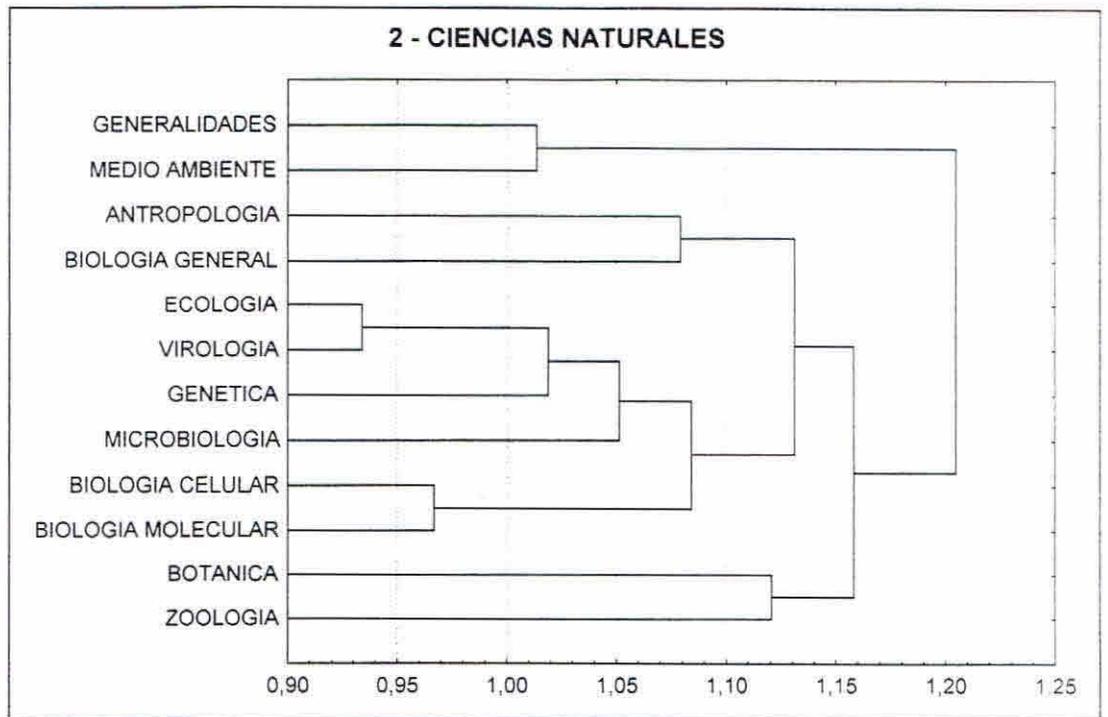
## 1 - MATEMÁTICAS





## 1 - MATEMATICAS



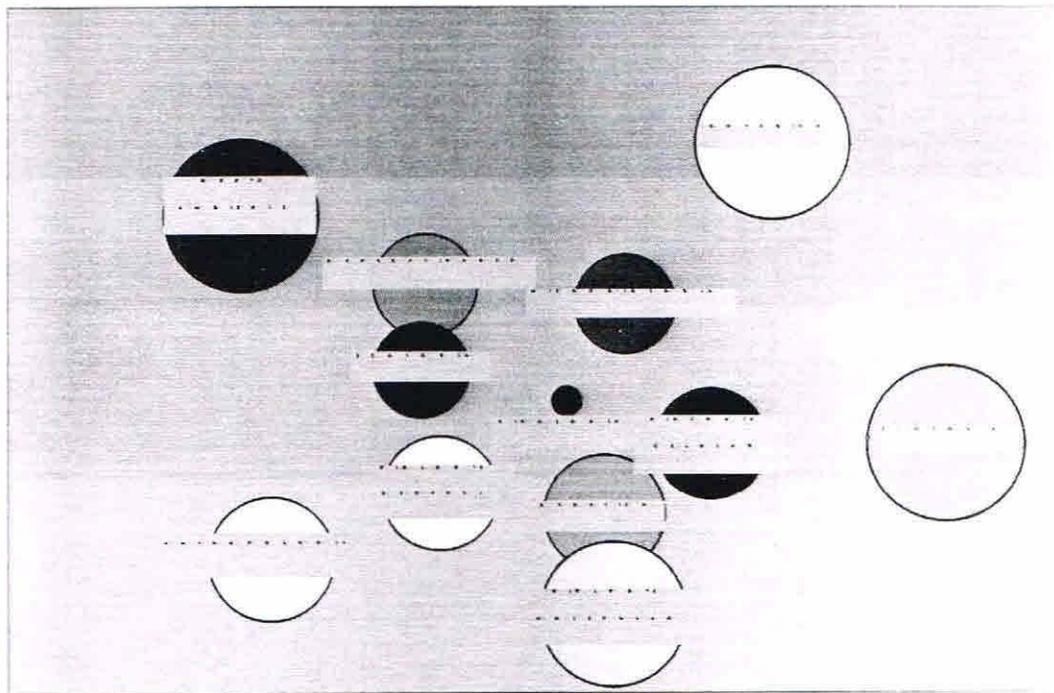


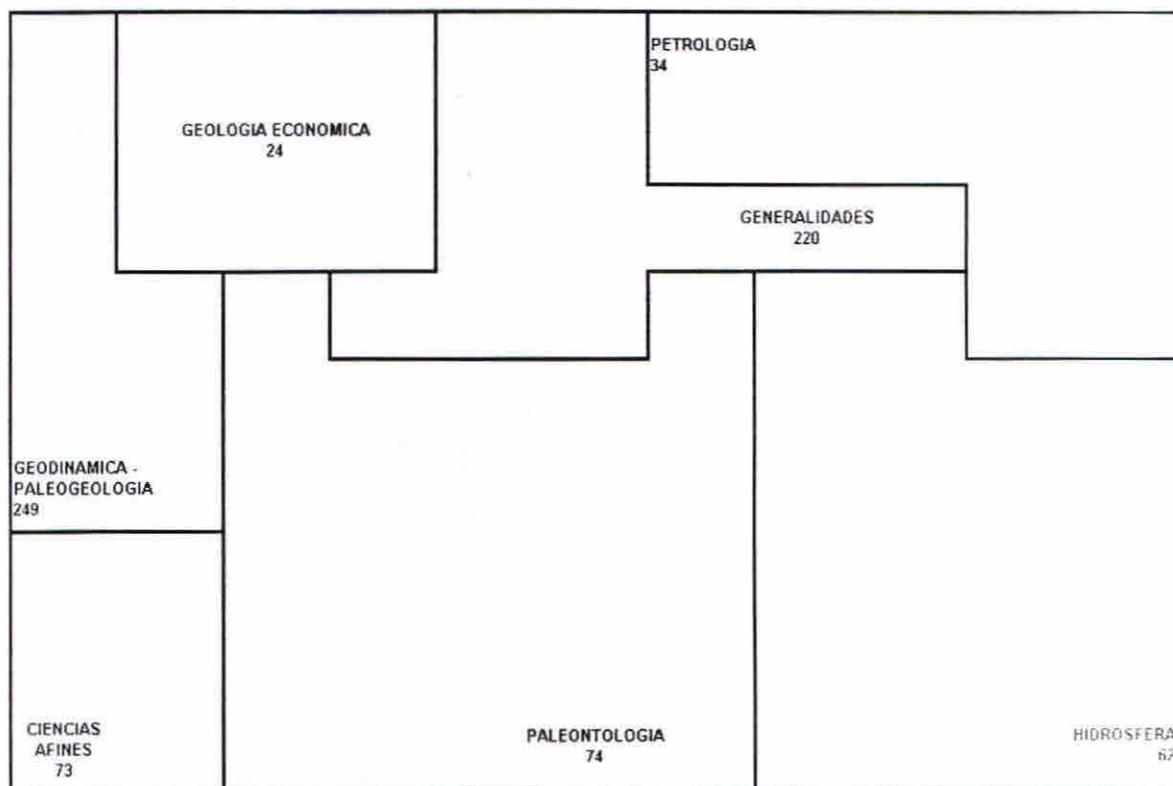
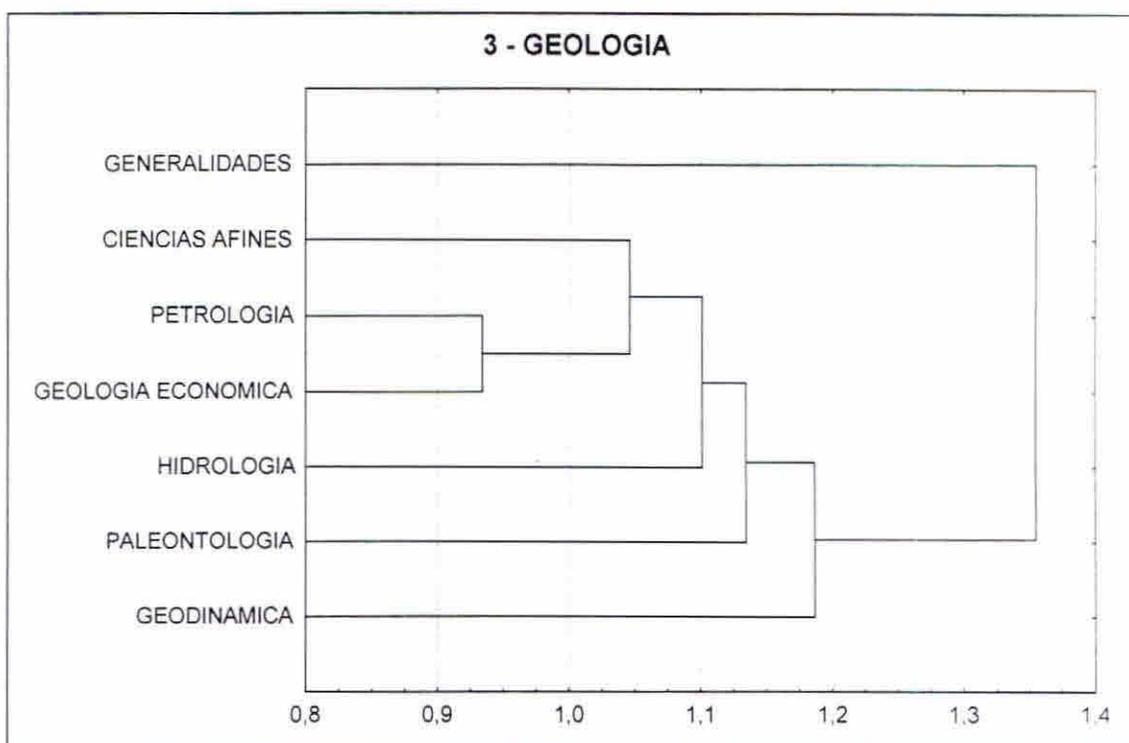
**2 - CIENCIAS NATURALES**

# CIENCIAS NATURALES

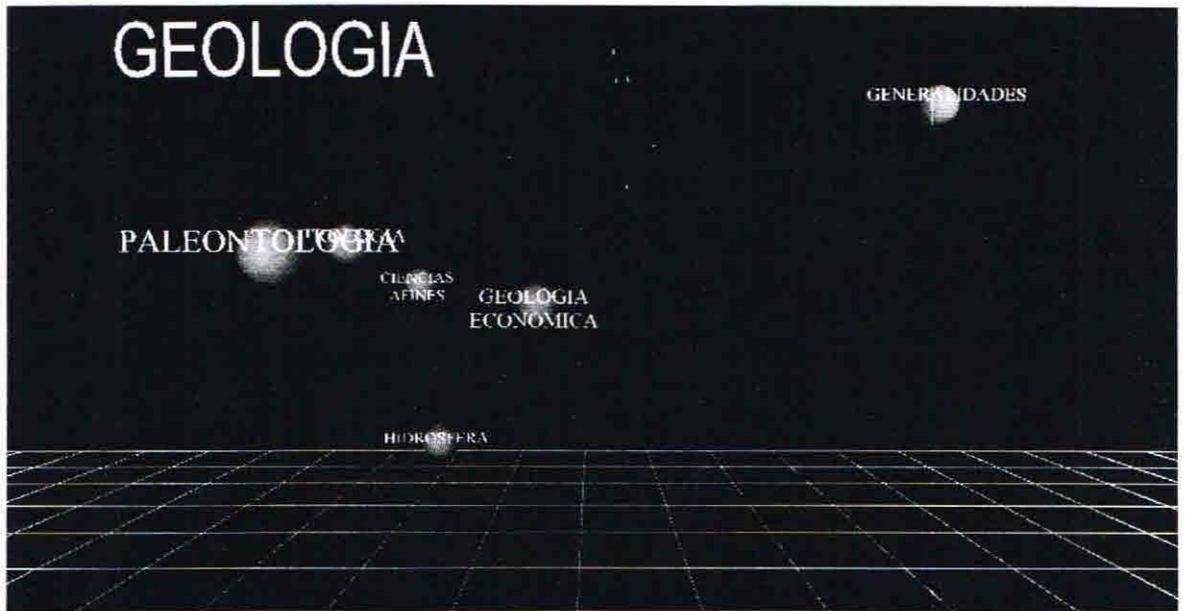


## 2 - CIENCIAS NATURALES

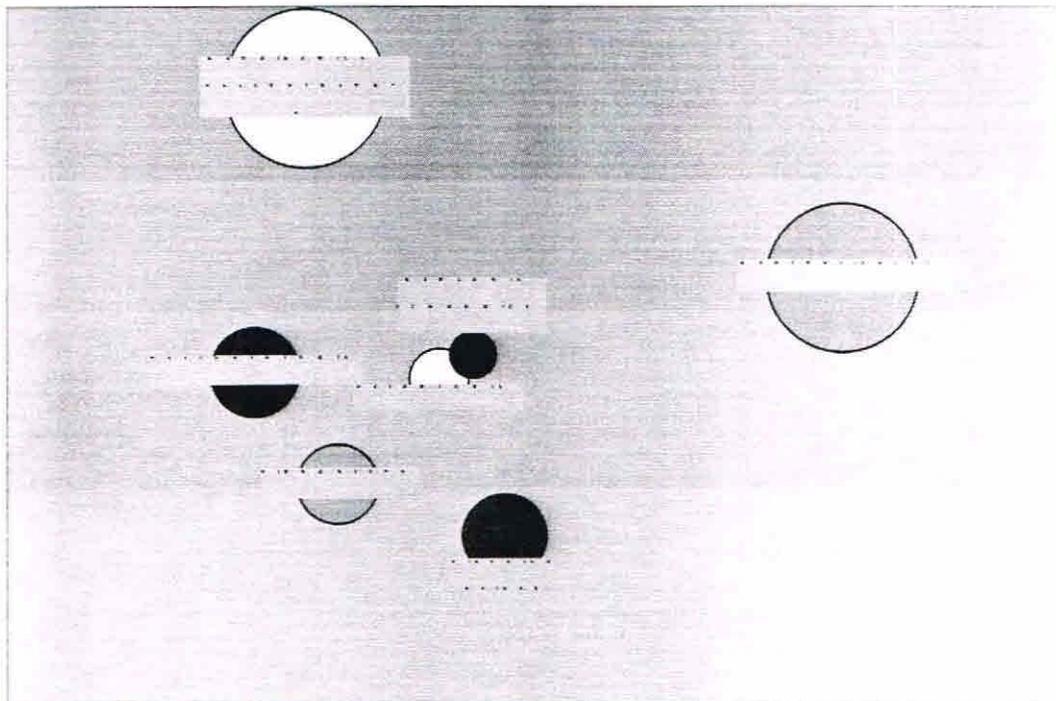


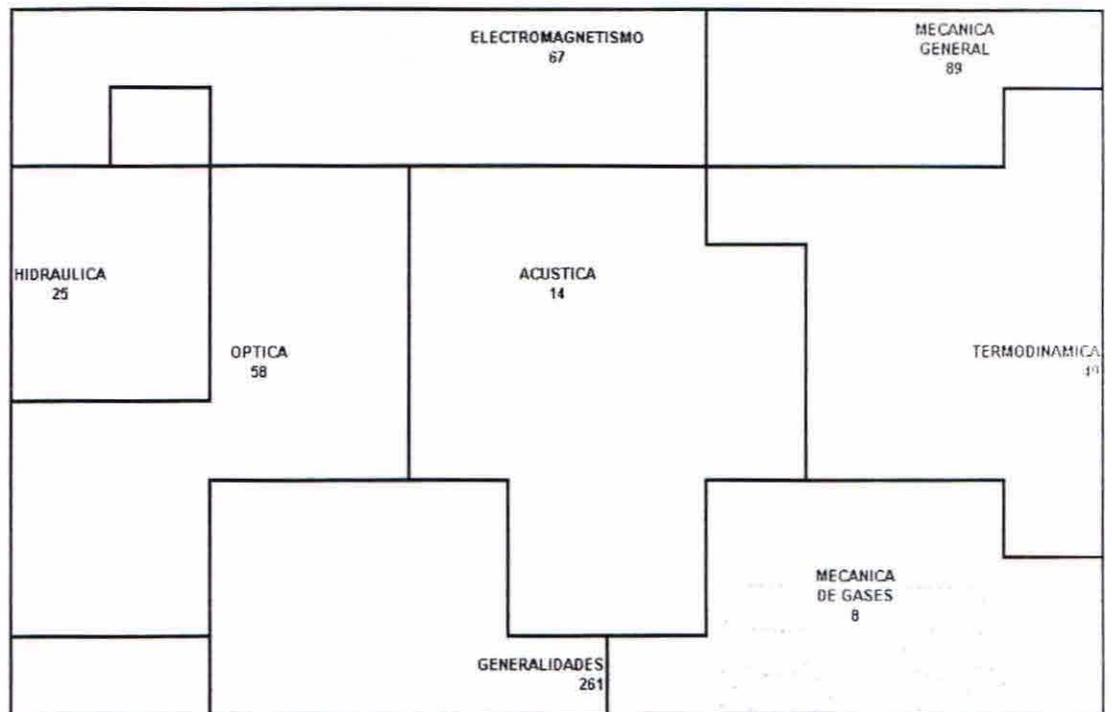
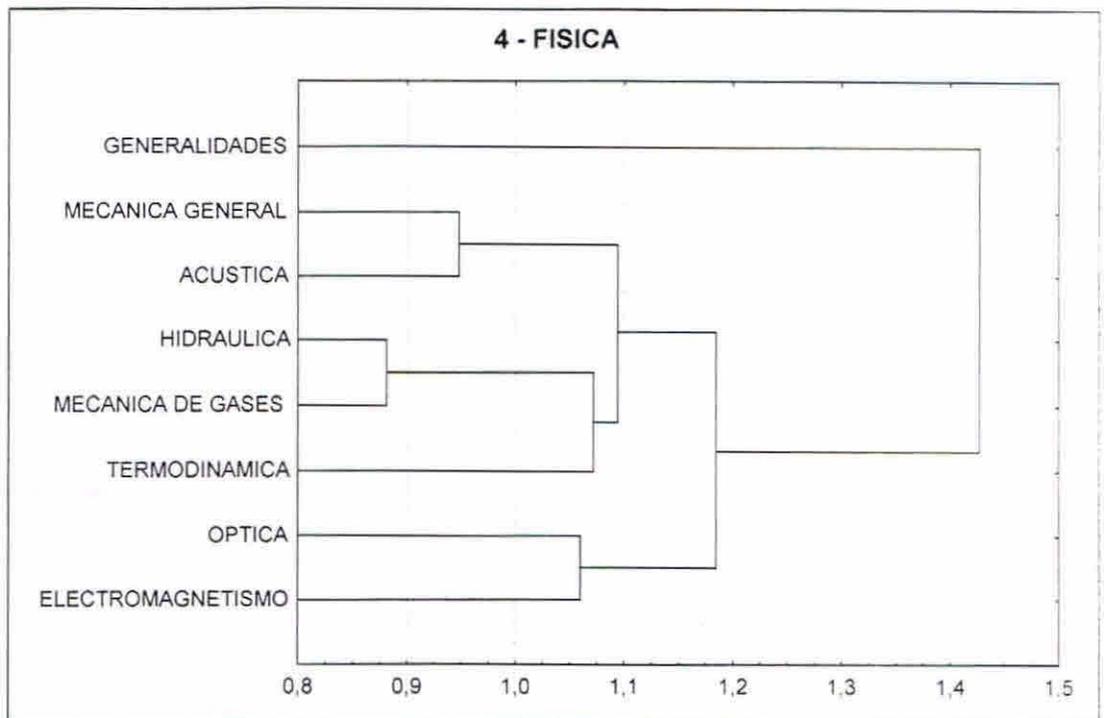


**3 - GEOLOGIA**

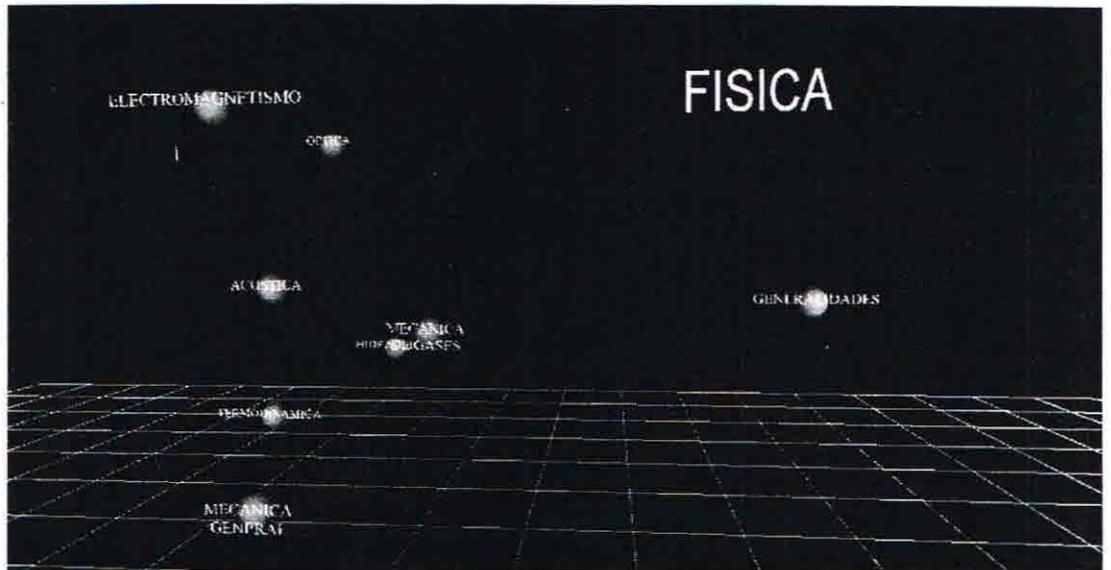


### 3 - GEOLOGIA

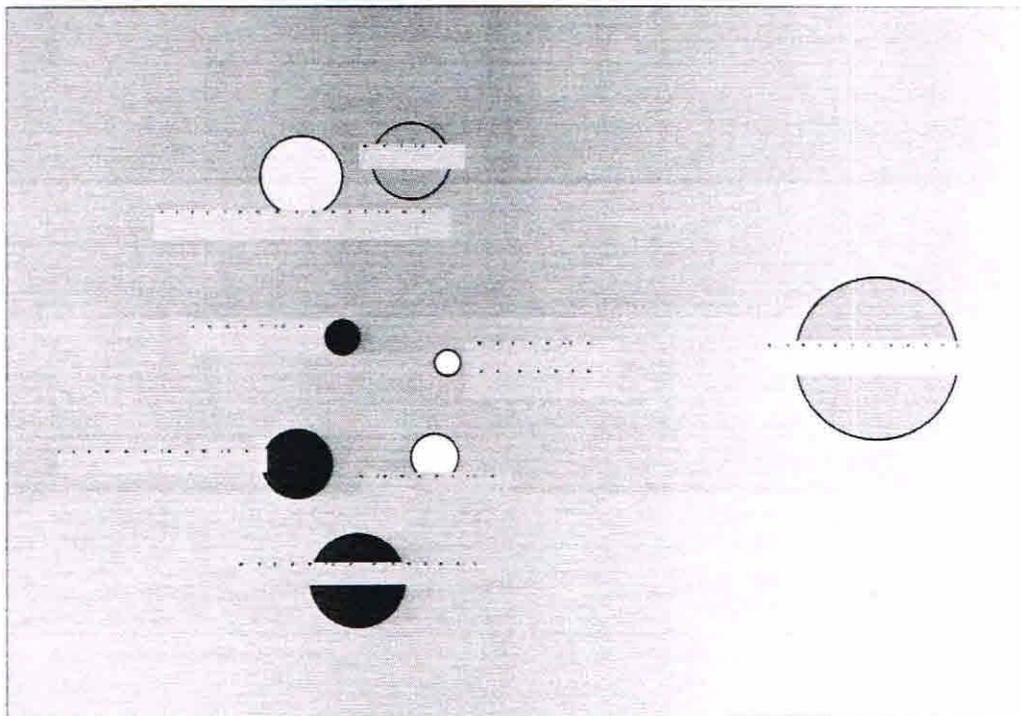


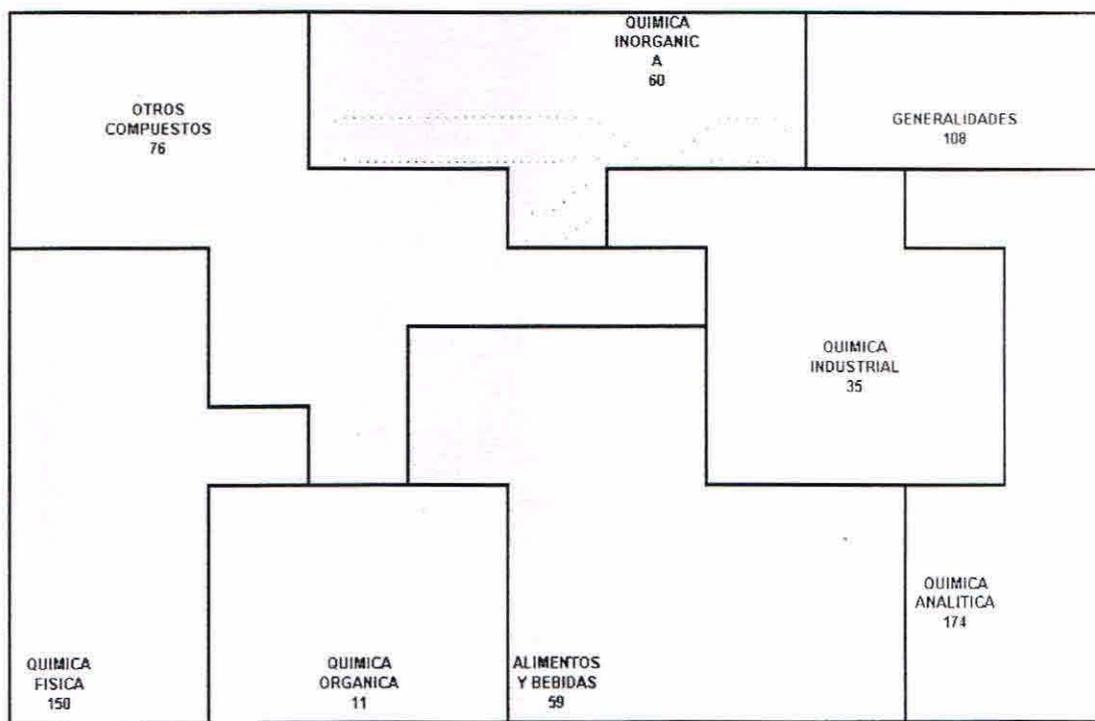
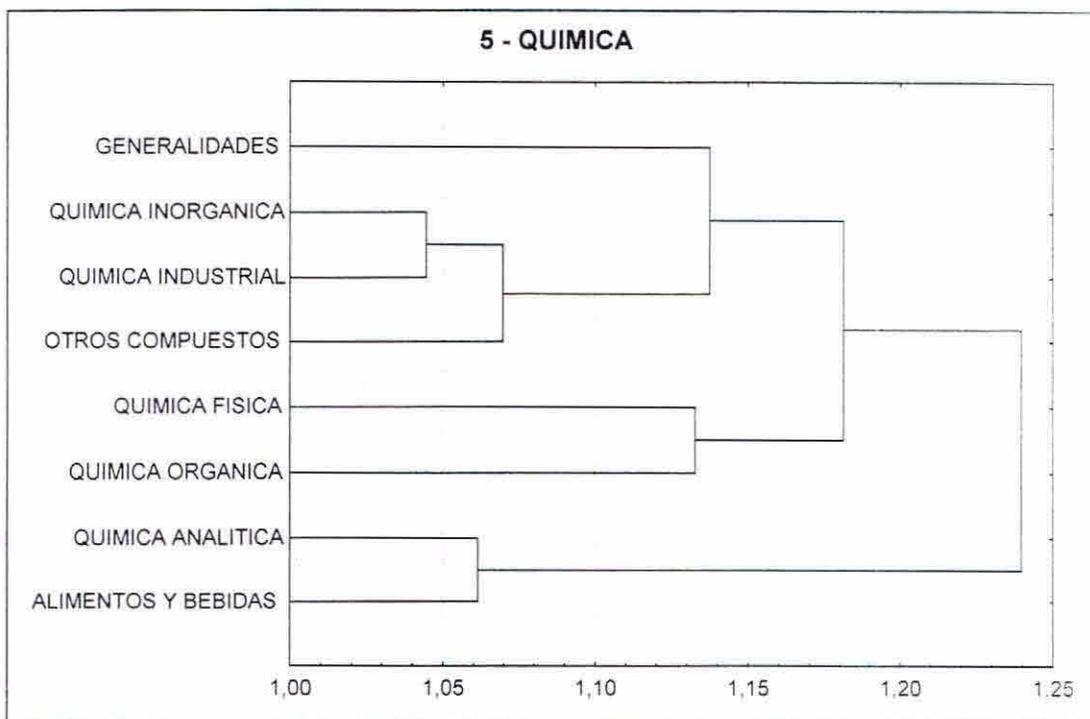


4 - FISICA



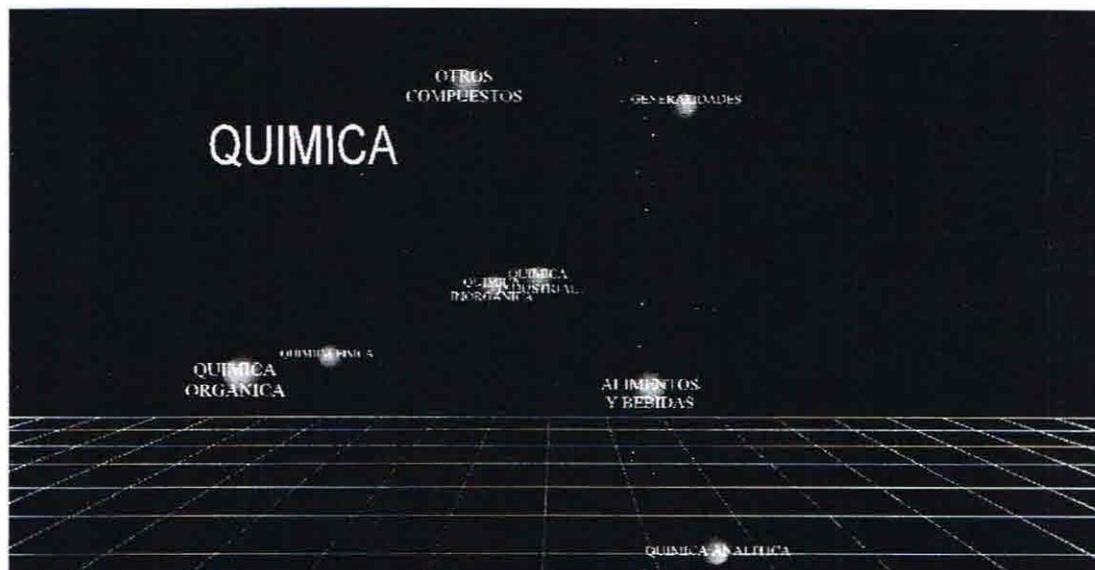
#### 4 - FISICA



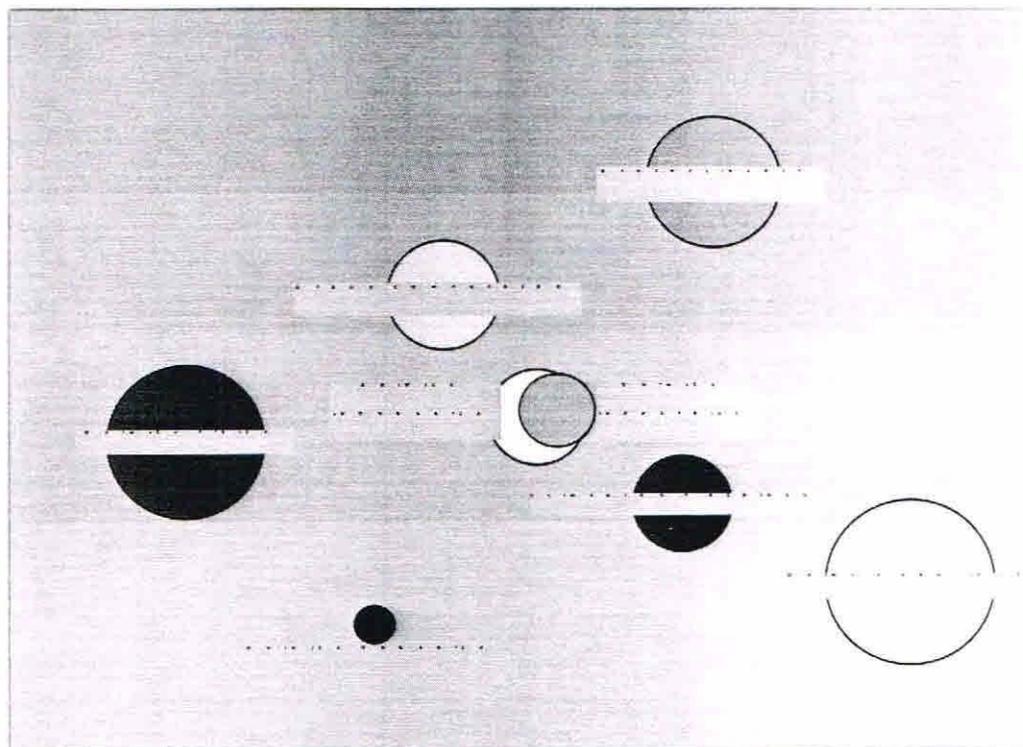


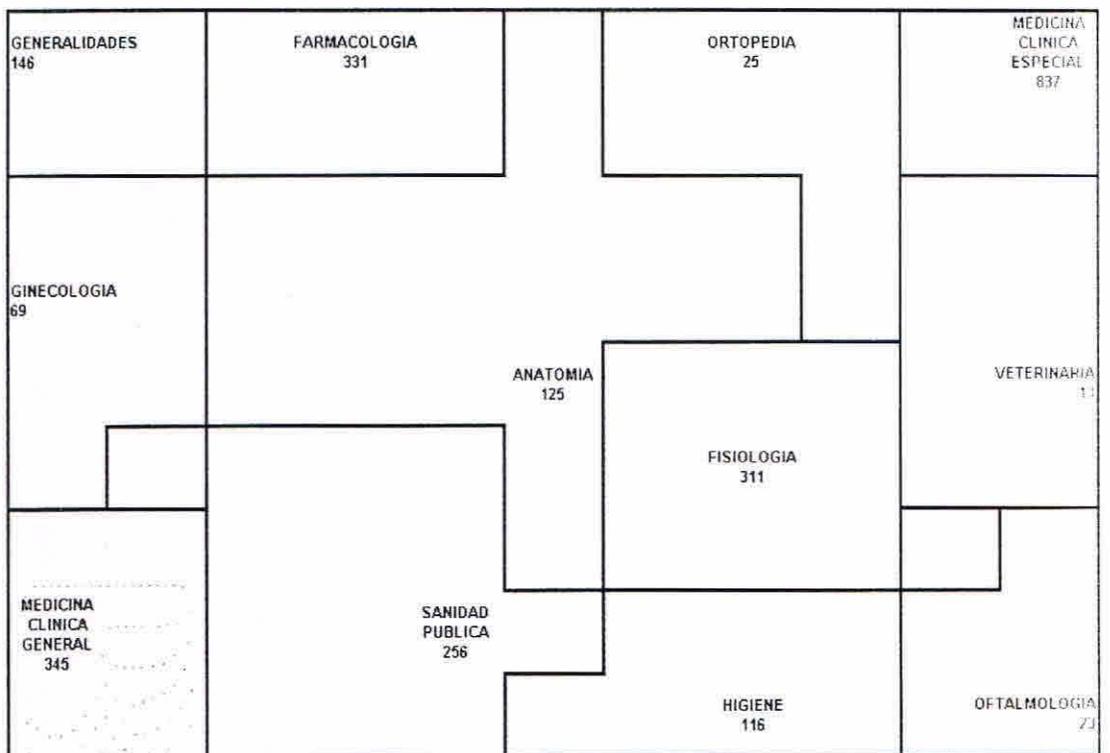
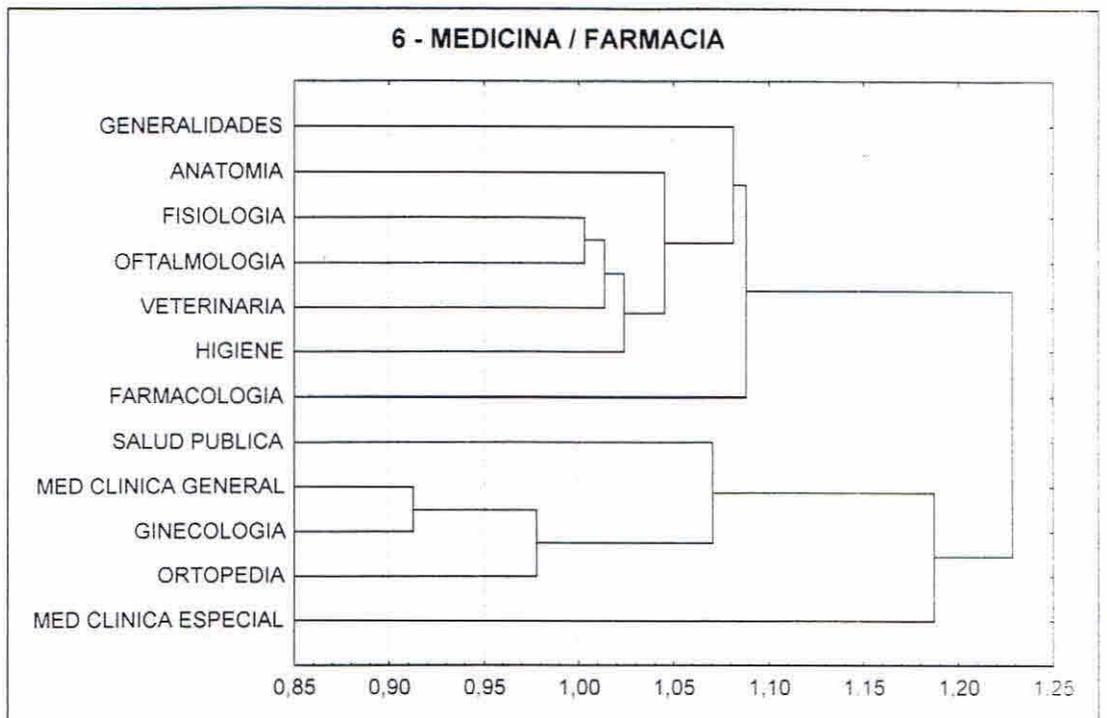
5 - QUIMICA



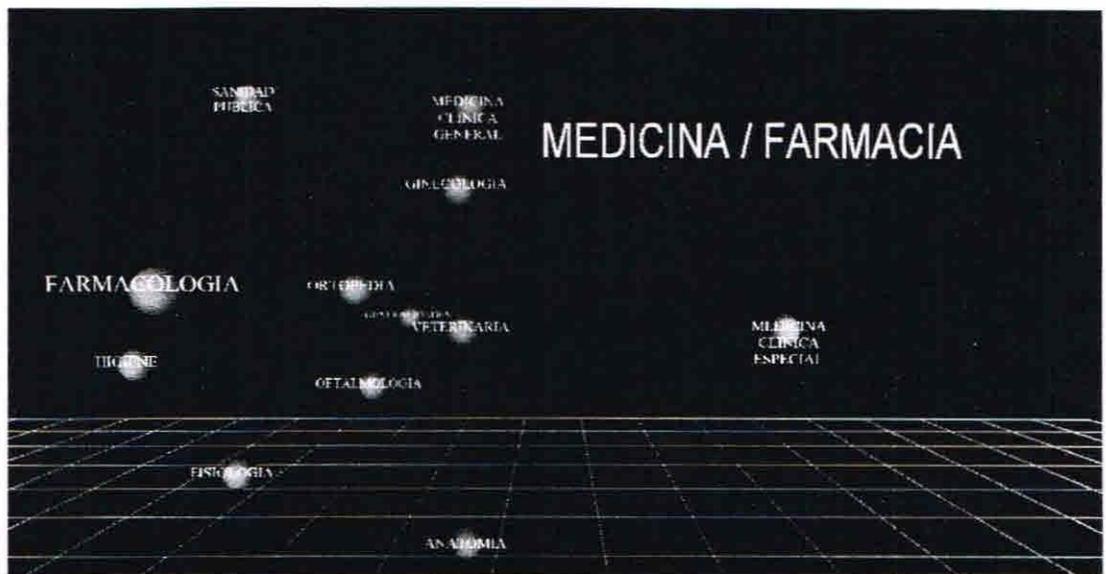


## 5 - QUIMICA

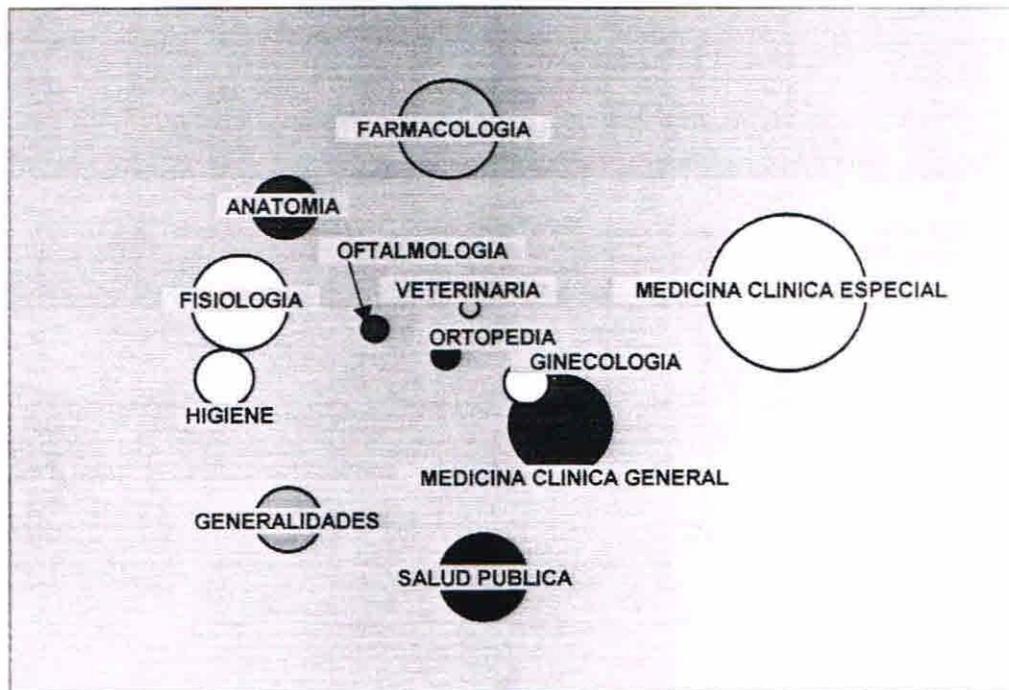


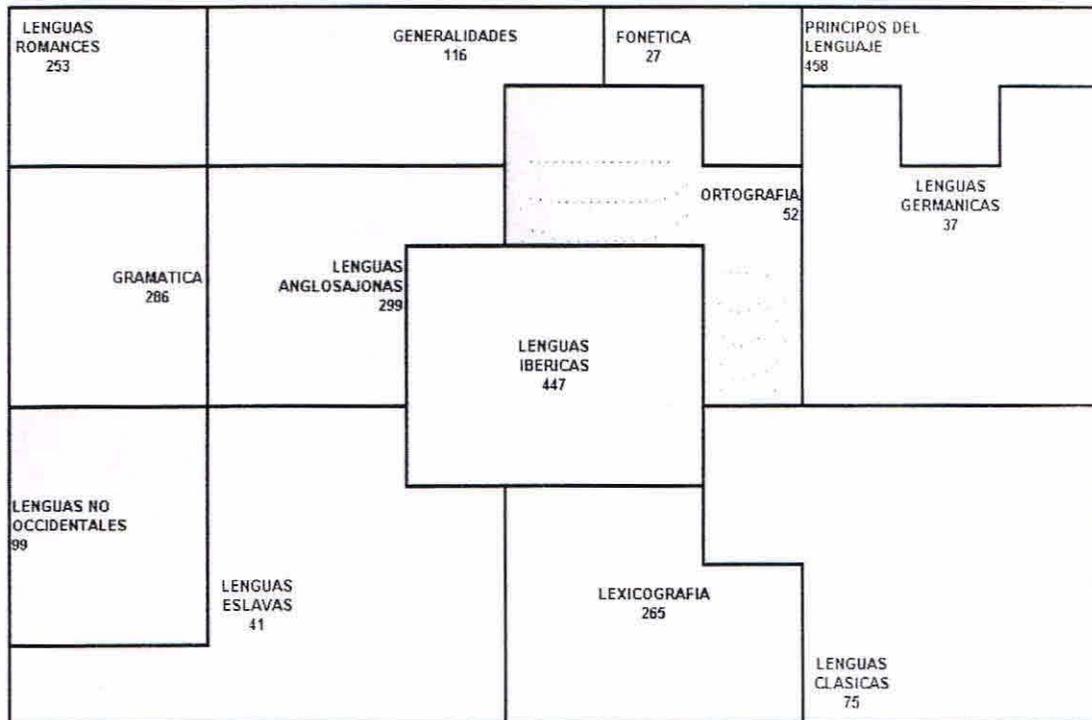
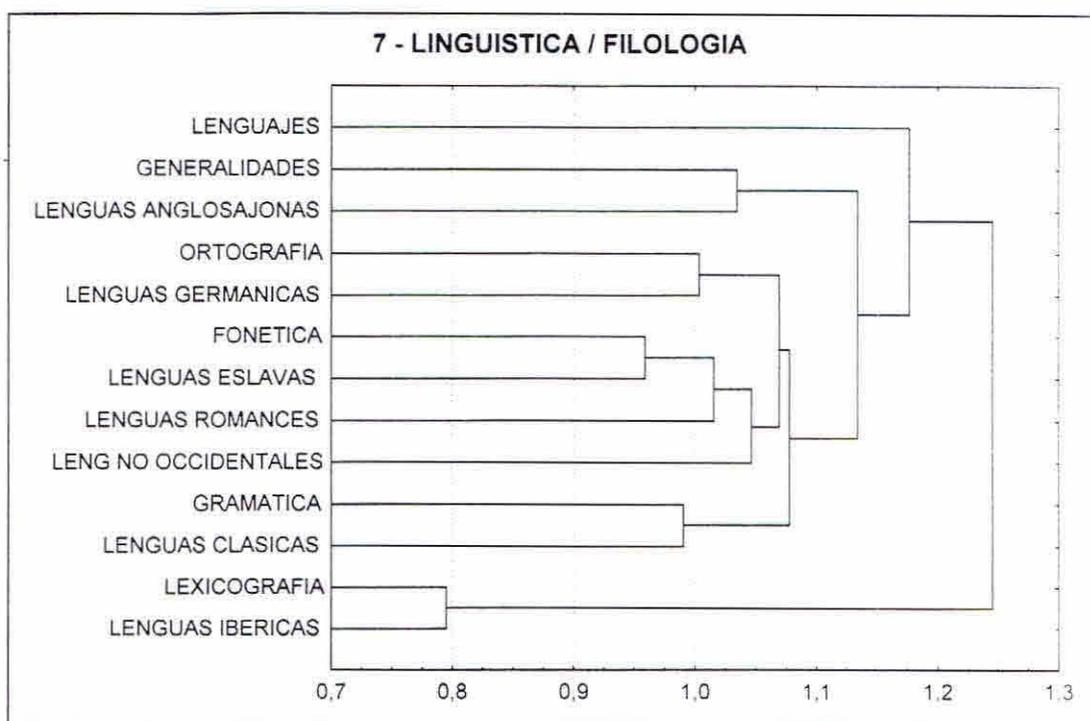


**6 - MEDICINA / FARMACIA**



## 6 - MEDICINA / FARMACIA

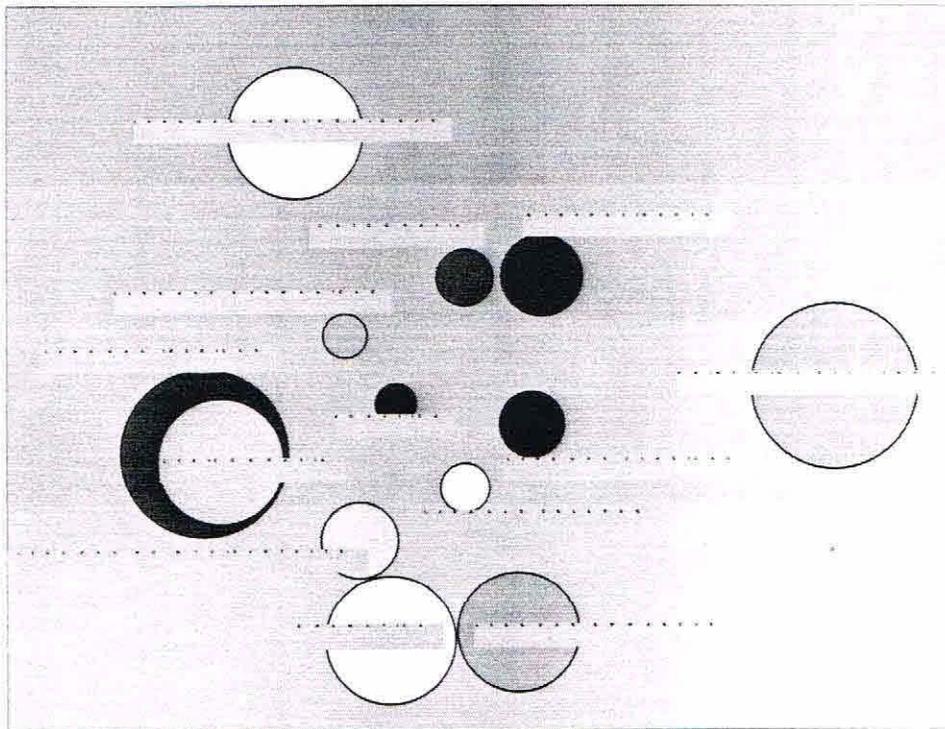


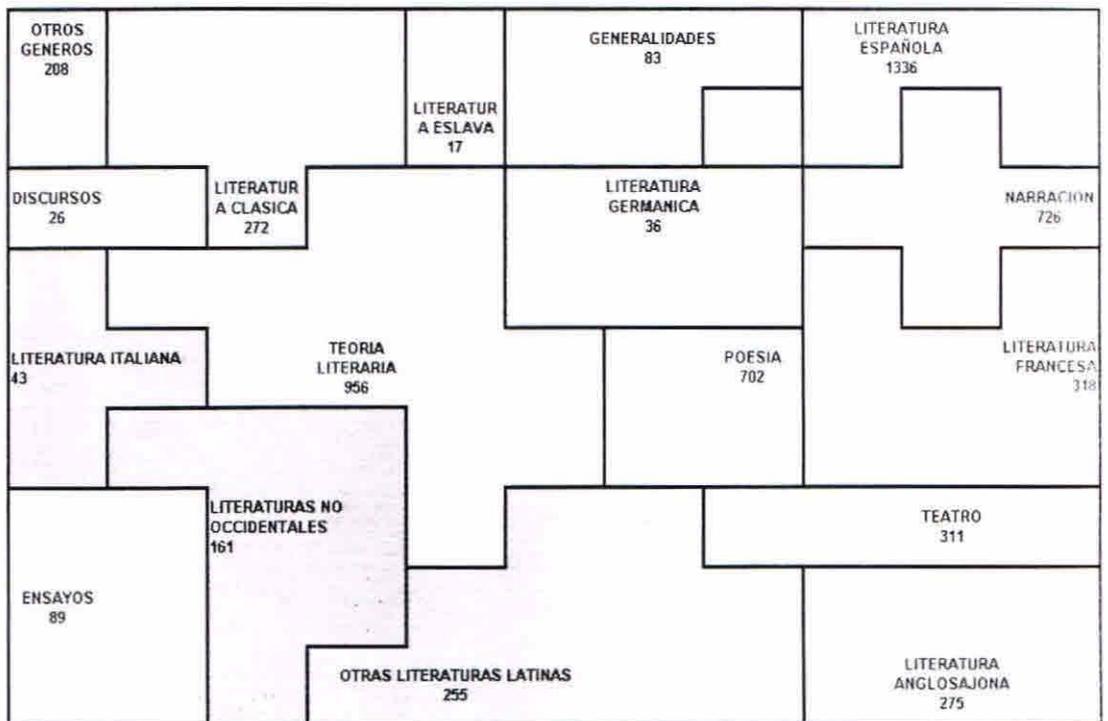
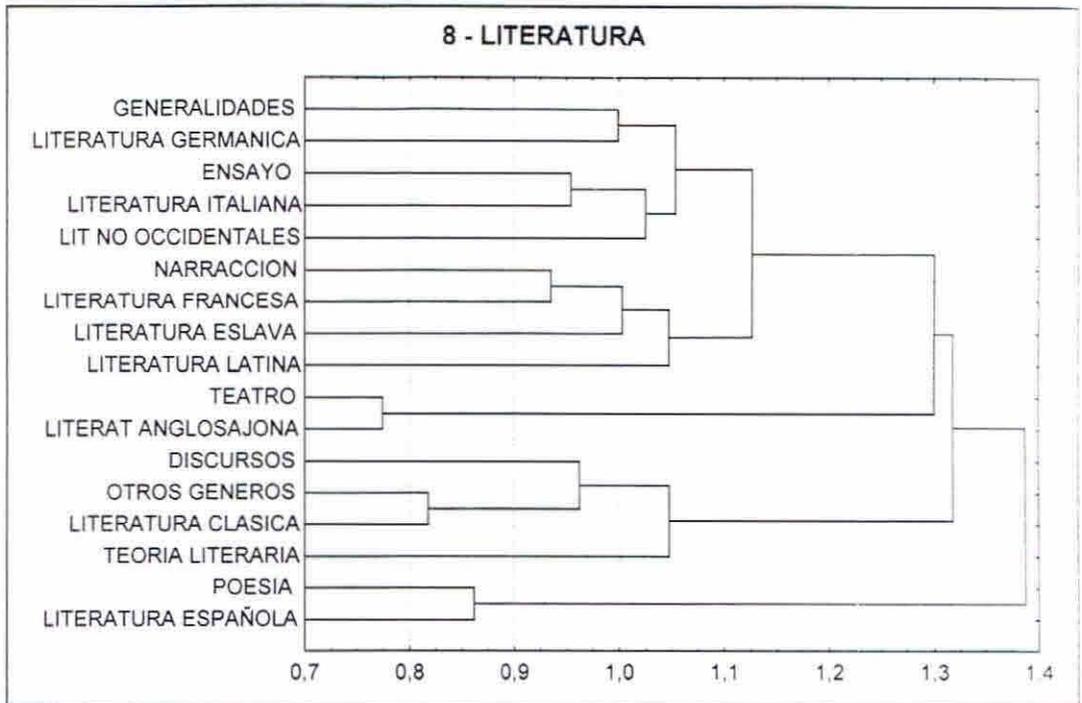


7 - LINGÜÍSTICA / FILOLOGÍA

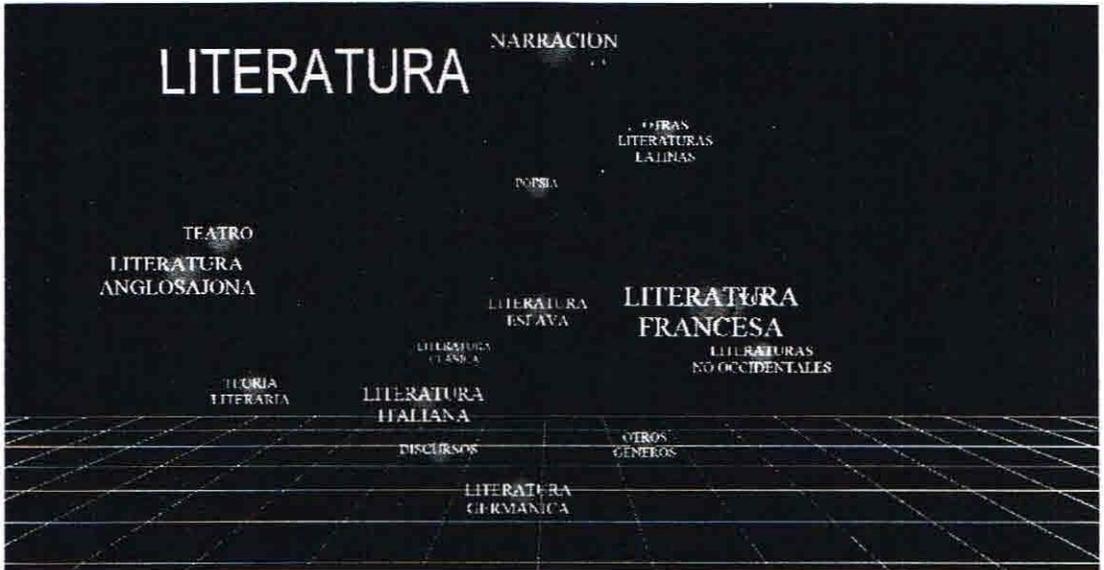


## 7 - LINGUSITICA / FILOLOGIA

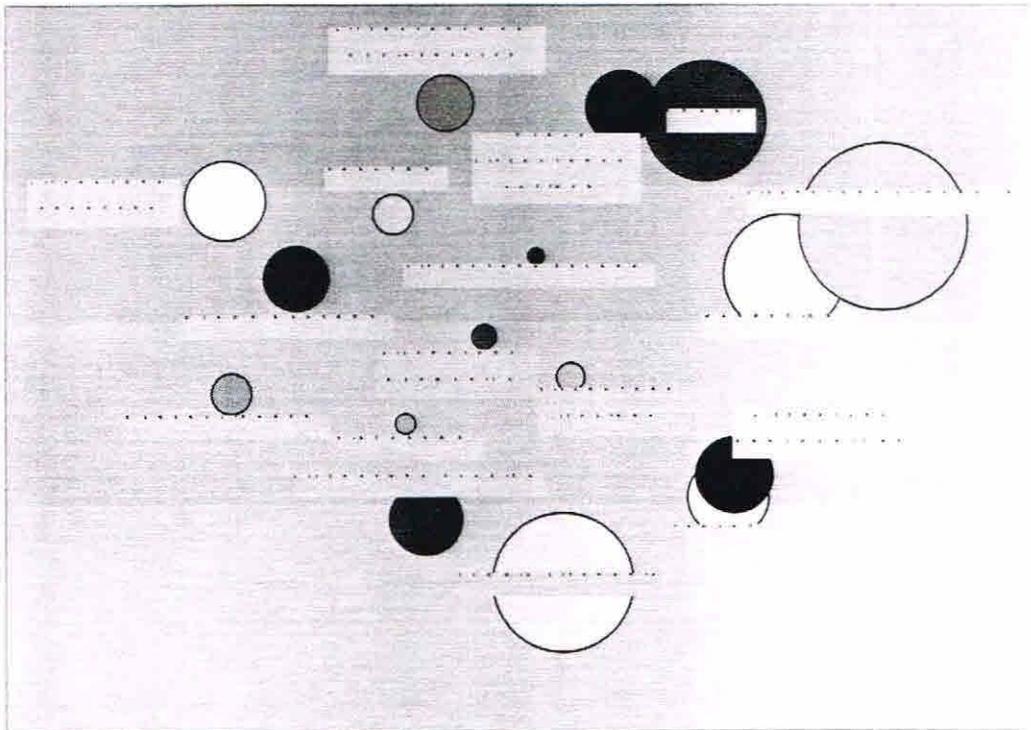


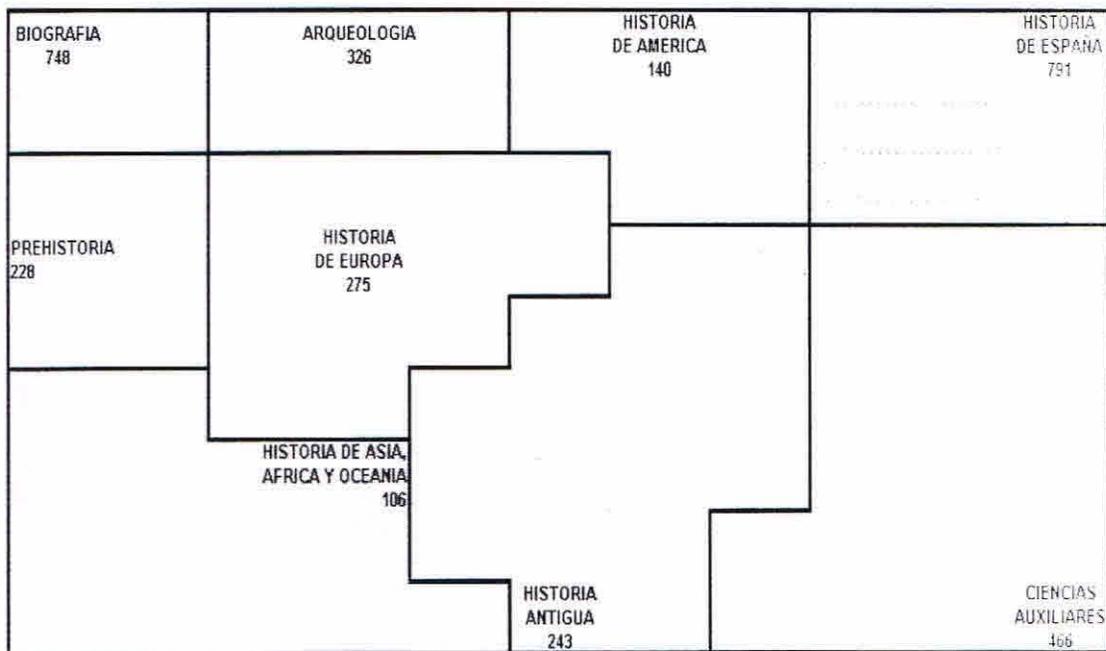
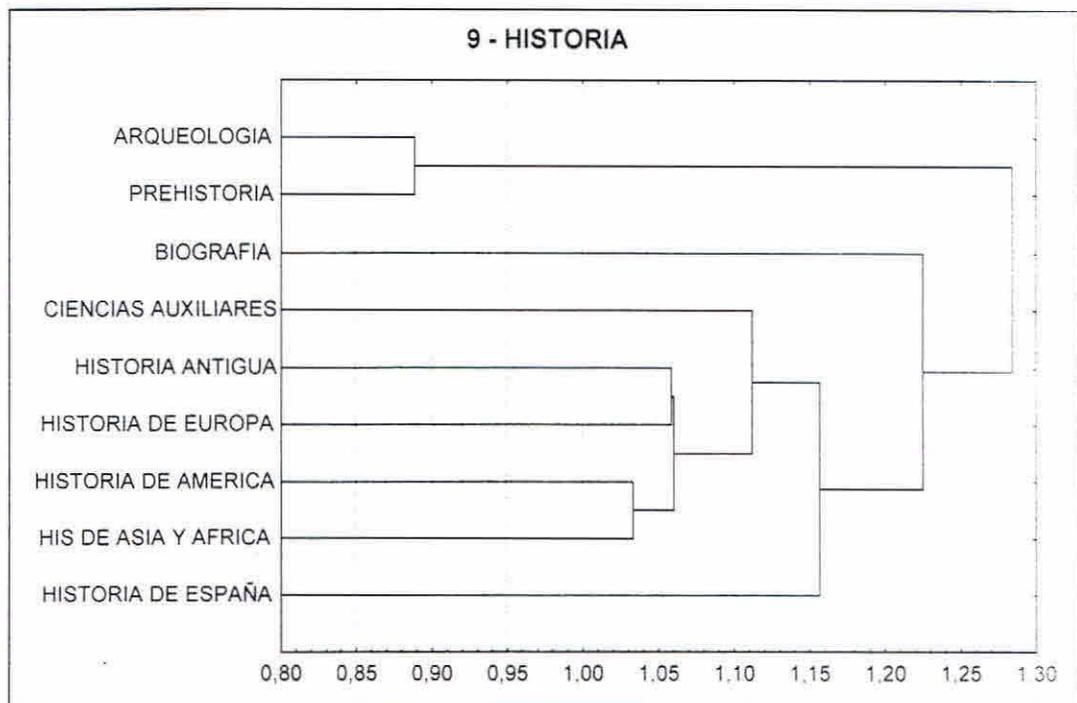


8 - LITERATURA

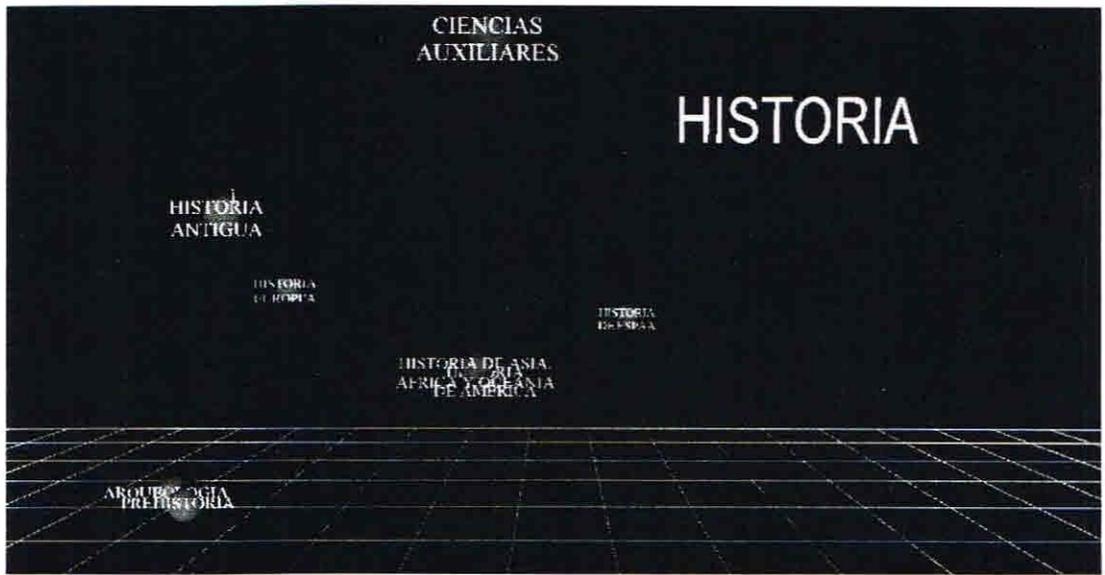


## 8 - LITERATURA

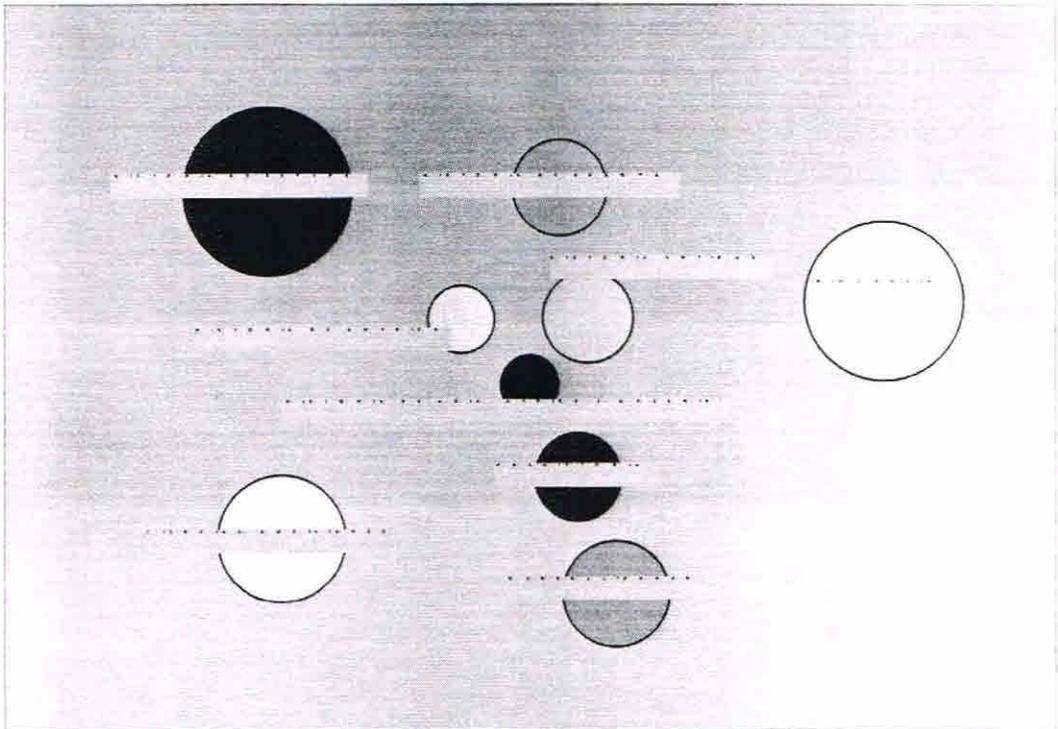


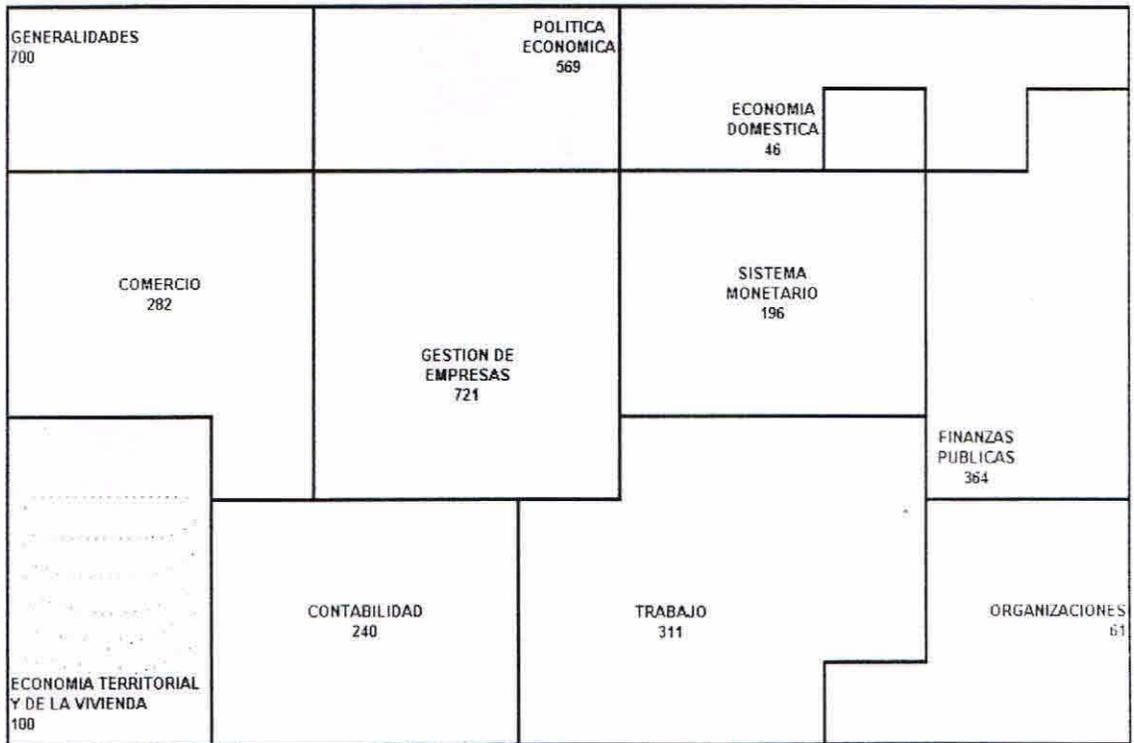
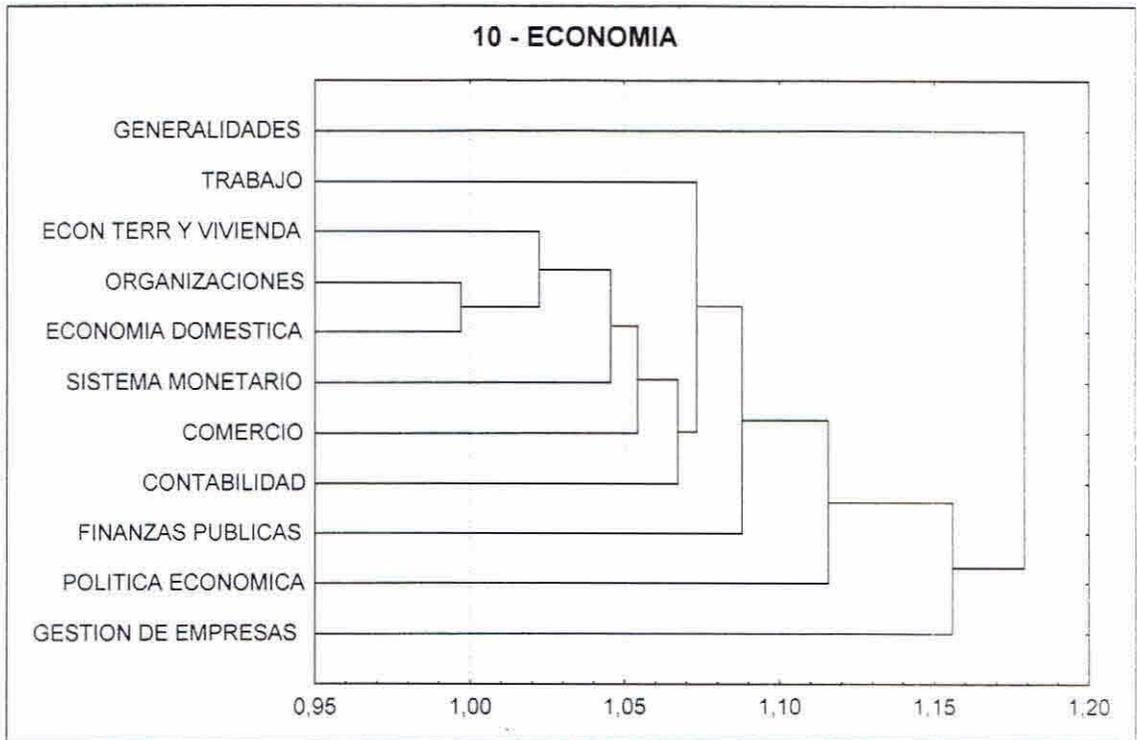


9 - HISTORIA



## 9 - HISTORIA





10 - ECONOMIA

# ECONOMIA

CONTABILIDAD

SISTEMA  
MONETARIO

ECONOMIA TERRITORIAL  
Y DE LA VIVIENDA  
ECONOMIA  
DE LA PRODUCCION

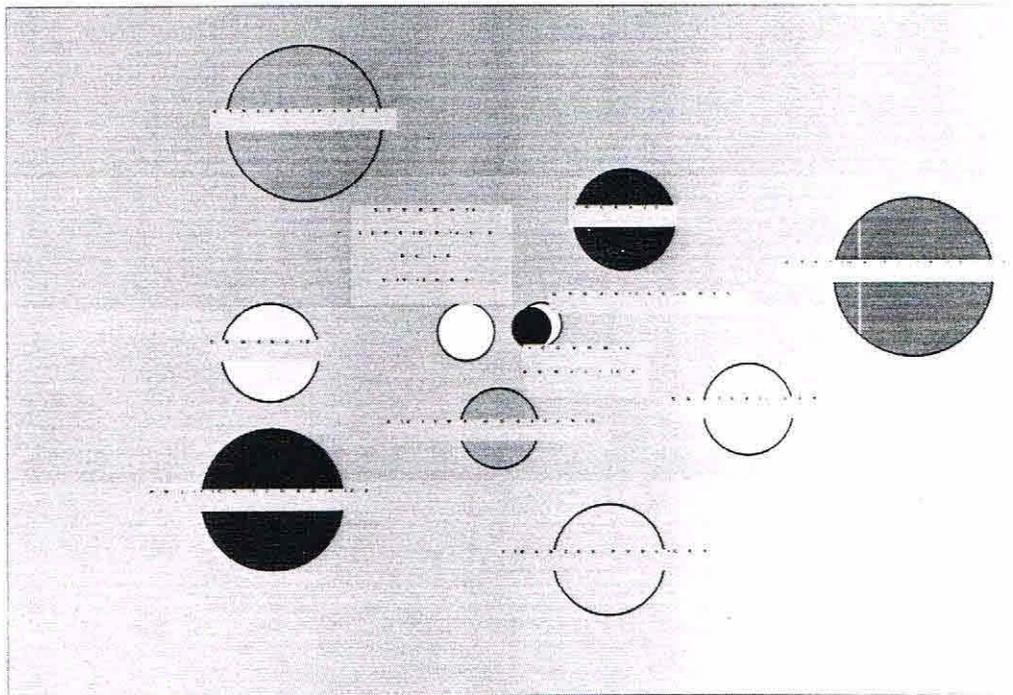
GENERALIDADES

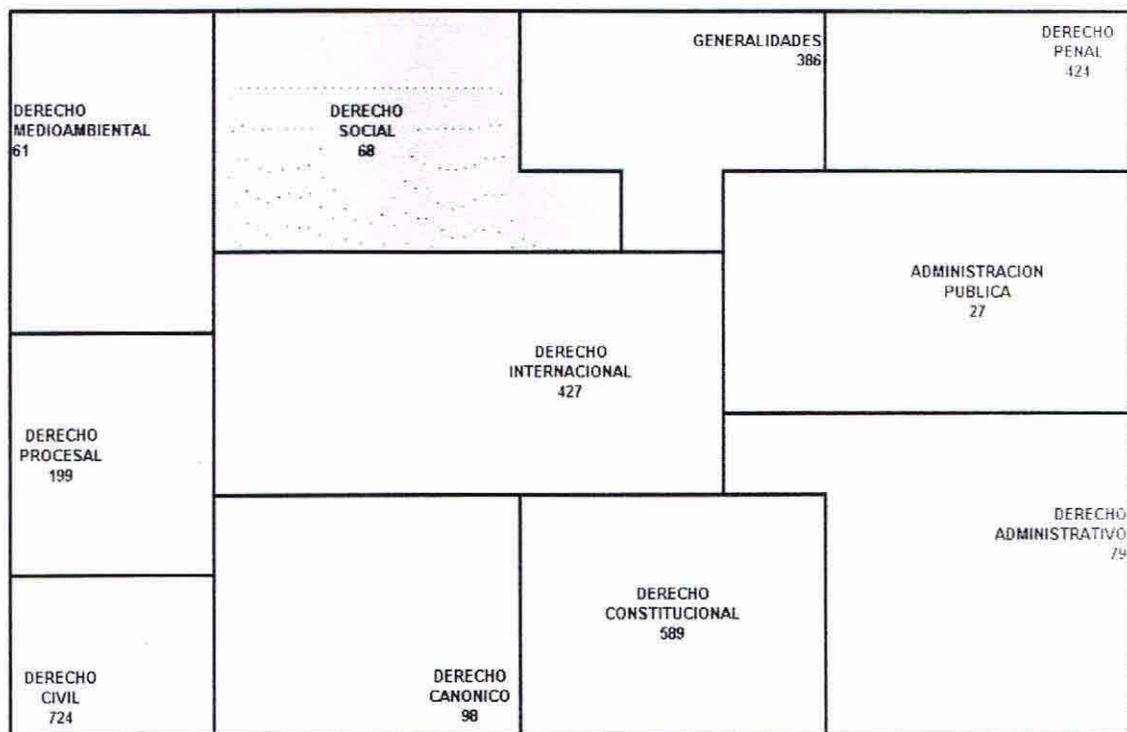
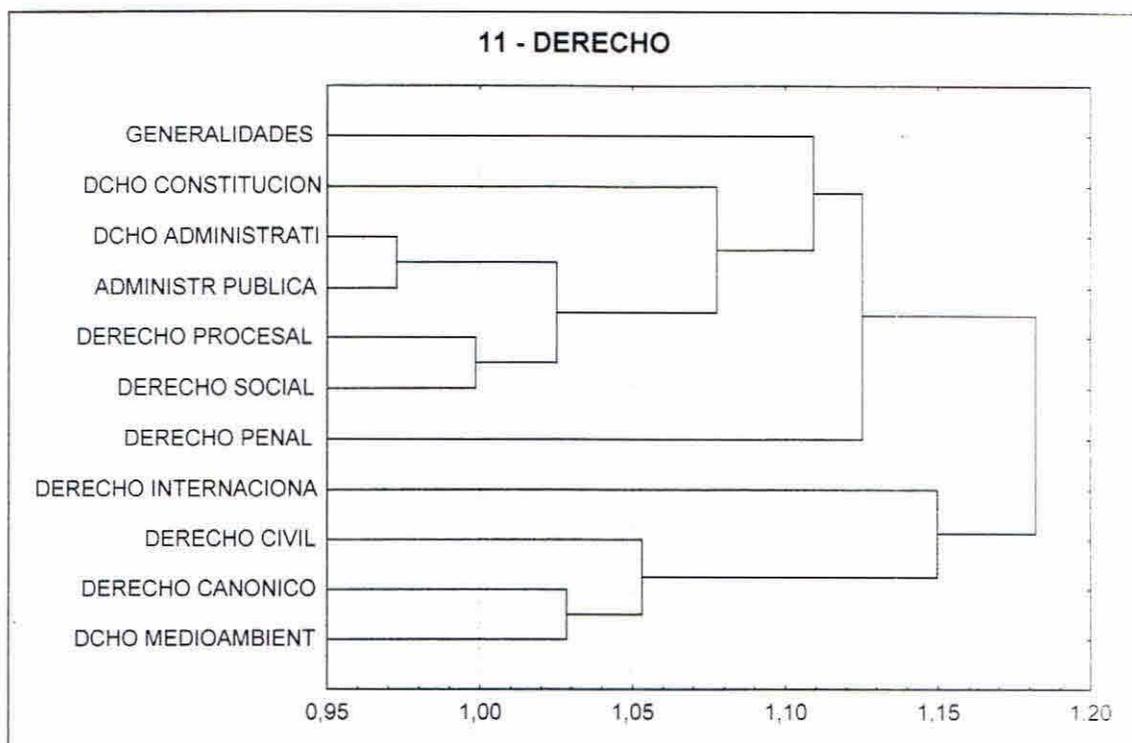
POLITICA  
ECONOMICA

FINANZAS  
PUBLICAS

TRABAJO

## 10 - ECONOMIA

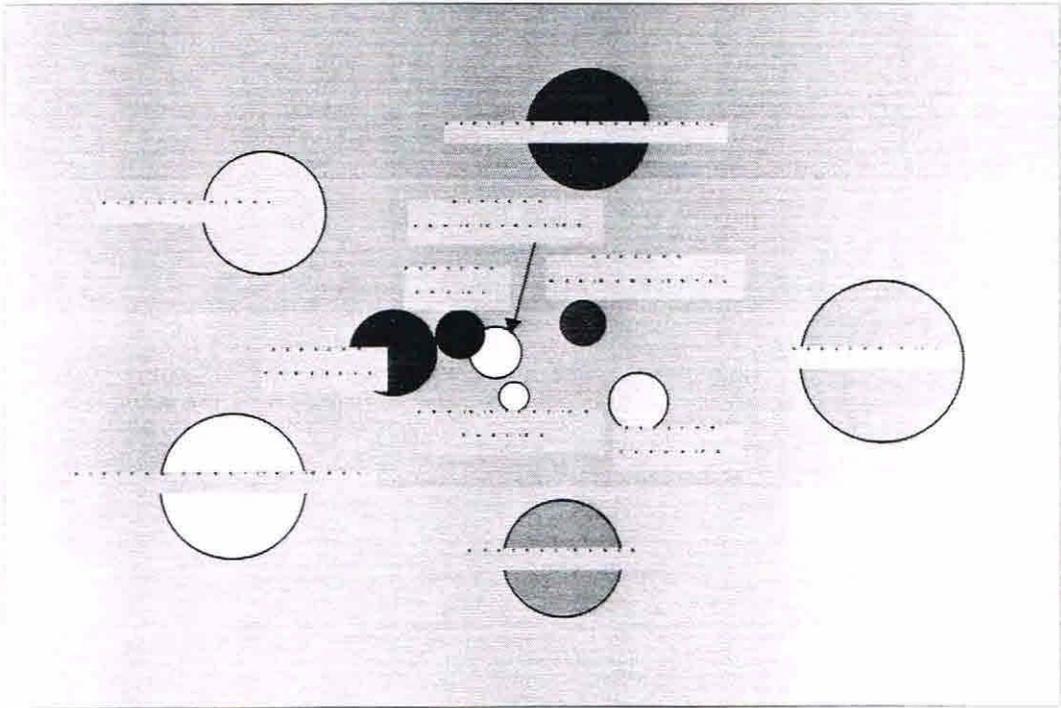


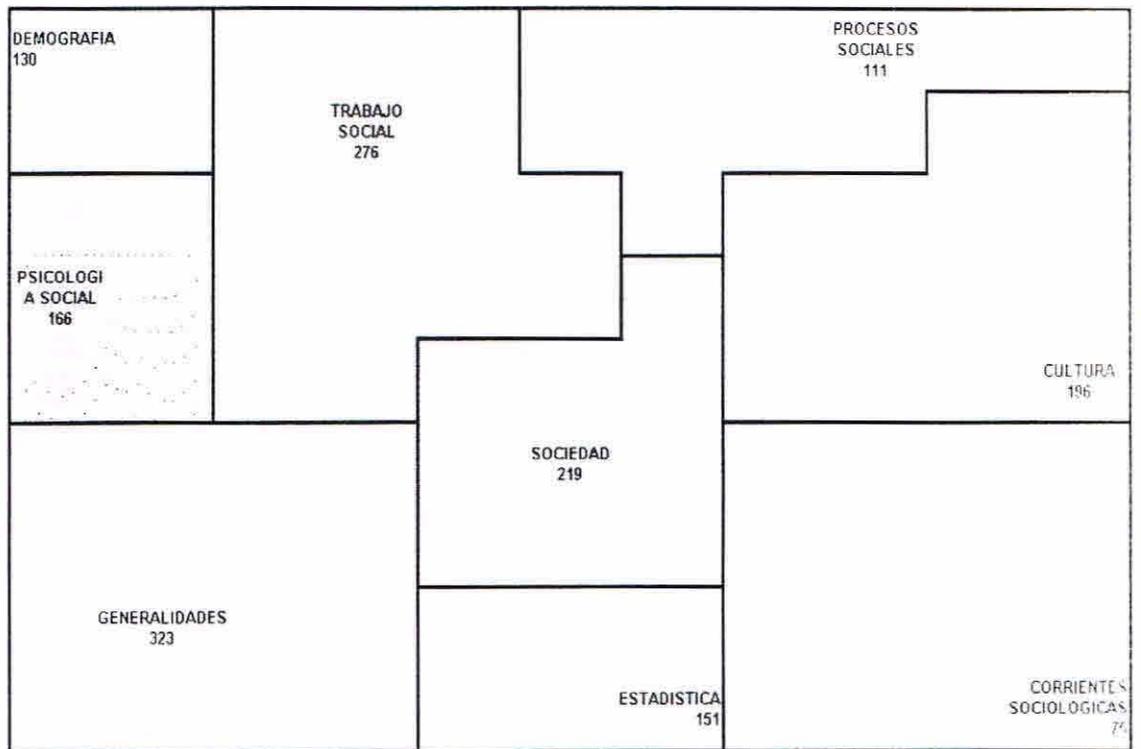
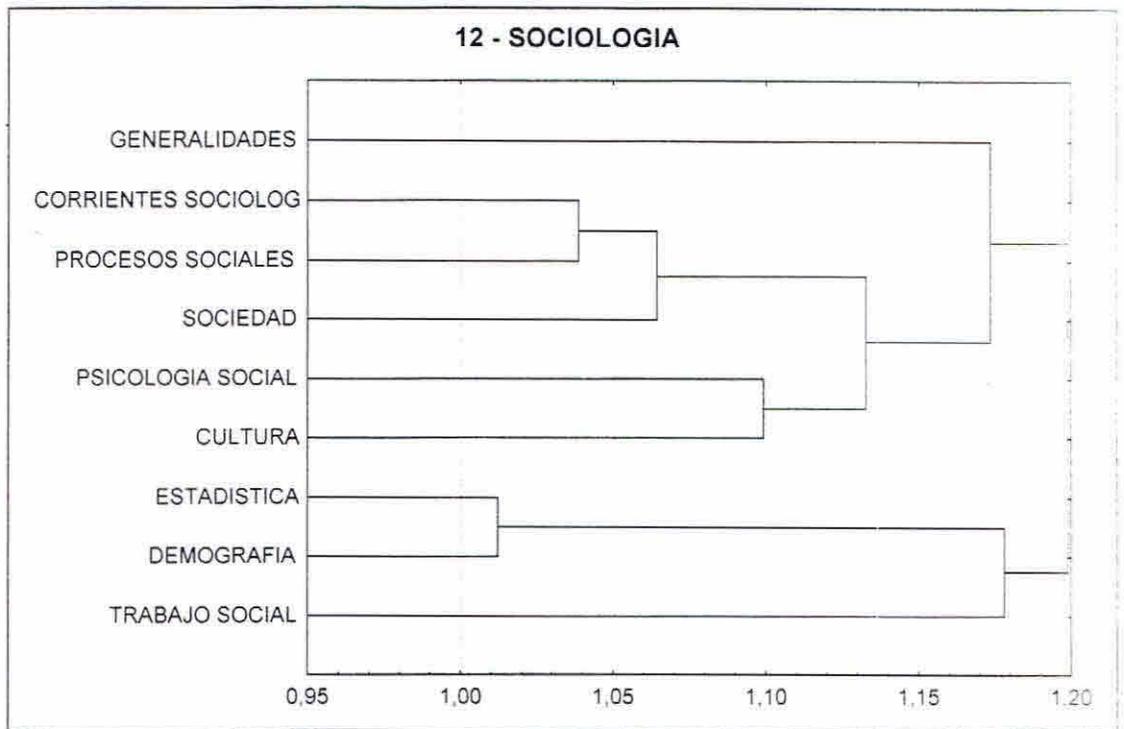


11 - DERECHO

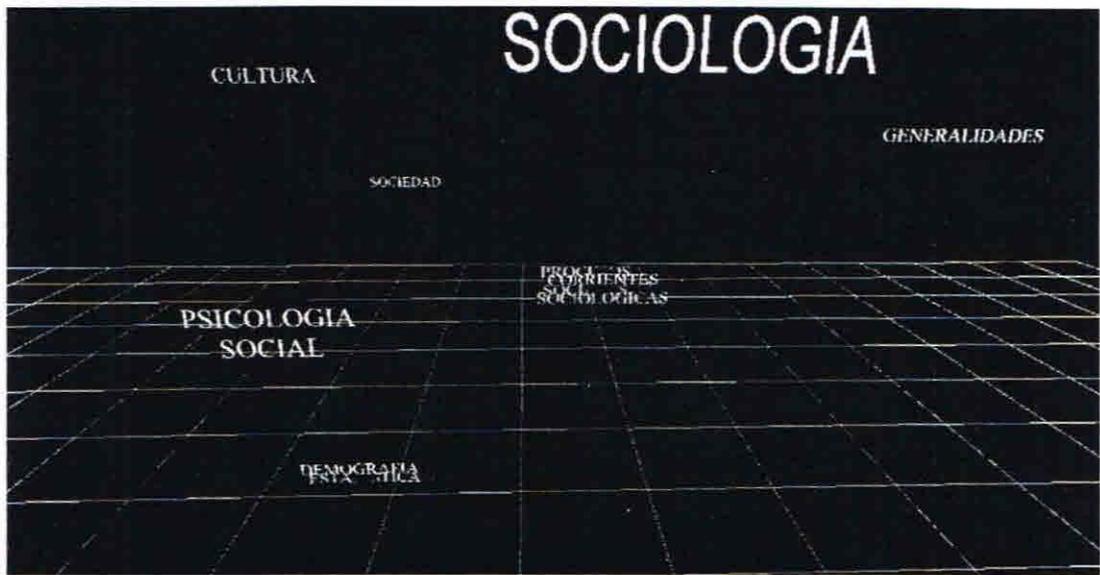


11 - DERECHO

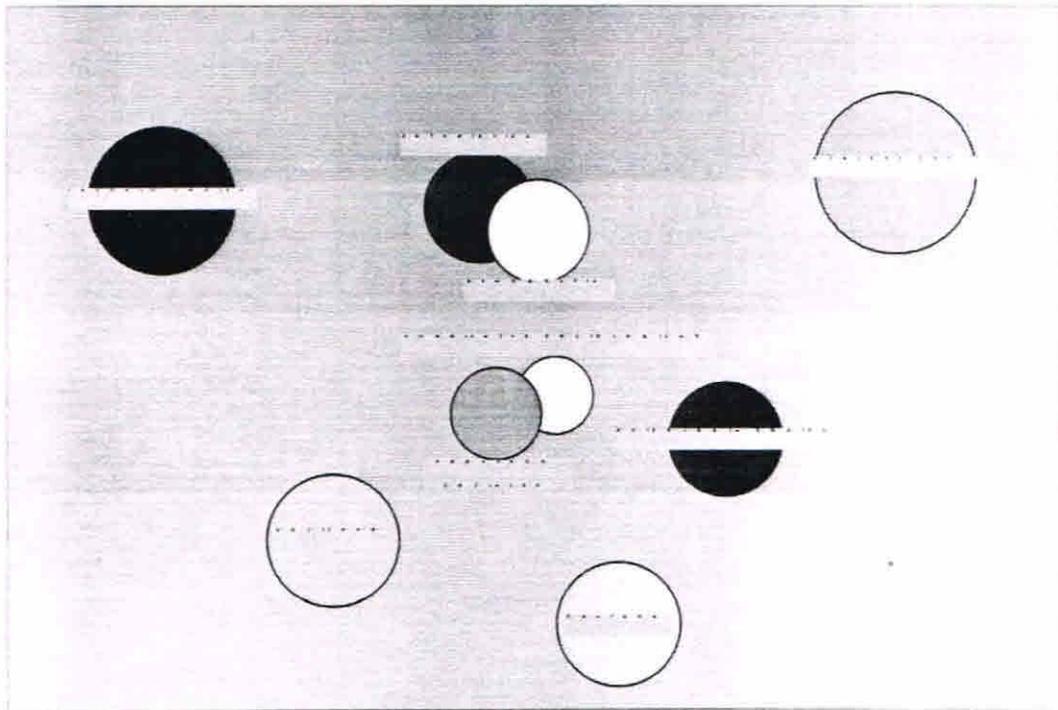


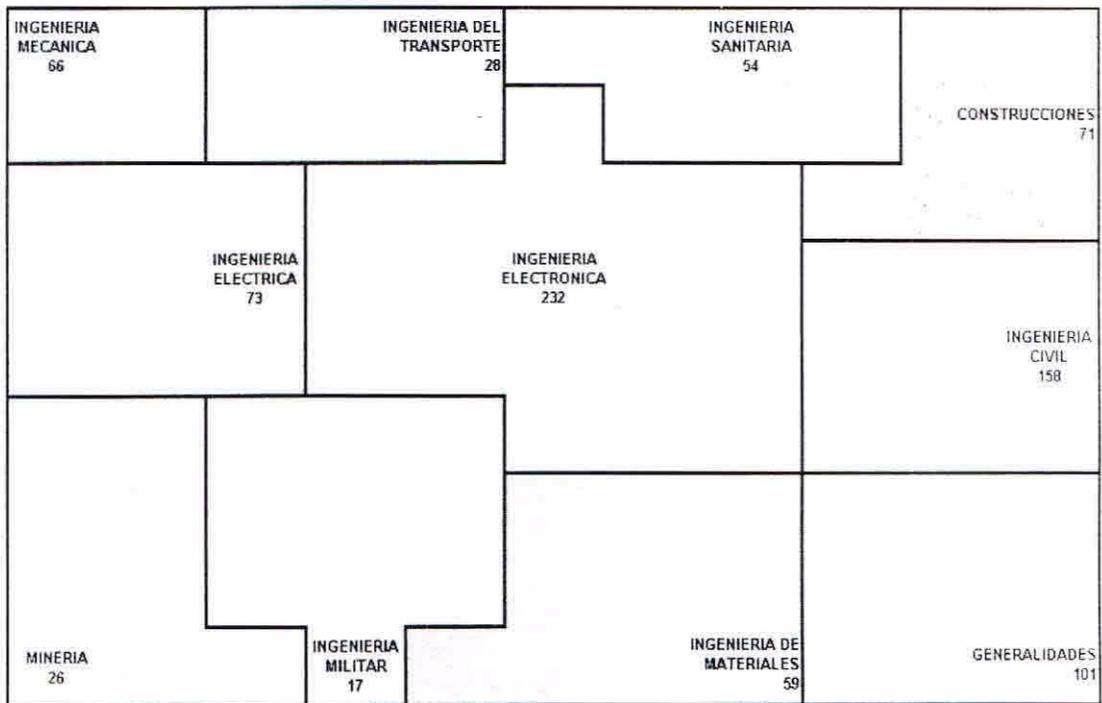
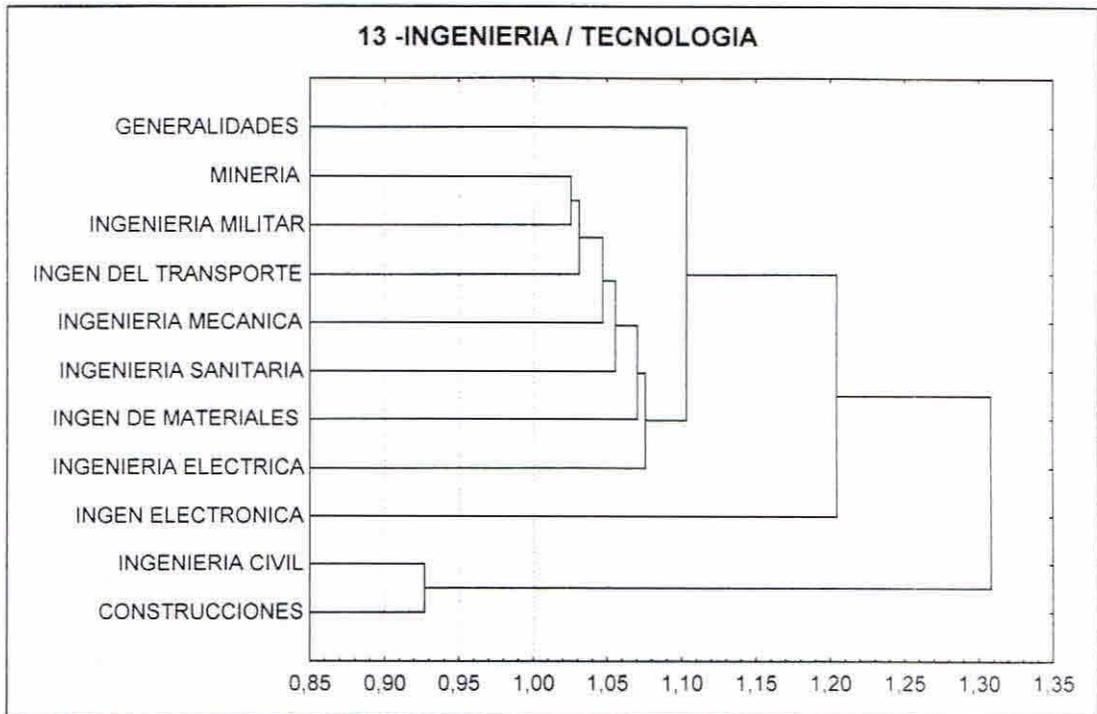


12 - SOCIOLOGIA



## 12 - SOCIOLOGIA

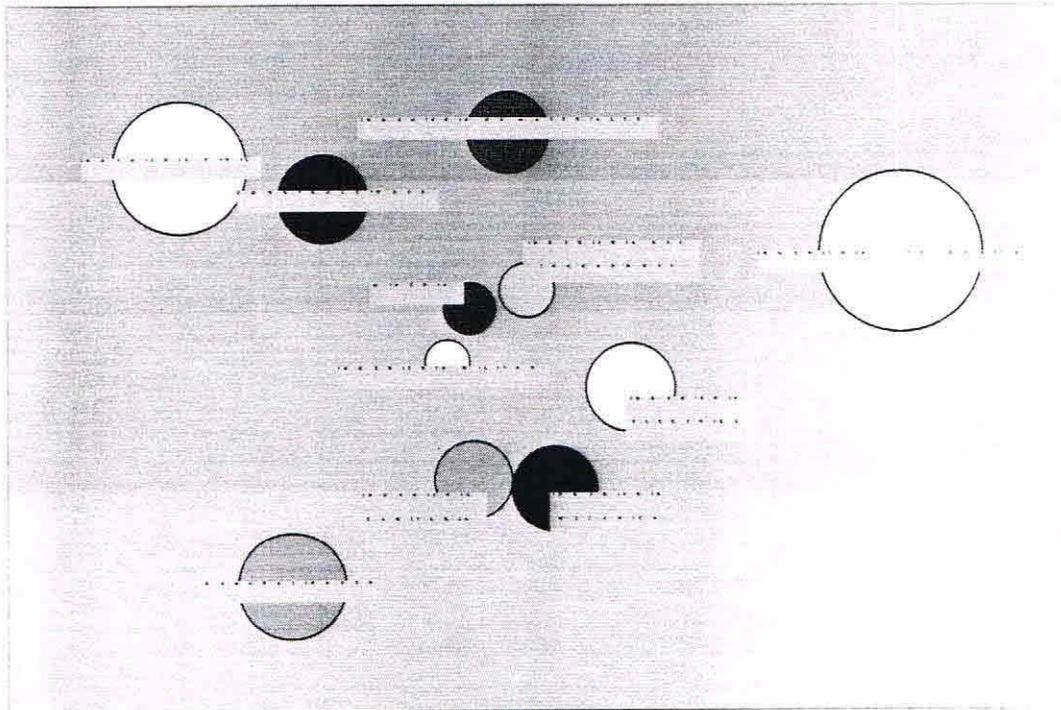


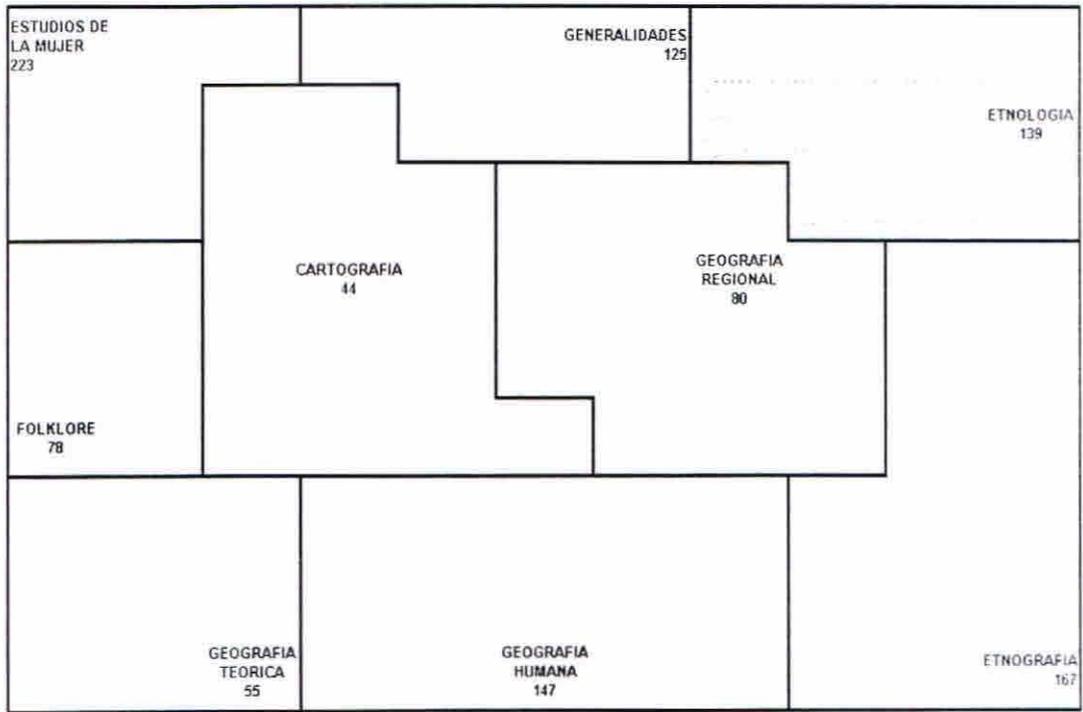
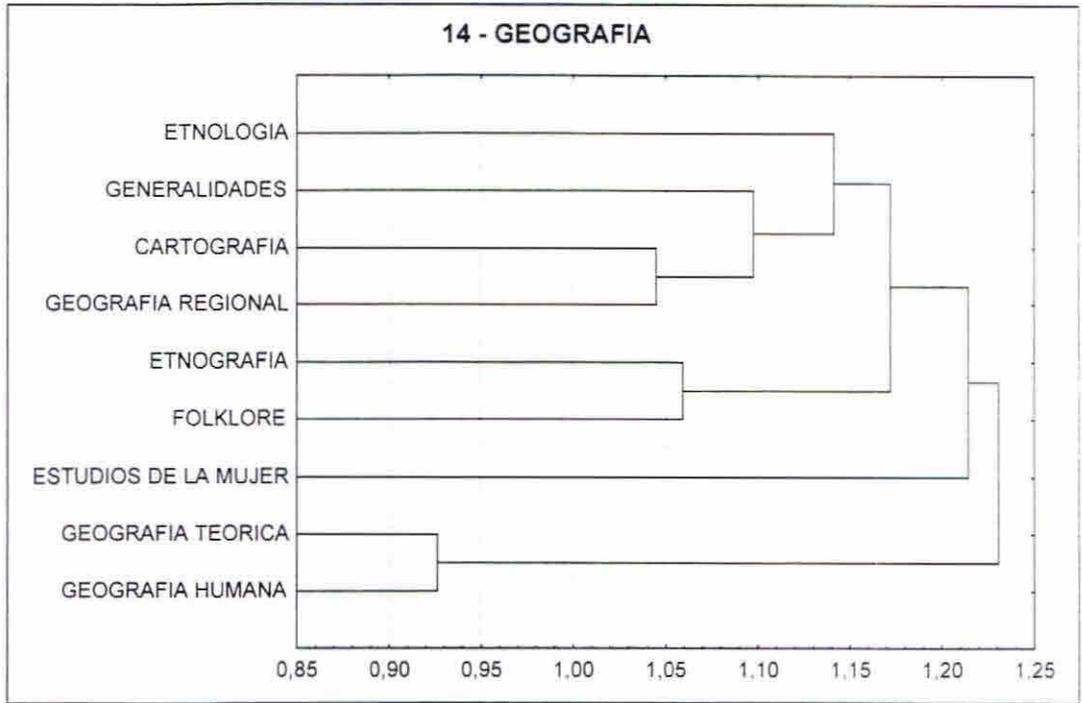


13 - INGENIERIA / TECNOLOGIA

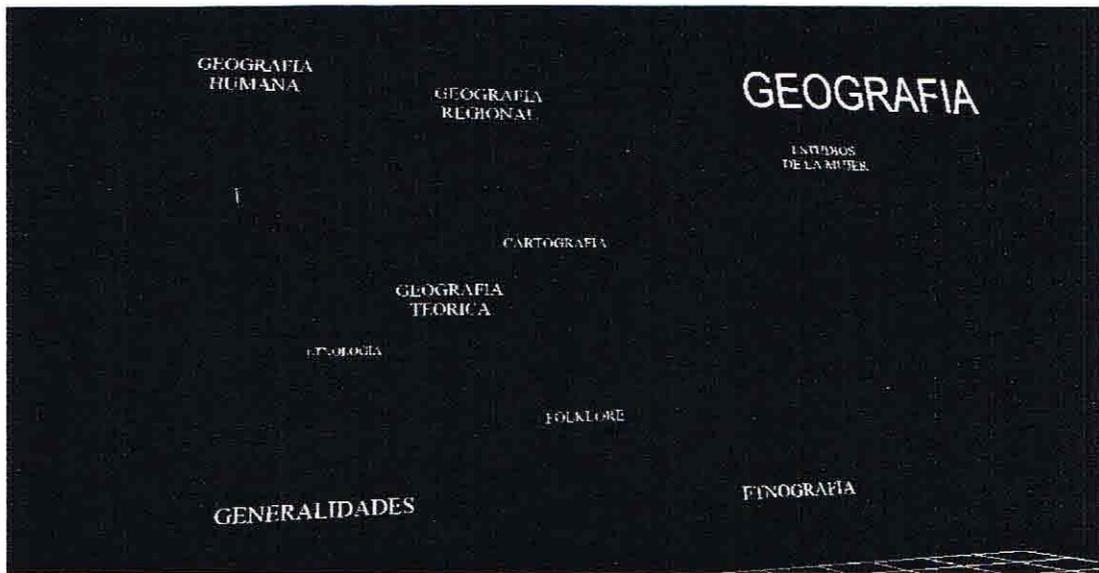


### 13 - INGENIERIA / TECNOLOGIA

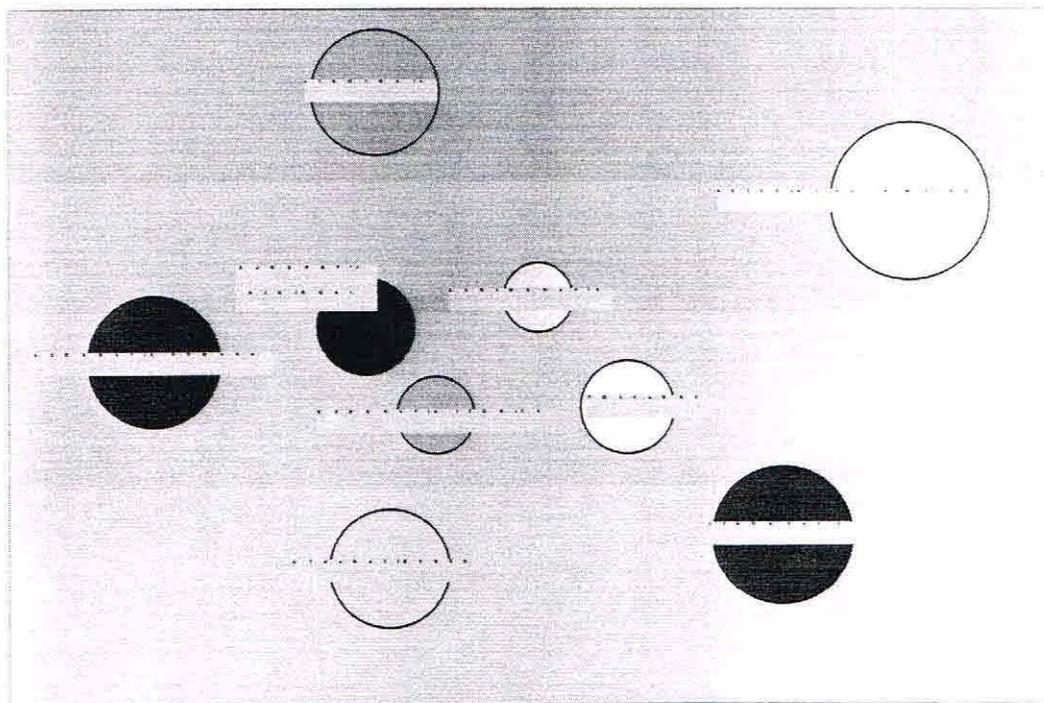


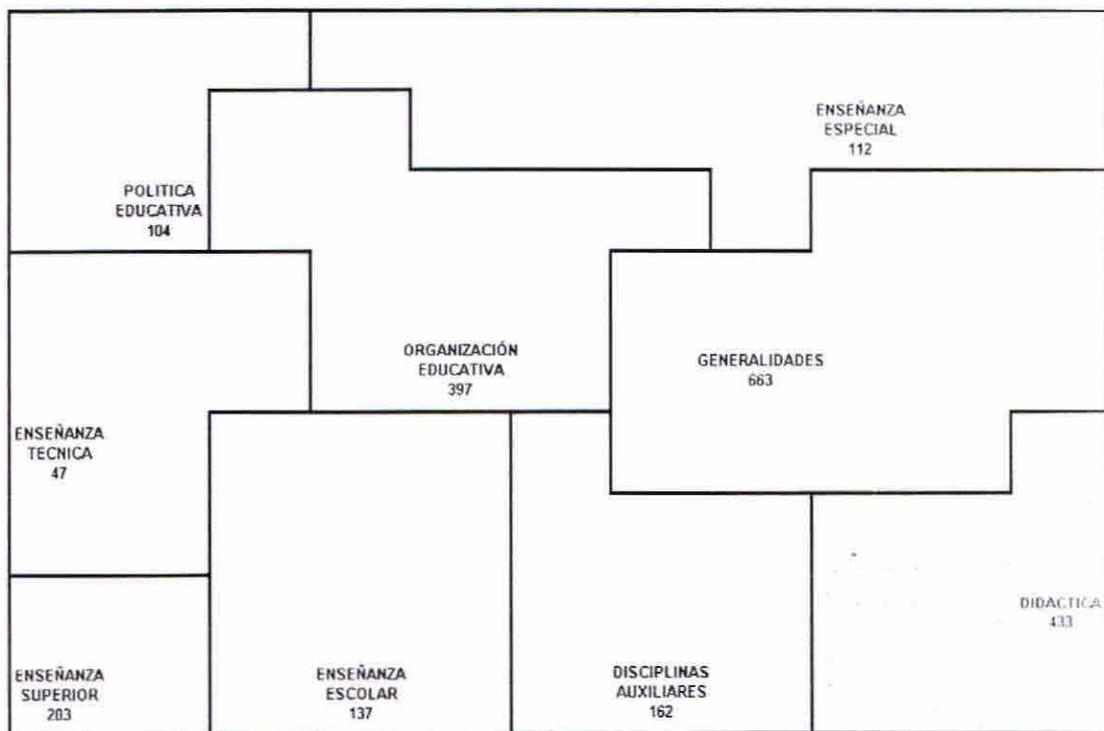
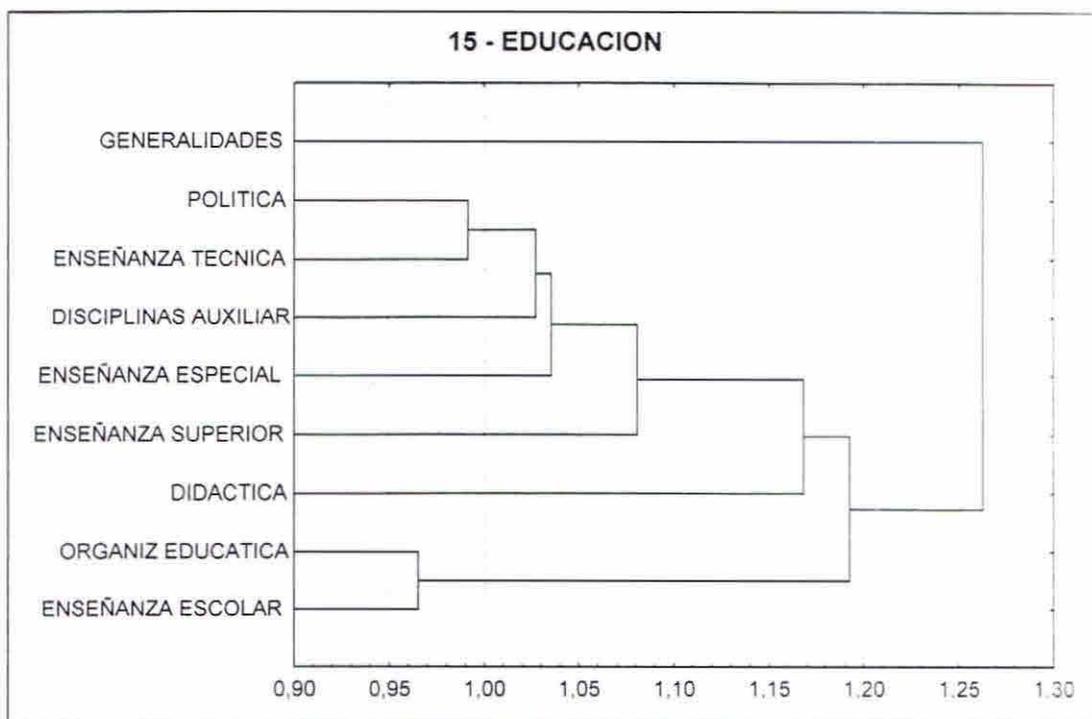


14 - GEOGRAFIA

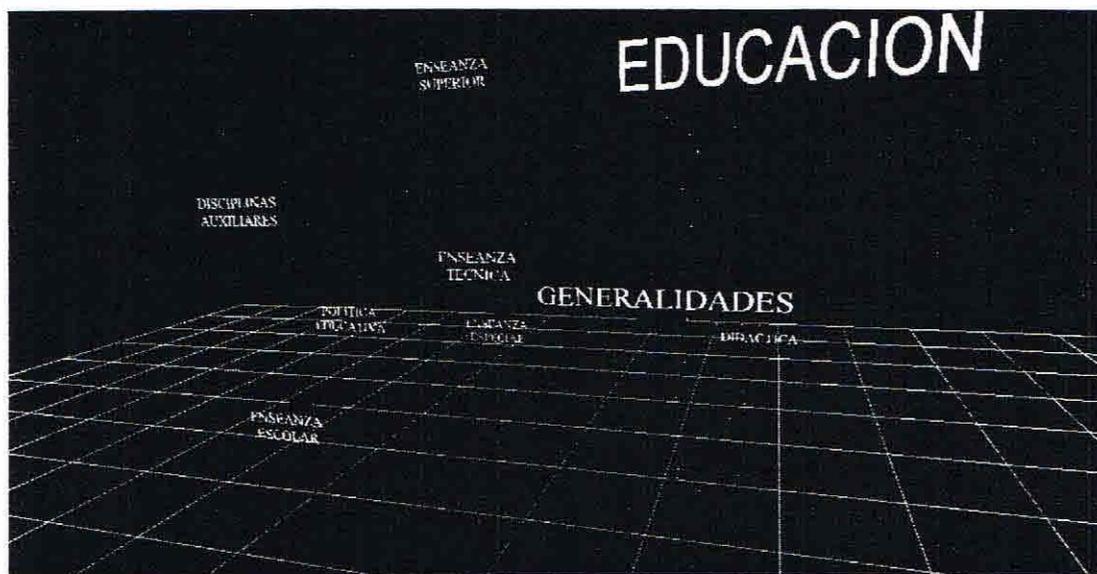


## 14 - GEOGRAFIA

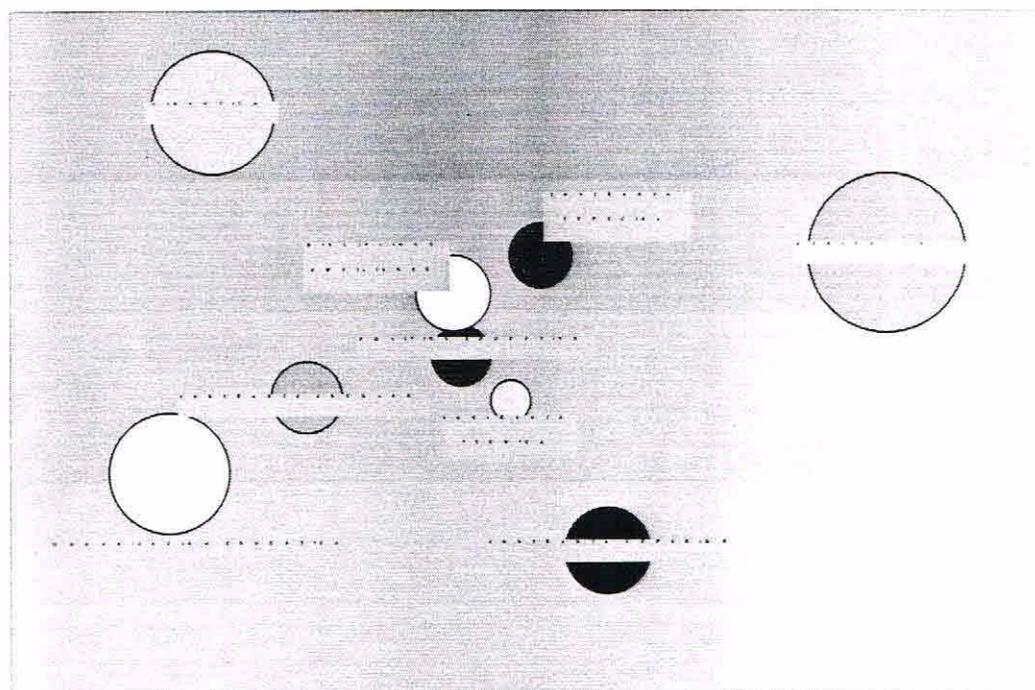


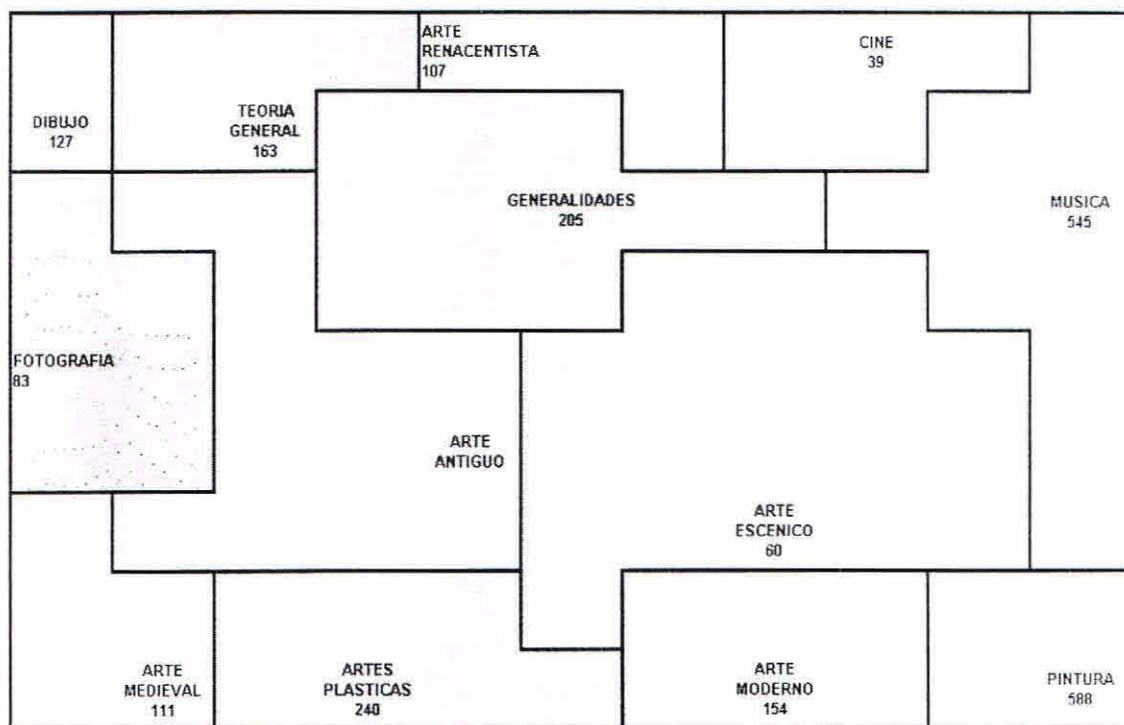
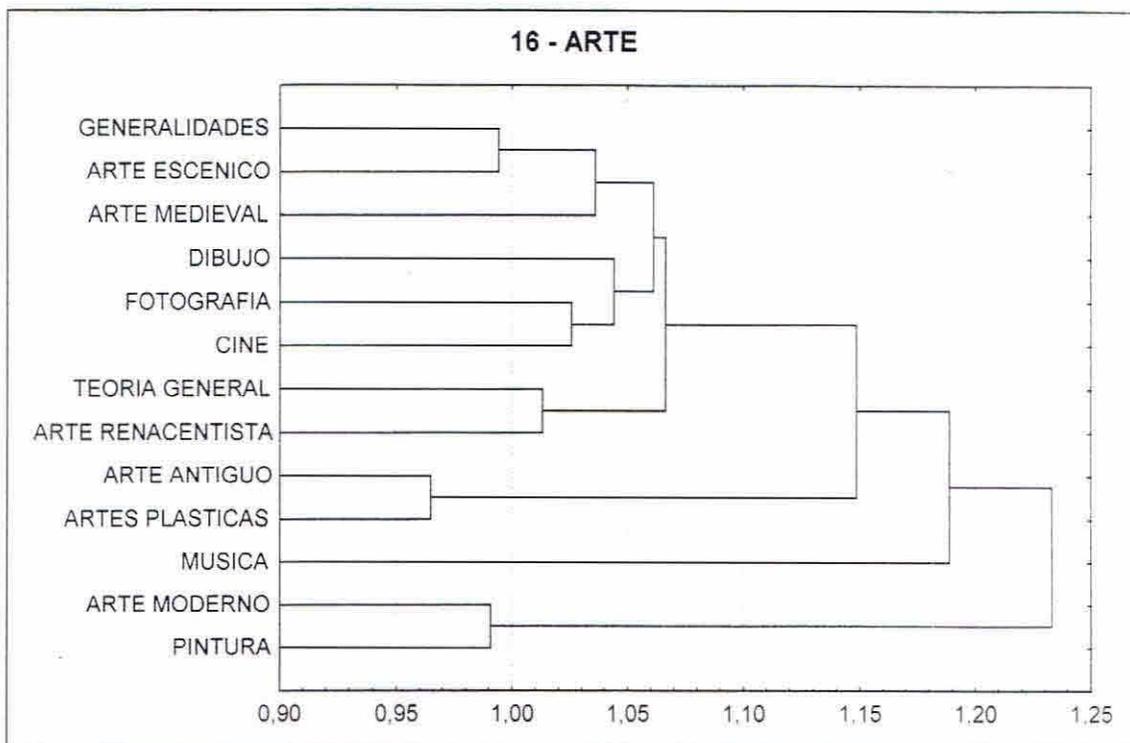


15 - EDUCACION



## 15 - EDUCACION

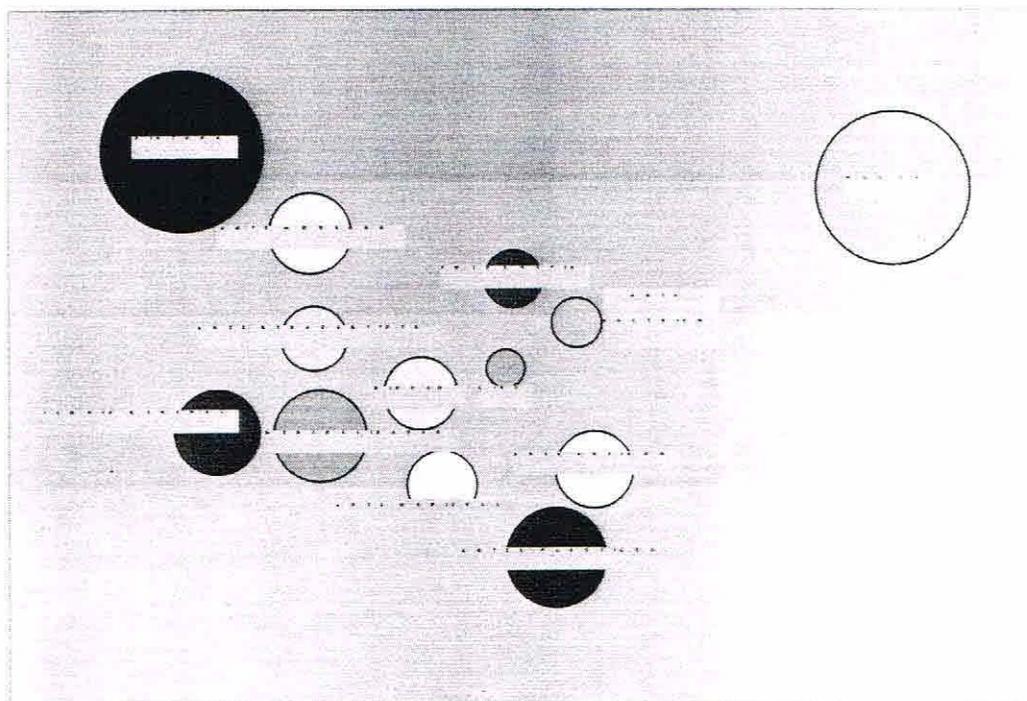


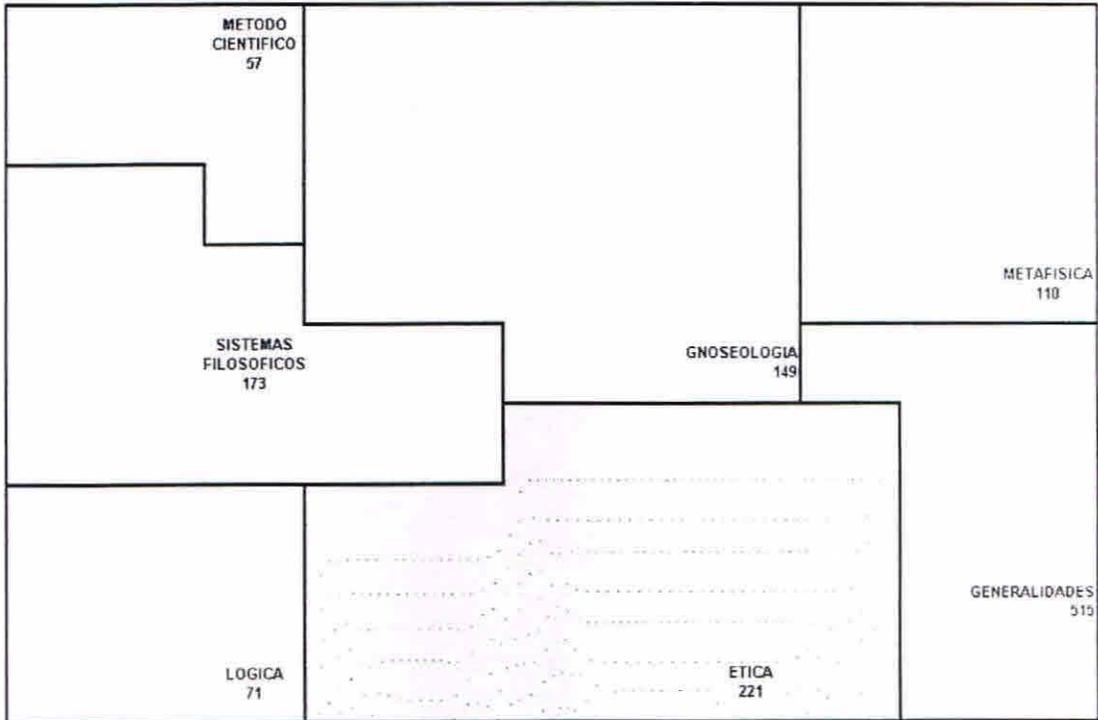
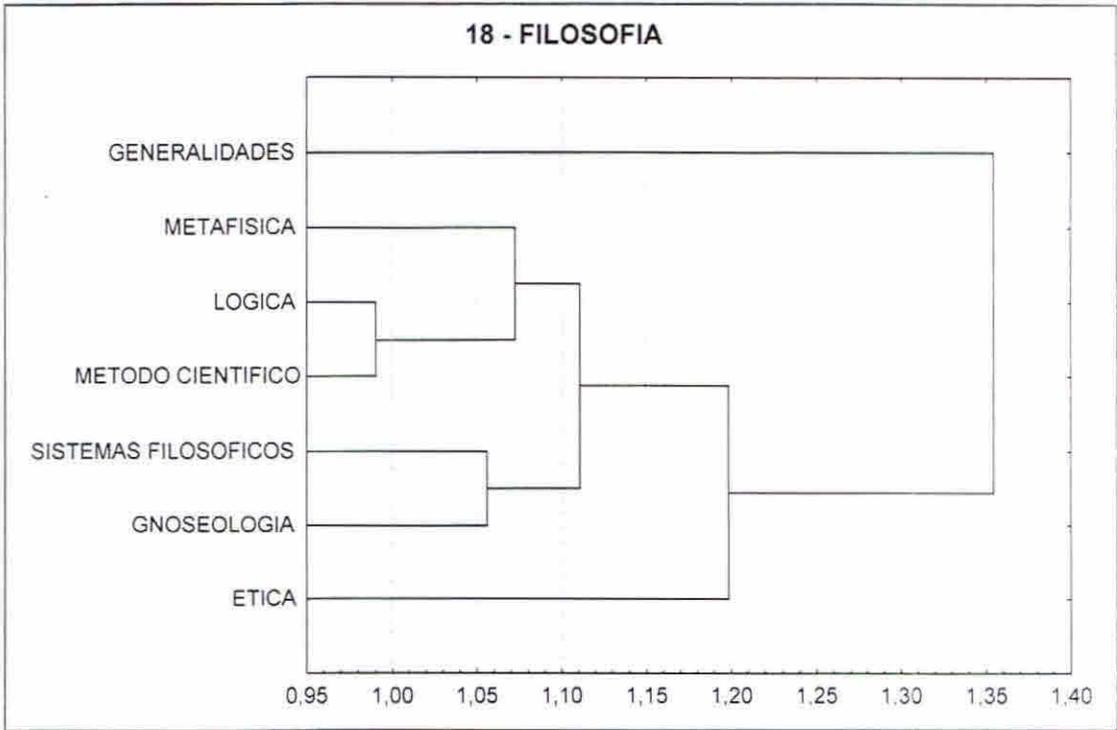


16 - ARTE



16 - ARTE

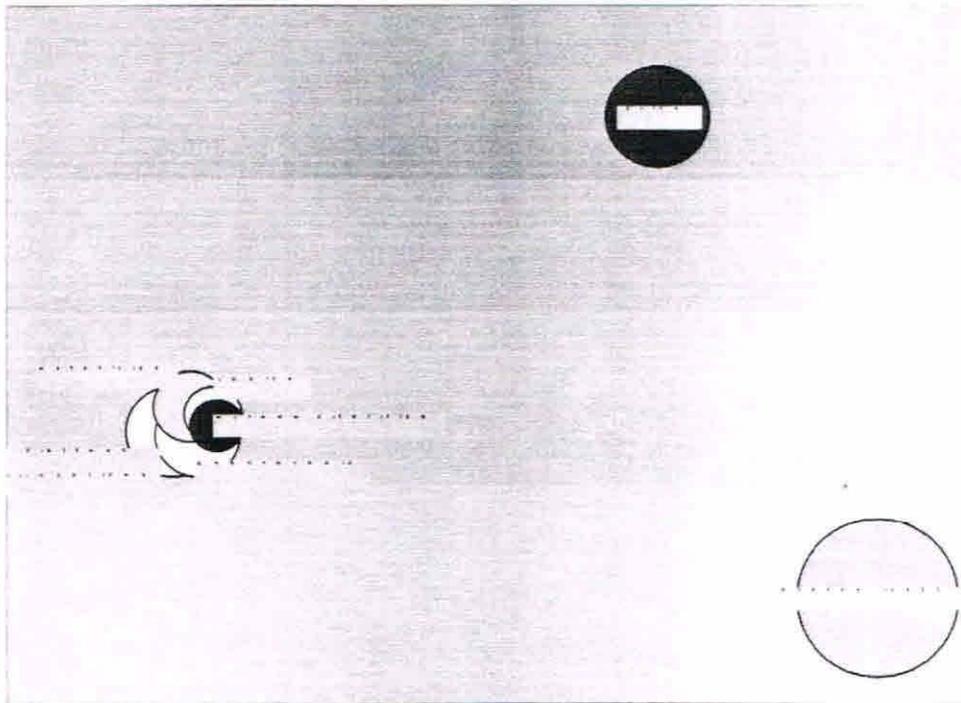


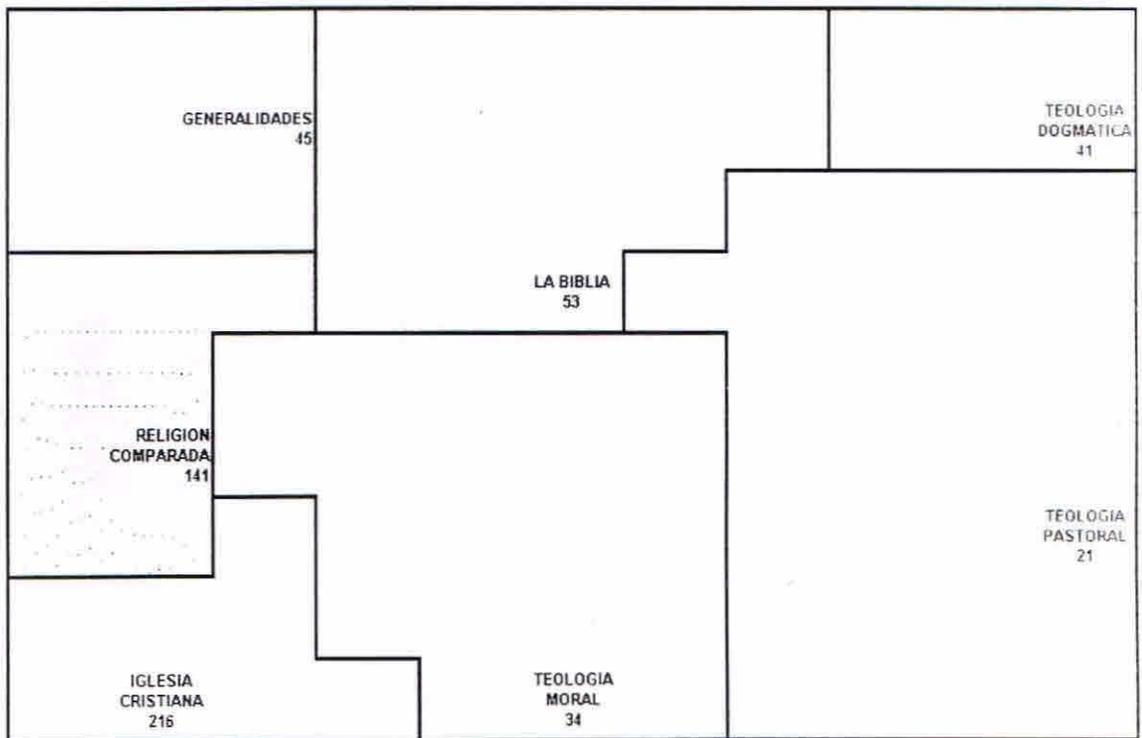
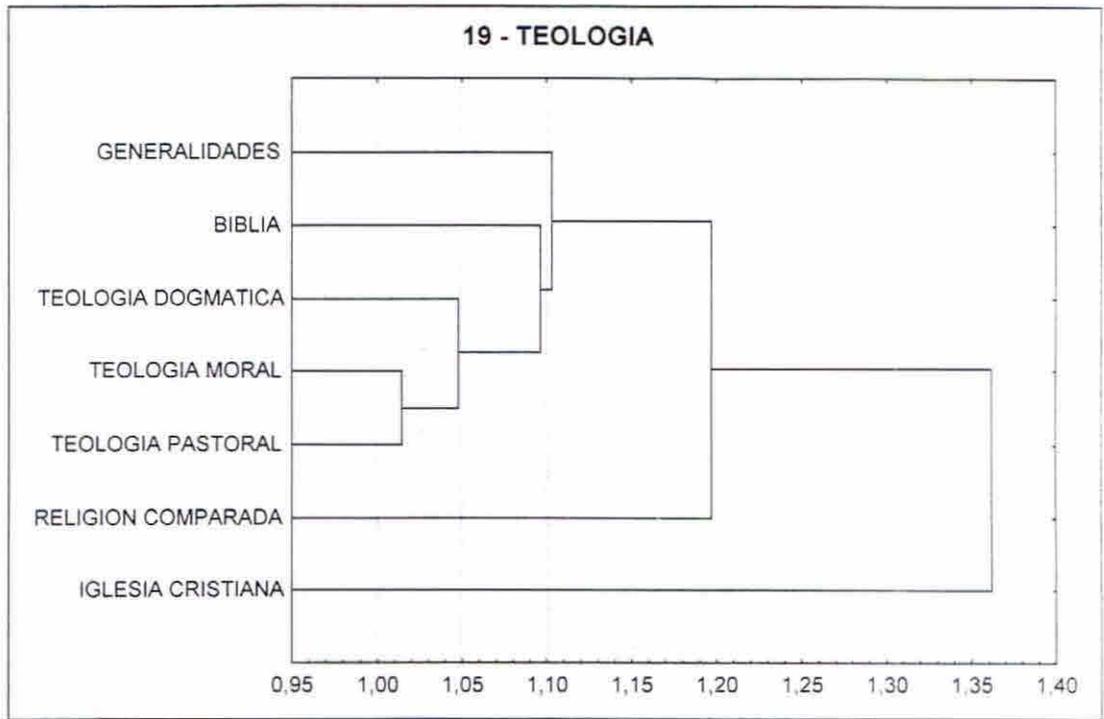


18 - FILOSOFIA

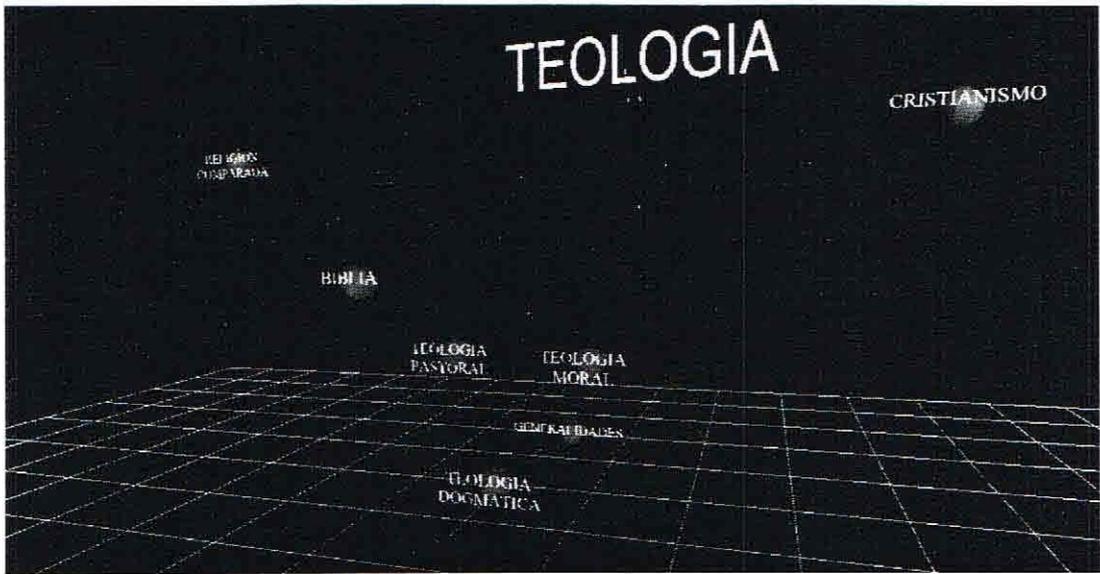


18 - FILOSOFIA

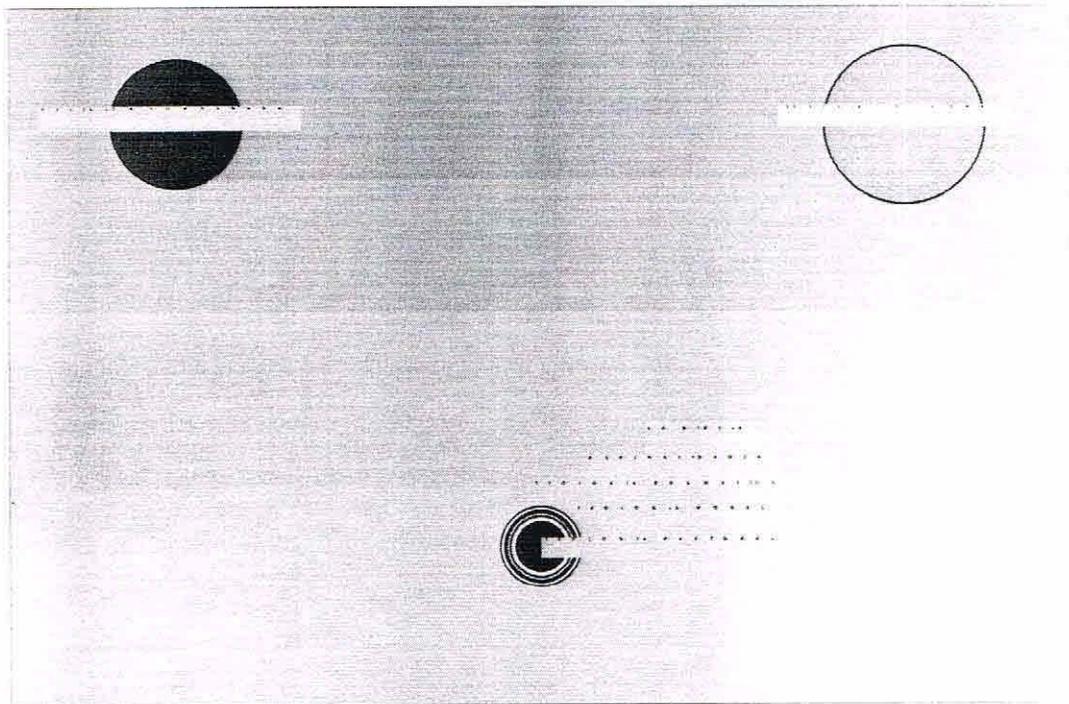


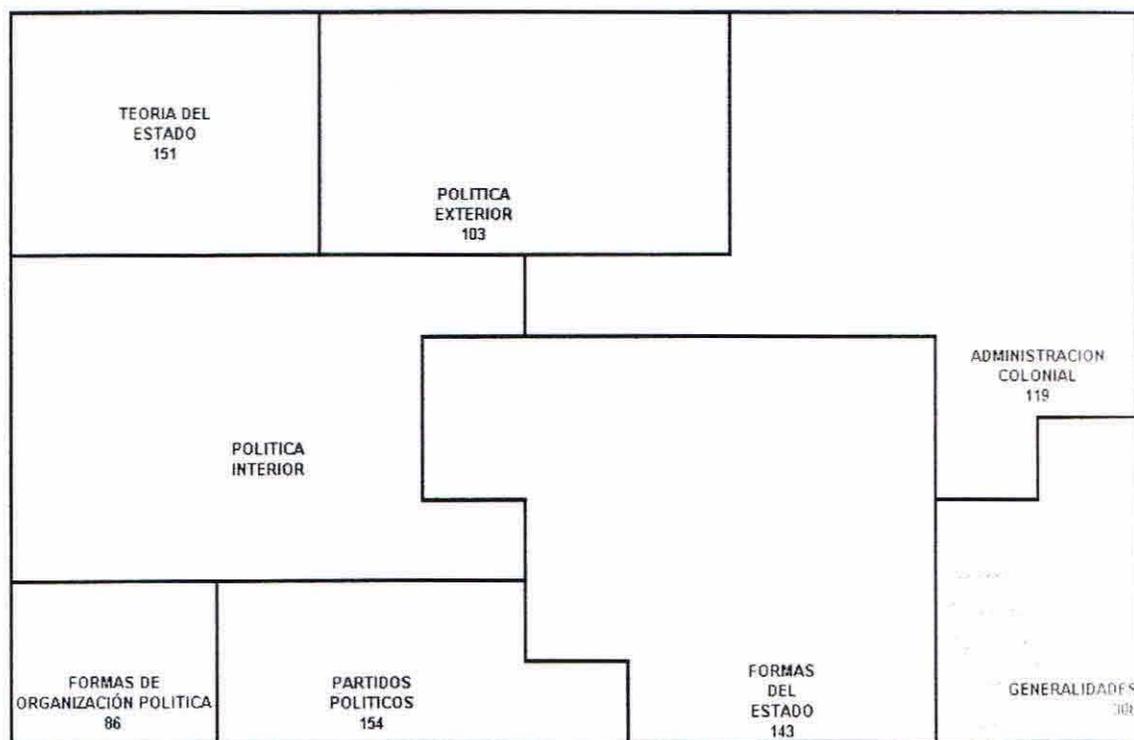
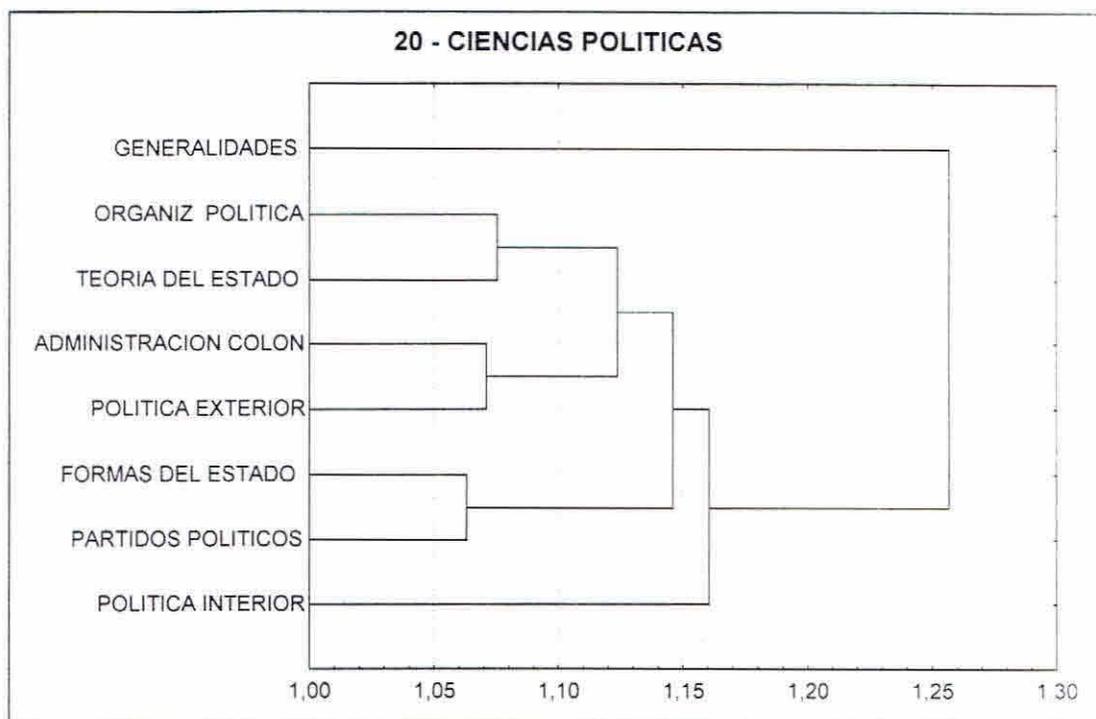


19 - TEOLOGIA



## 19 - TEOLOGIA

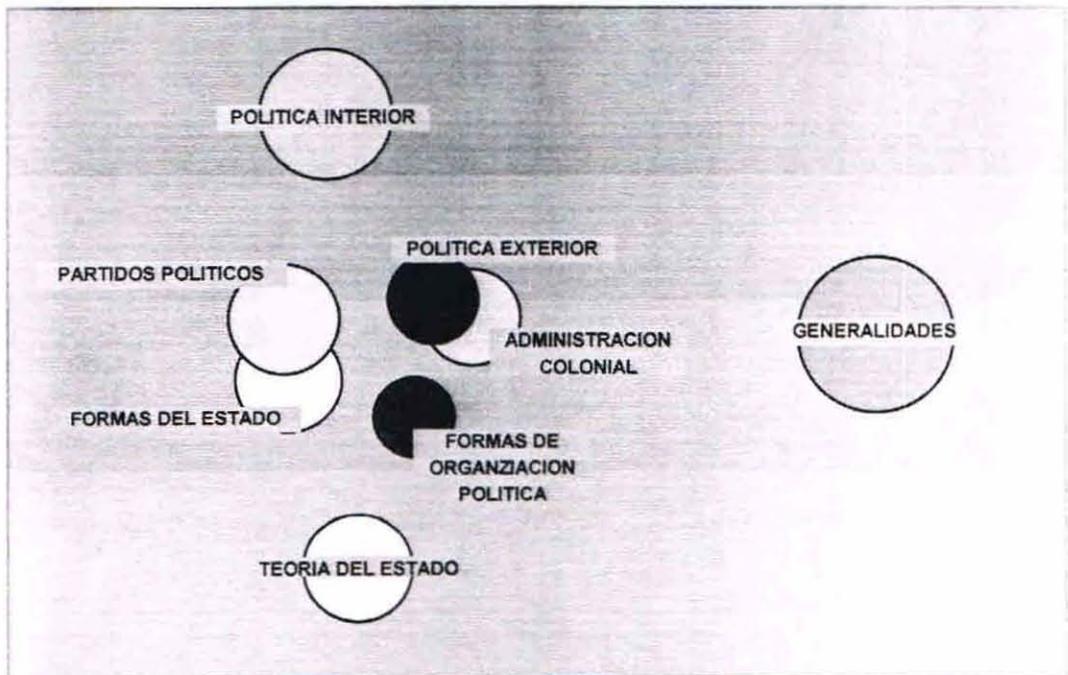


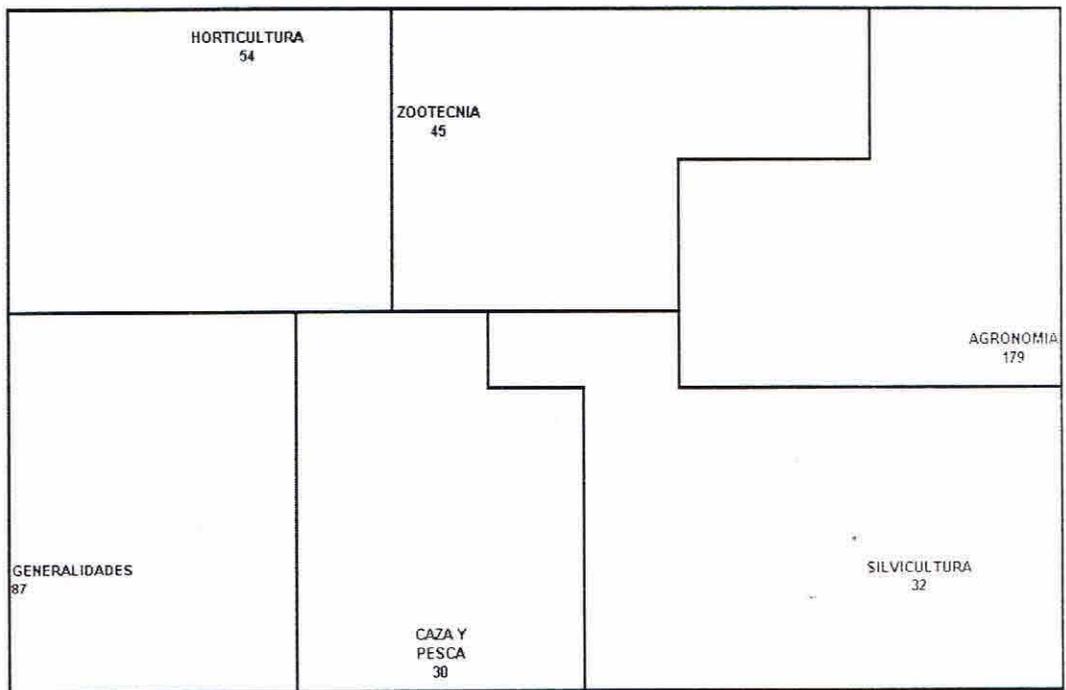
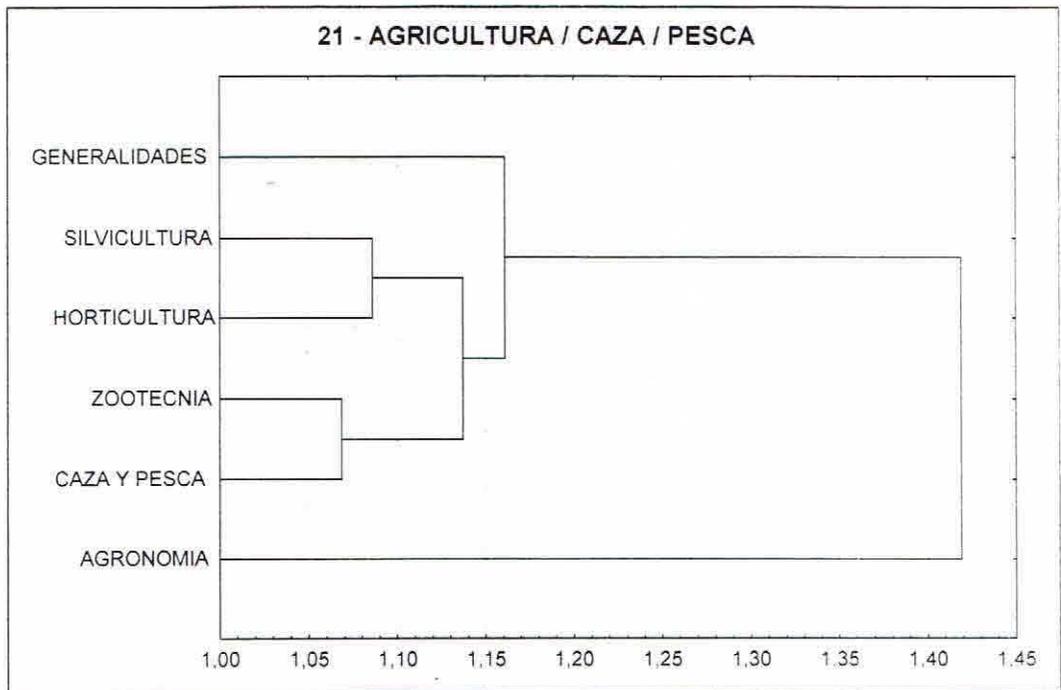


20 - CIENCIAS POLITICAS



## 20 - CIENCIAS POLITICAS

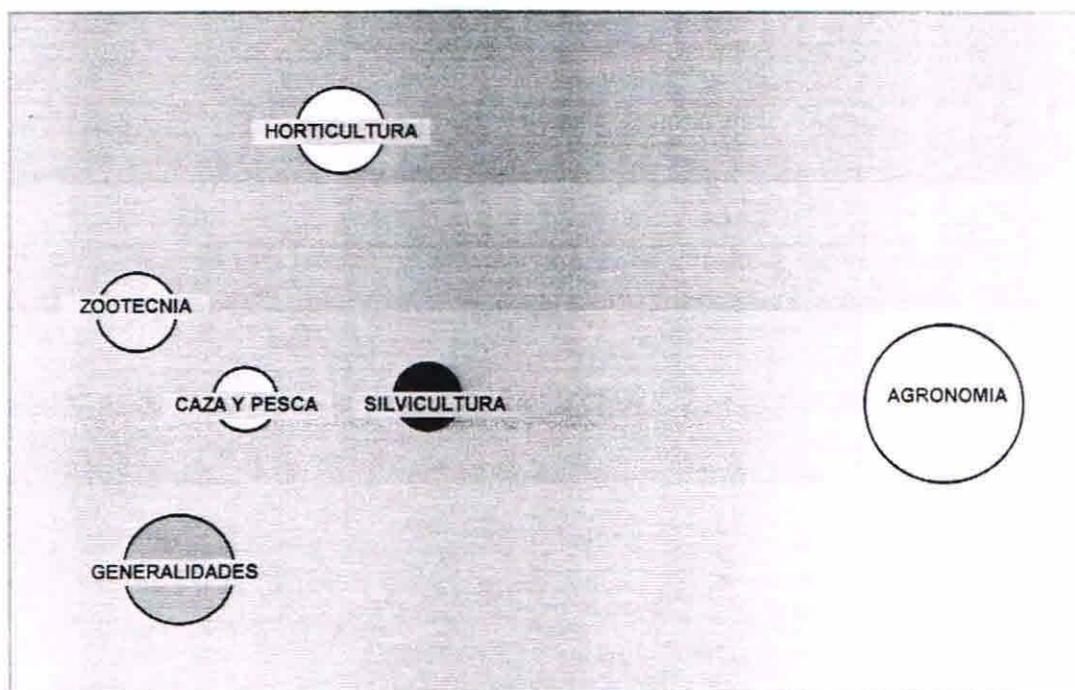


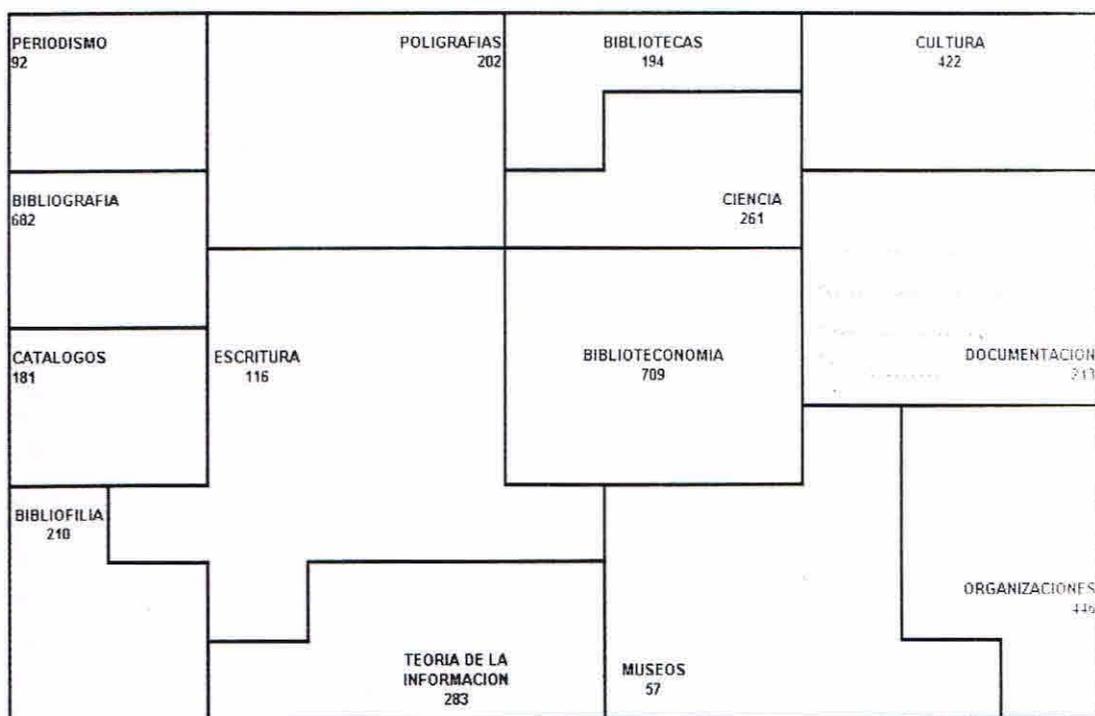
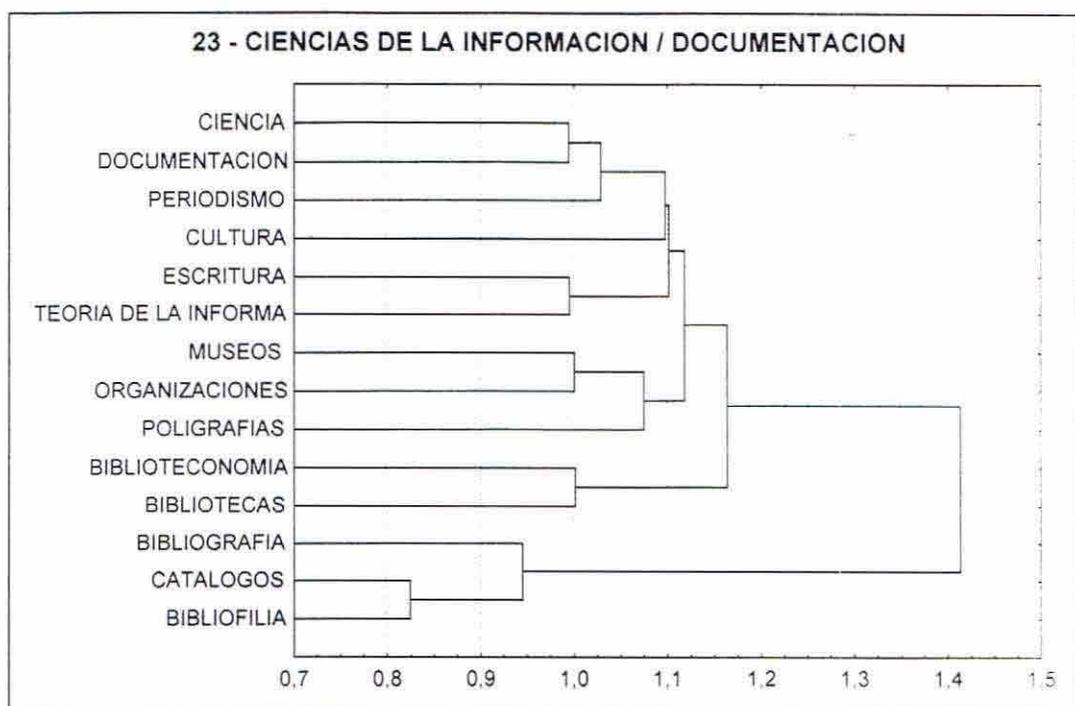


**21 - AGRICULTURA / CAZA / PESCA**



21 - AGRICULTURA / CAZA / PESCA

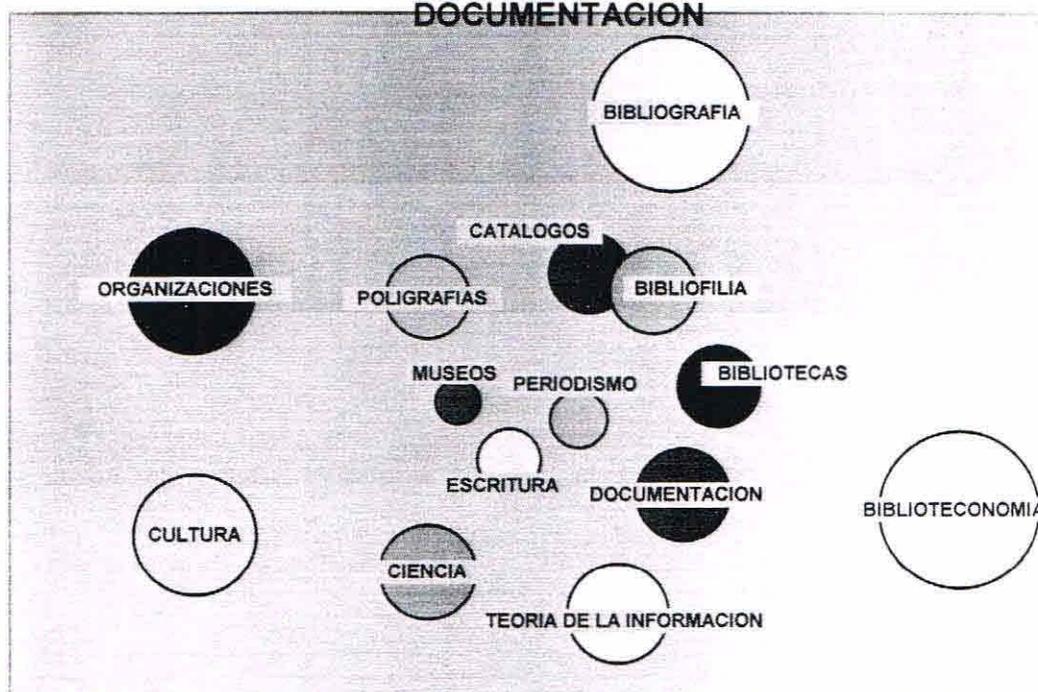




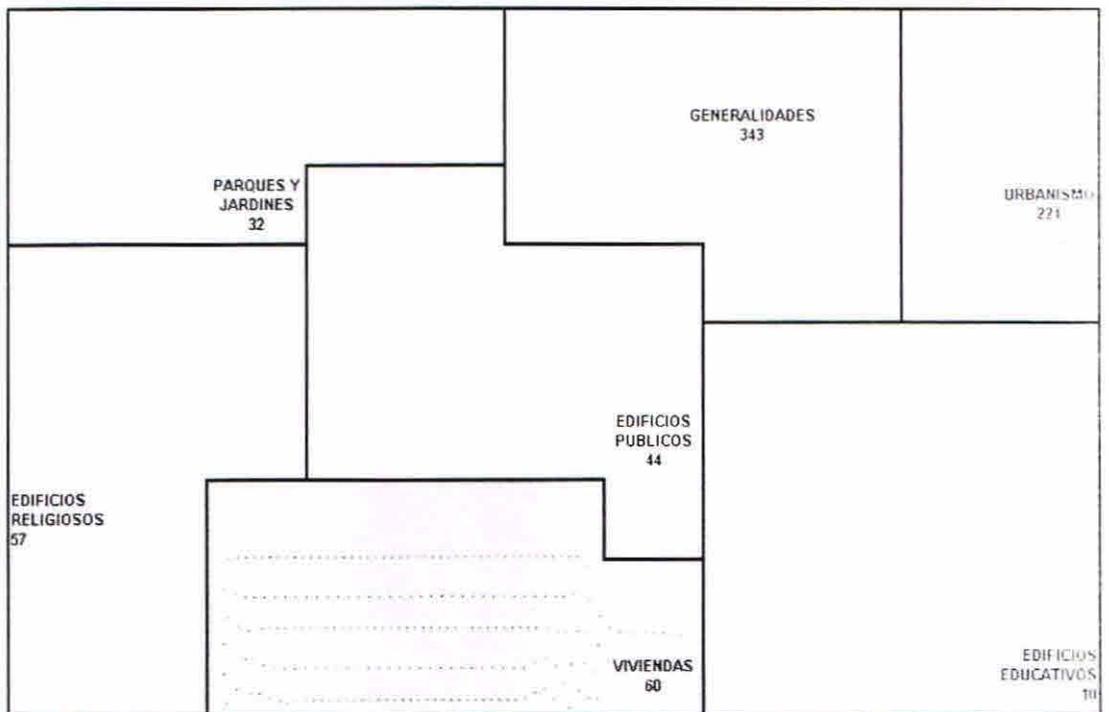
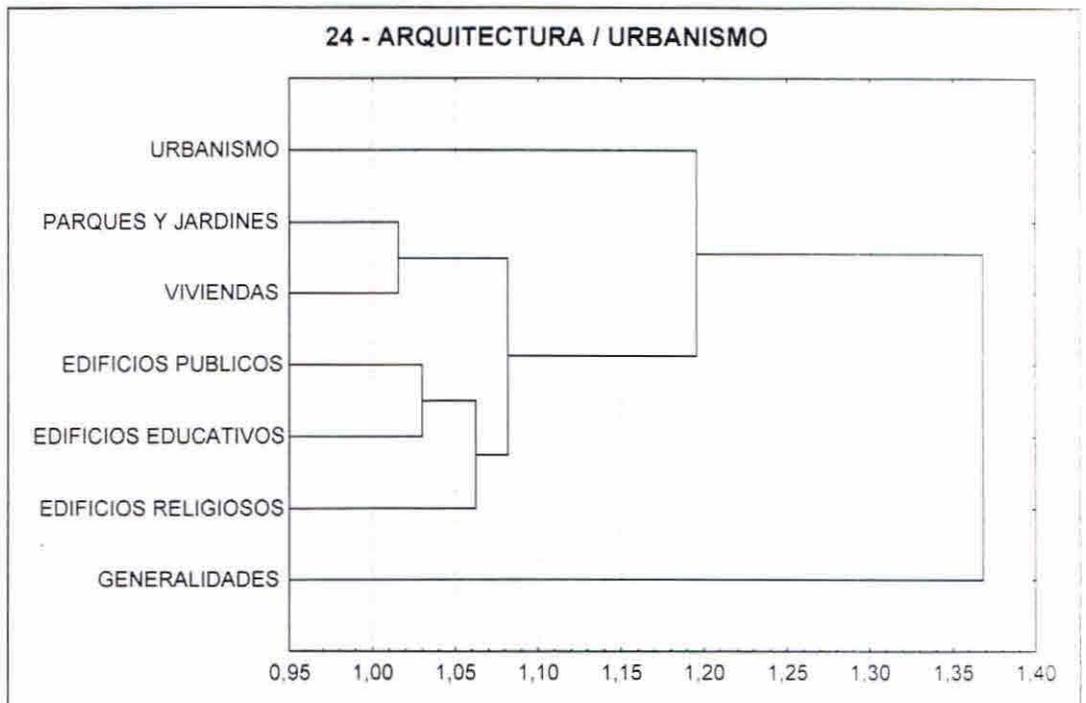
**23 - CIENCIAS DE LA INFORMACION / DOCUMENTACION**



### 23 - CIENCIAS DE LA INFORMACION / DOCUMENTACION



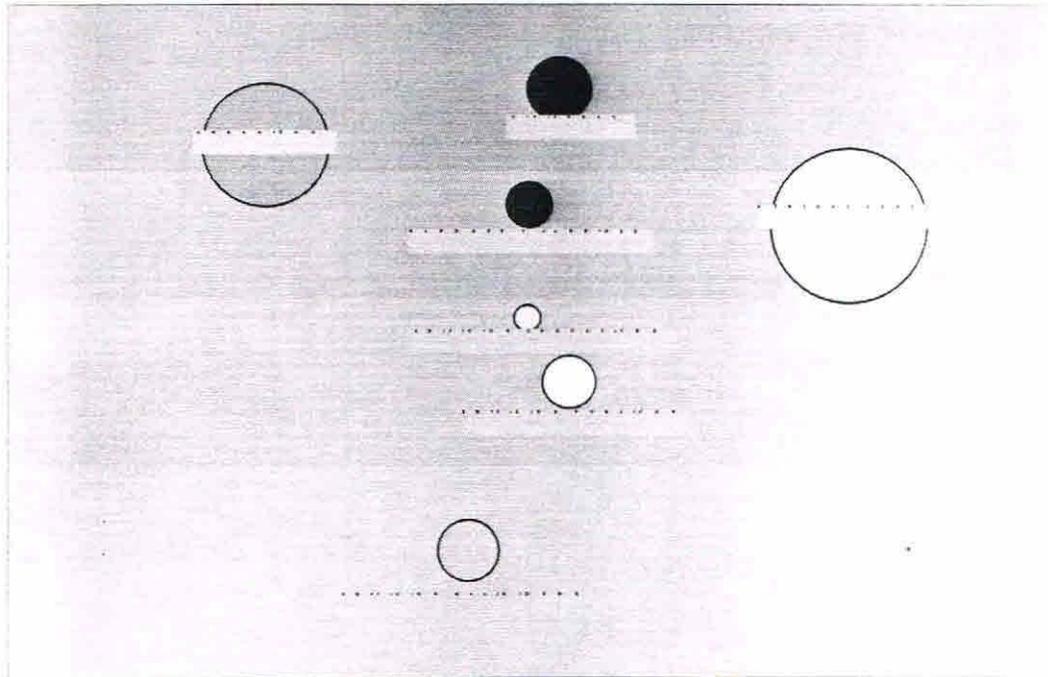
13 ENE. 2000

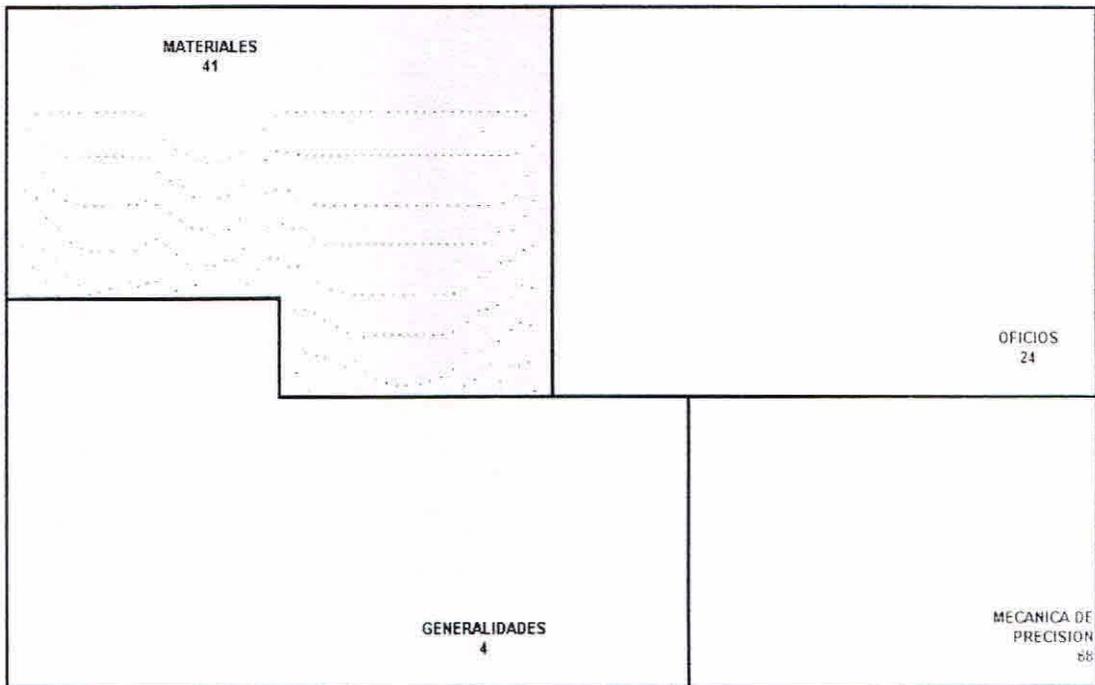
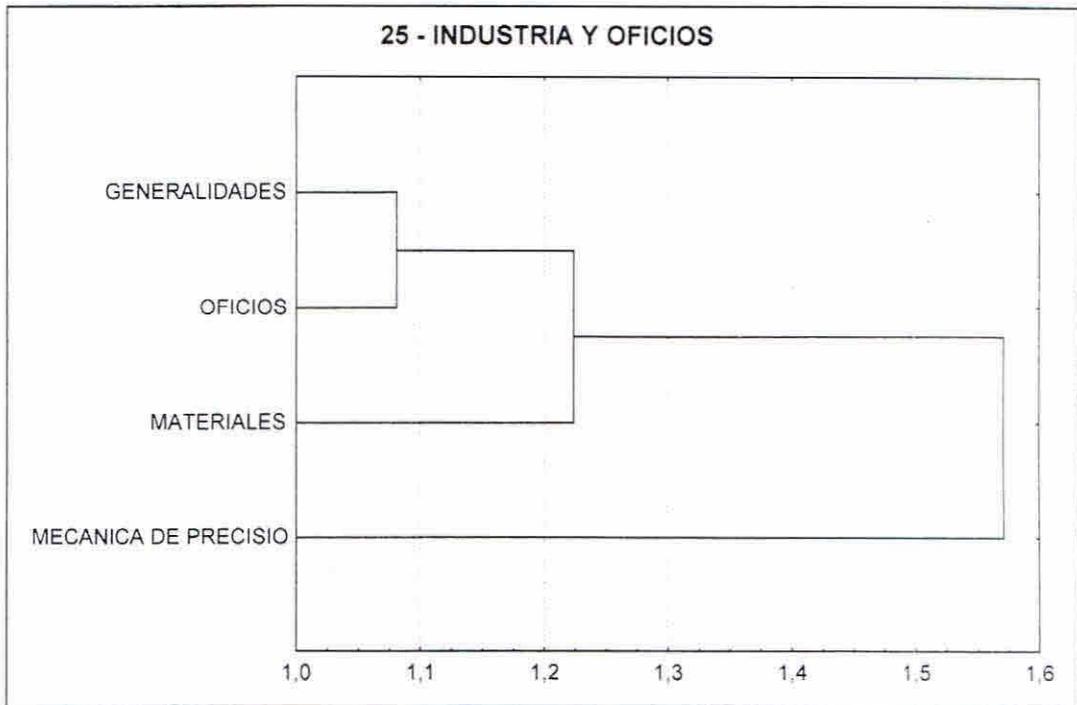


24 - ARQUITECTURA / URBANISMO

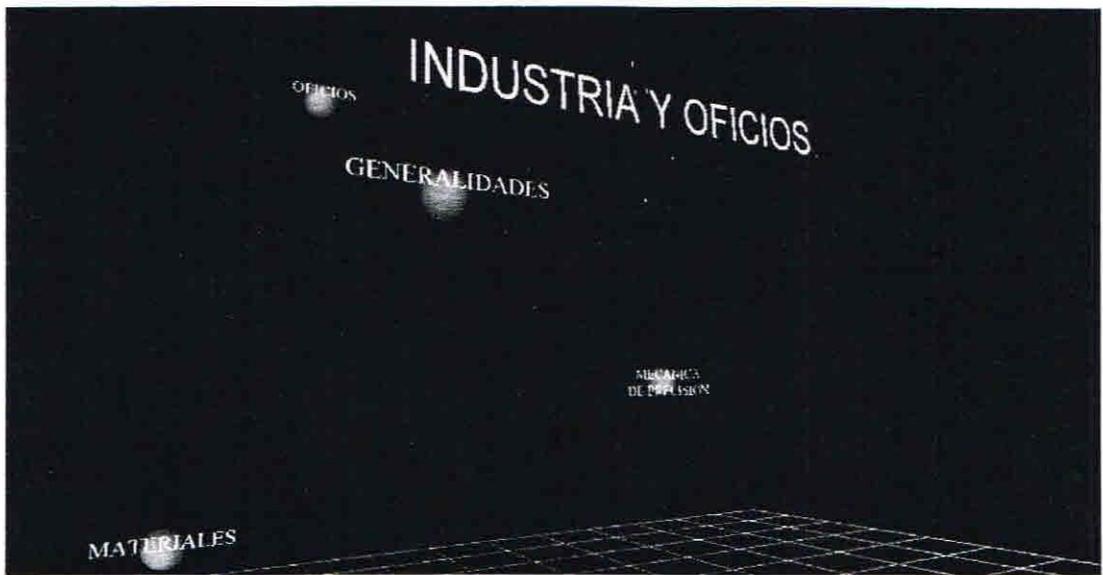


## 24 - ARQUITECTURA / URBANISMO

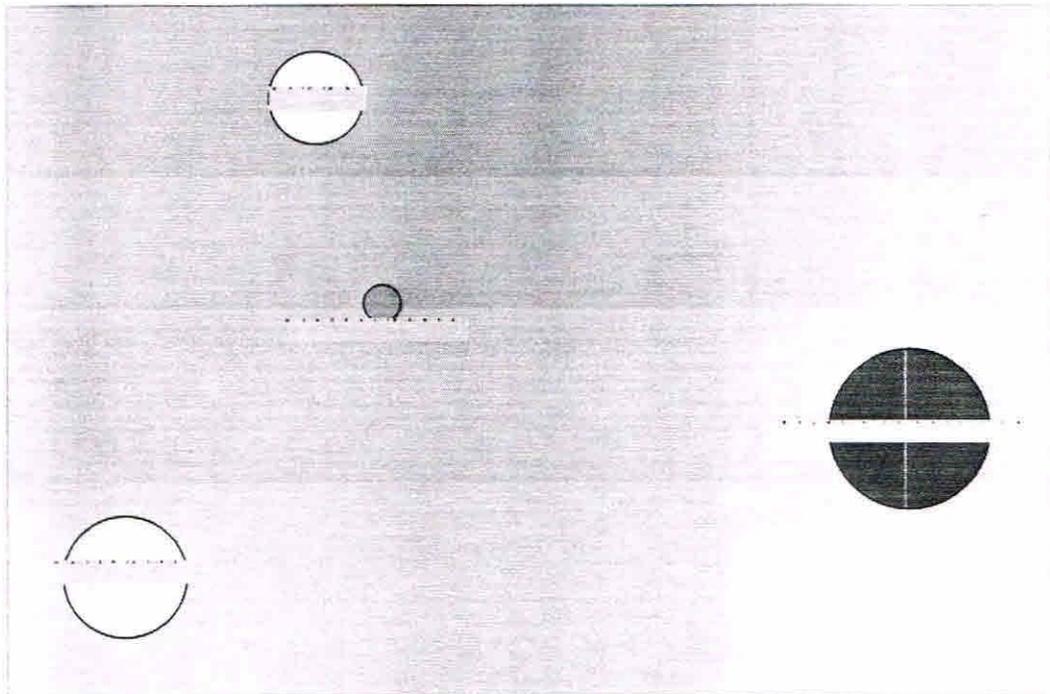


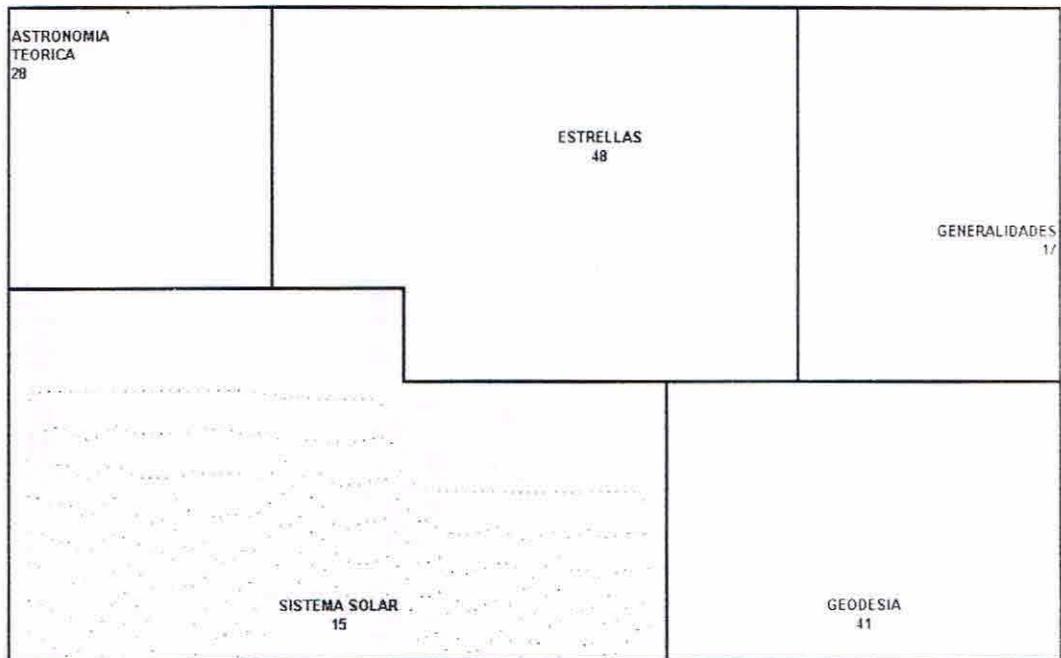
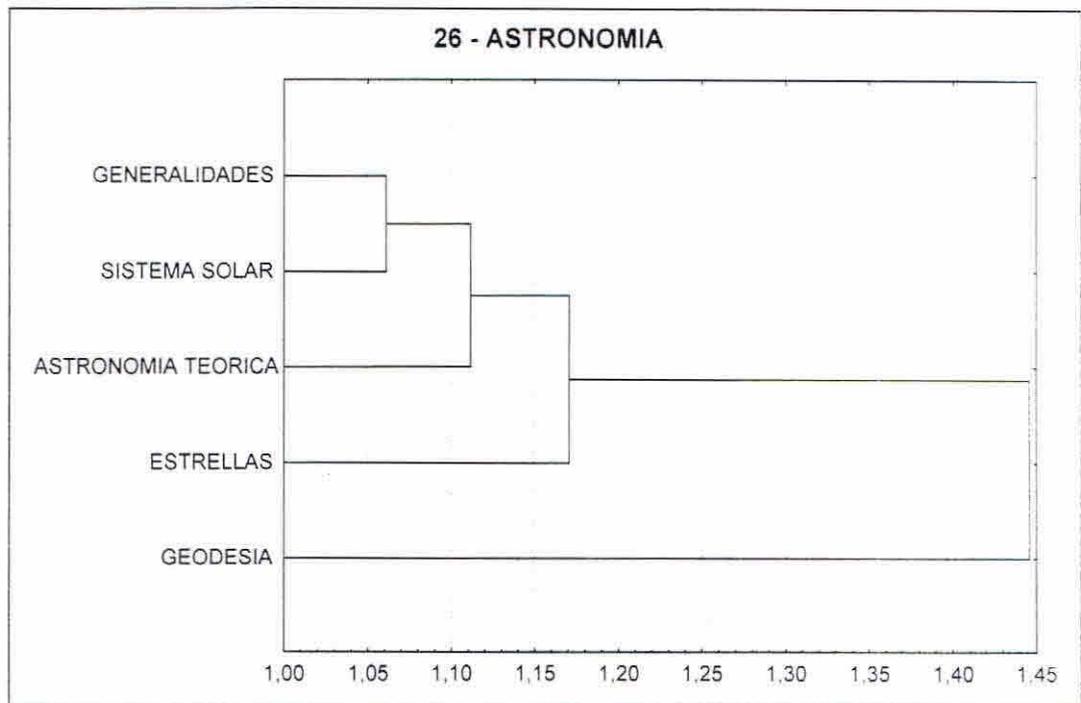


25 - INDUSTRIA Y OFICIOS

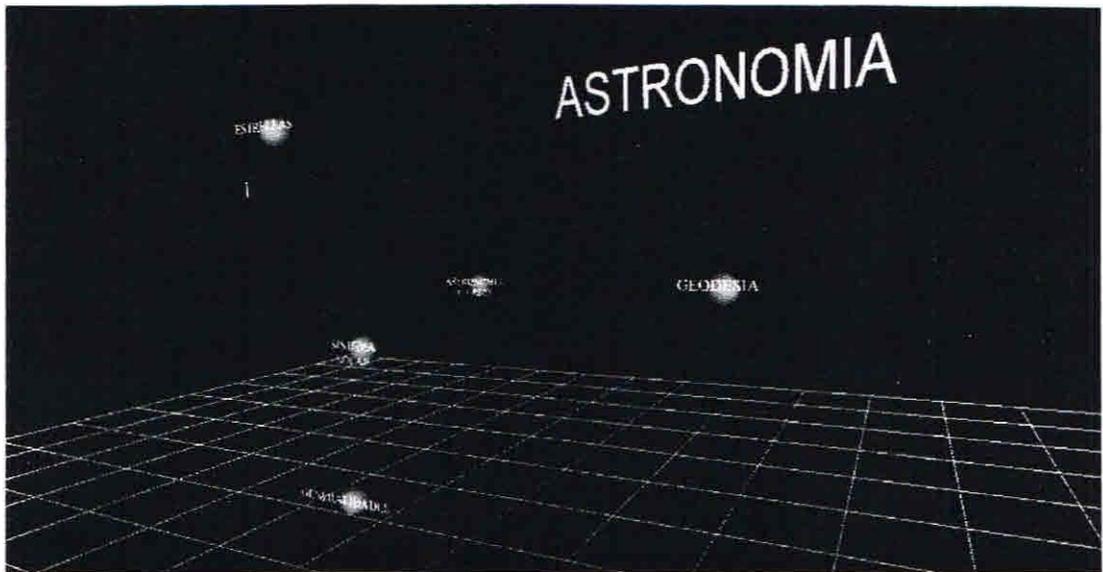


## 25 - INDUSTRIA Y OFICIOS

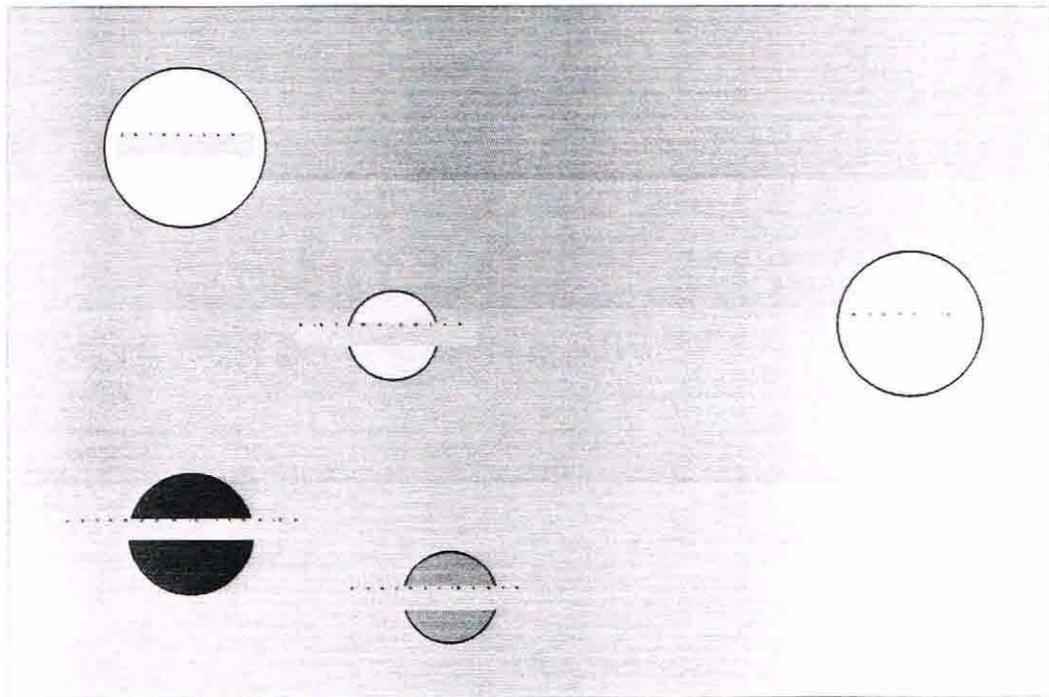


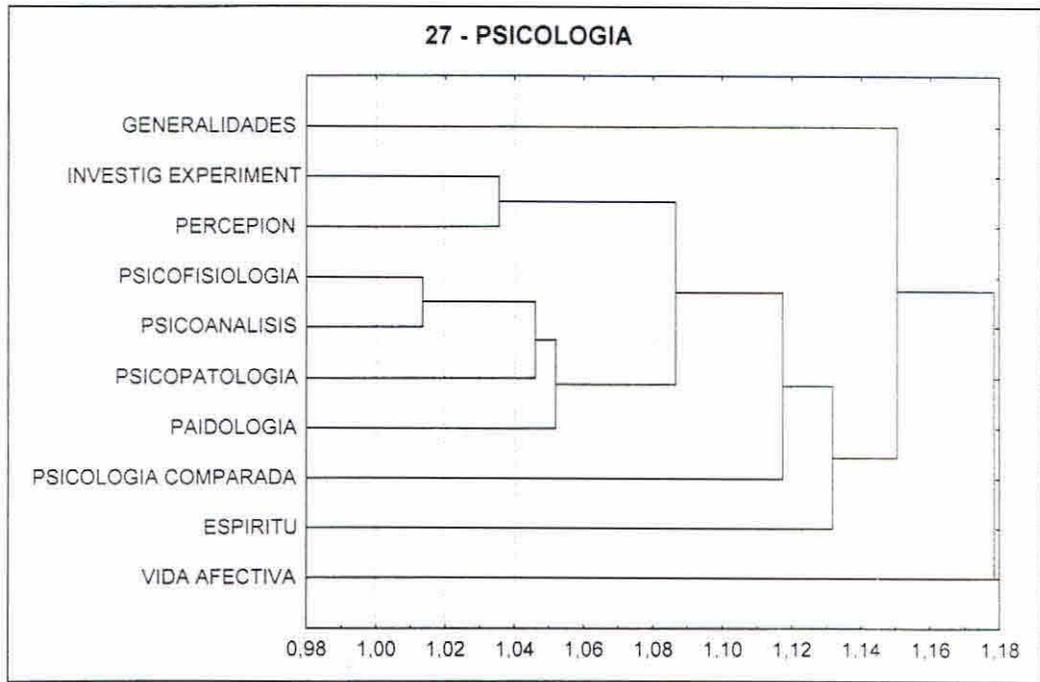


26 - ASTRONOMIA



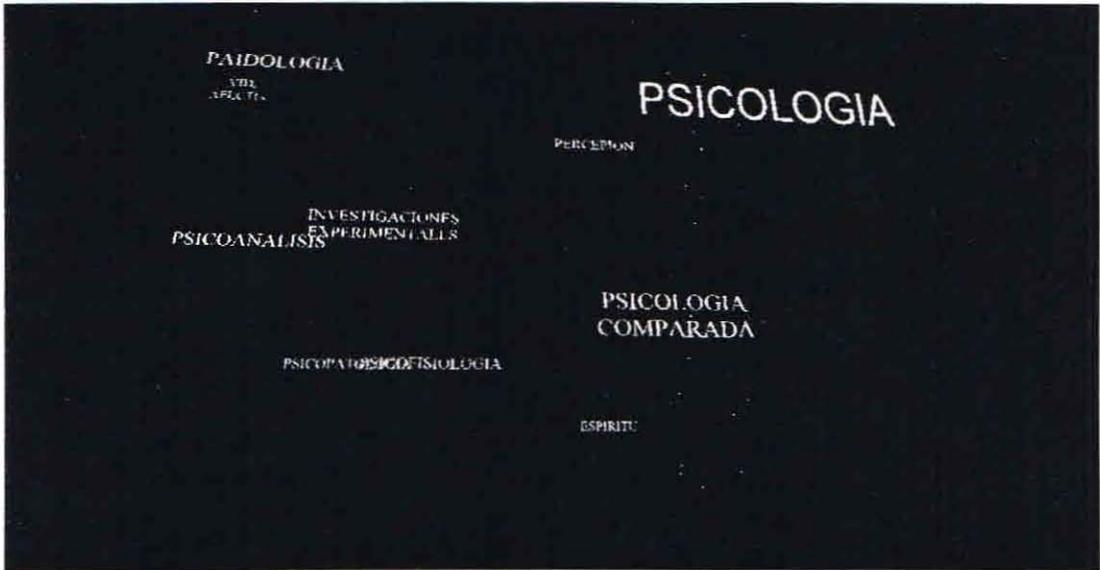
## 26 - ASTRONOMIA



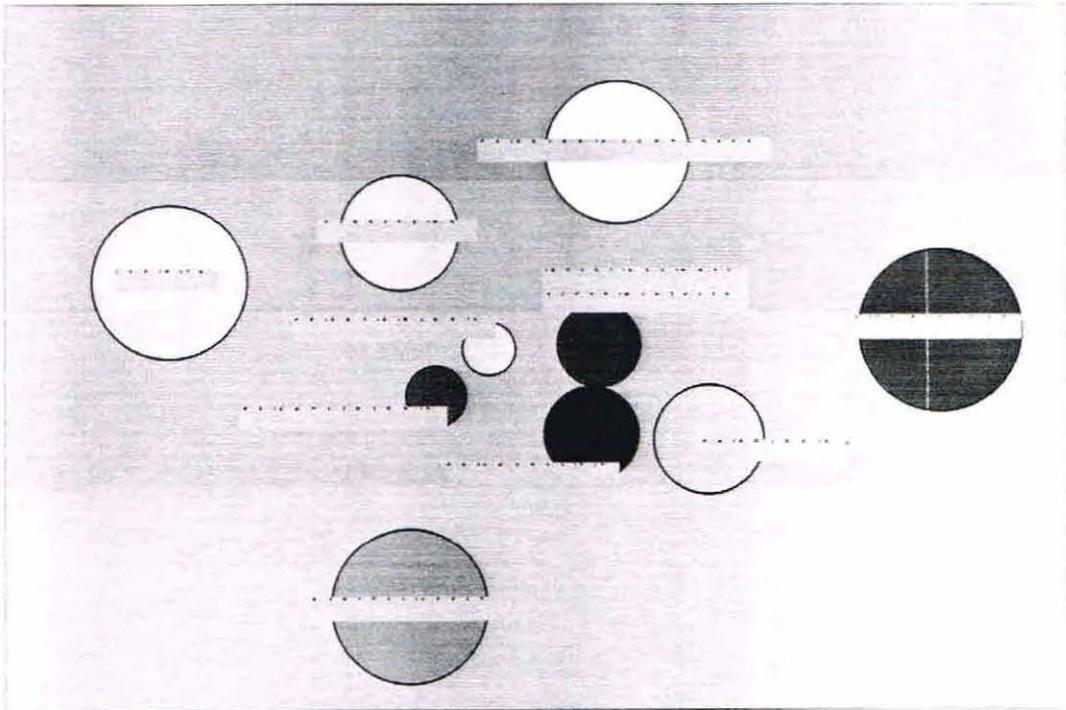


VIDA AFECTIVA 178	PSICOFISIOLOGIA 21	PERCEPCION 93	PSICOPATOLOGIA 27
PSICOLOGIA COMPARADA 141	PSICOANALISIS 62		ESPIRITU 161
	INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES 50	GENERALIDADES 162	PAIDOLOGIA 83

27 - PSICOLOGIA



## 27 - PSICOLOGIA



## Apéndice B

### Categorización de los códigos CDU

#### 27 CLASES PRINCIPALES

#	Clase	Clasificación	Nº docs
1	Matemáticas	51	1579
2	Ciencias Naturales	50, 57/59	1282
3	Geología	55, 56	682
4	Física	53, 389	648
5	Química	54, 66	796
6	Medicina / Farmacia	61	2198
7	Lingüística / Filología	80, 81	1680
8	Literatura	82/89	3161
9	Historia	90, 92/99	3224
10	Economía	33, 64, 65	3313
11	Derecho	34, 35	3406
12	Sociología	31, 36	1564
13	Tecnología / Ingeniería	62, 69	841
14	Geografía	91, 39	1007
15	Educación	37	2043
16	Arte	70, 73/78, 791/792	2203
17	Deportes	796, 798/799	275
18	Filosofía	1	984
19	Teología	2	522
20	Ciencias Políticas	32	1211
21	Agricultura / Caza / Pesca	63	411
22	Informática	681.3	1059
23	Cs. de la Información / Documentación	0	3571
24	Arquitectura / Urbanismo	71/72	732
25	Industria y Oficios	67/68	136
26	Astronomía	52	137
27	Psicología	159.9	889

#### 1 – MATEMATICAS

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	51	295

2	Fundamentos	510	71
3	Teoría de los números	511	65
4	Álgebra	512⇒	194
5	Geometría	514⇒	216
6	Topología	515⇒	41
7	Análisis	517⇒	305
8	Análisis combinatorio	519.1	29
9	Cálculo de probabilidades	519.2	344
10	Matemática computacional	519.6⇔519.8	125

## 2 - CIENCIAS NATURALES

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	501⇔502⇒	86
2	Medio ambiente	504	187
3	Antropología	572	121
4	Biología general	57 57.08 573	109
5	Ecología	574	73
6	Genética	575⇒	113
7	Biología celular	576⇒	97
8	Biología molecular	577⇒	162
9	Virología	578⇒	8
10	Microbiología	579⇒	81
11	Botánica	58⇒	182
12	Zoología	59⇒	192

## 3 – GEOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	55	220
2	Ciencias afines	550⇒	73
3	Geodinámica – Paleogeología	551⇒	249
4	Petrología	552⇒	34
5	Geología económica	553⇒	24
6	Hidrosfera	556⇒	62
7	Paleontología	56⇒	74

#### 4 – FISICA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	53 530.1	261
2	Mecánica general	531⇒	89
3	Hidráulica	532⇒	25
4	Mecánica de gases	533⇒	8
5	Acústica	534⇒	14
6	Optica	535⇒	58
7	Termodinámica	536⇒	49
8	Electromagnetismo	537⇒	67

#### 5 – QUIMICA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	54	108
2	Química física	541⇒ 542	150
3	Química analítica	543⇒	174
4	Química inorgánica	546⇒	60
5	Química orgánica	547⇒	11
6	Química industrial	66 66. ⇒ 661⇒	35
7	Alimentos y bebidas	663⇒ 664⇒	59
8	Otros compuestos	662⇒ 665⇔669⇒	76

#### 6 - MEDICINA / FARMACIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	61	146
2	Anatomía	611⇒	135
3	Fisiología	612⇒	311
4	Higiene	613⇒	116
5	Sanidad pública	614⇒	256
6	Farmacología	615⇒	331

7	Medicina clínica general	616 616-⇒	345
8	Medicina clínica especial	616.1↔616.9⇒	837
9	Ortopedia	617 617.3	25
10	Oftalmología	617.7	23
11	Ginecología	618⇒	69
12	Veterinaria	619	13

## 7 - LINGÜÍSTICA / FILOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Principios del lenguaje	80 800⇒	458
2	Generalidades	801 801.2 801.6↔801.8	116
3	Ortografía	801.1	52
4	Lexicografía	801.3⇒	265
5	Fonética	801.4	27
6	Gramática	801.5⇒	286
7	Lenguas anglosjonas	802⇒	299
8	Lenguas germánicas	803⇒	37
9	Lenguas romances	804⇒ 805⇒	253
10	Lenguas ibéricas	806⇒	447
11	Lenguas clásicas	807⇒	75
12	Lenguas eslavas	808⇒	41
13	Lenguas no occidentales	809⇒	99

## 8 – LITERATURA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	82	83
2	Poesía	82-1⇒	702
3	Teatro	82-2⇒	311
4	Narración	82-3⇒	726
5	Ensayos	82-4	89
6	Discursos	82-5	26
7	Otros géneros	82-6↔82-9⇒	208

8	Teoría literaria	82.0⇒	956
9	Literatura anglosajona	820⇒	275
10	Literatura germánica	830⇒	36
11	Literatura francesa	840⇒	318
12	Literatura italiana	850⇒	43
13	Literatura española	860⇒	1336
14	Otras literaturas latinas	869⇒	255
15	Literatura clásica	87⇒	272
16	Literatura eslava	88⇒	17
17	Literaturas no occidentales	89⇒	161

## 9 – HISTORIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Arqueología	902⇒	326
2	Prehistoria	903⇒	228
3	Biografía	929⇒	748
4	Ciencias auxiliares	930⇒	466
5	Historia antigua	931⇔939⇒	243
6	Historia de Europa	940⇒	275
7	Historia de España	946⇒	791
8	Historia de América	970⇔980⇒	140
9	Historia de Asia, Africa y Ocenía	950⇔960⇒ 990⇒	106

## 10 – ECONOMIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	33 330⇒	700
2	Trabajo	331⇒	311
3	Economía territorial y de la vivienda	332⇒	100
4	Organizaciones	334⇒	61
5	Finanzas públicas	336⇒	364
6	Sistema monetario	336.7⇒	196
7	Política económica	338⇒	569
8	Comercio	339⇒	282
9	Economía doméstica	64⇒	46
10	Gestión de empresas	65	721

	651↔656	
	658↔659	
11 Contabilidad	657⇒	240

## 11 – DERECHO

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	34 34(7) 340⇒	386
2	Derecho internacional	341⇒	427
3	Derecho constitucional	342 342.2↔342.8⇒	589
4	Derecho administrativo	342.9	79
5	Derecho penal	343↔344⇒	424
6	Derecho civil	347 347.1↔347.8⇒	724
7	Derecho procesal	347.9⇒	199
8	Derecho canónico	348⇒	98
9	Derecho social	349.2↔349.3⇒	68
10	Derecho medioambiental	349.4⇒ 349.6↔349.7	61
11	Administración pública	35⇒	27

## 12 – SOCIOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	31 316	323
2	Estadística	311↔312	151
3	Demografía	314	130
4	Corrientes sociológicas	316.2	75
5	Sociedad	316.3	219
6	Procesos sociales	316.4	111
7	Psicología social	316.6	166
8	Cultura	316.7	196
9	Trabajo social	36⇒	276

### 13 - INGENIERIA / TECNOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	62 62-⇒	101
2	Minería	622⇒	26
3	Ingeniería militar	623⇒	17
4	Ingeniería civil	624↔627	158
5	Ingeniería del transporte	629⇒	28
6	Ingeniería sanitaria	628⇒	54
7	Construcciones	69⇒	71
8	Ingeniería electrónica	621.37↔621.39⇒	232
9	Ingeniería mecánica	621 621.03↔621.22 621.43↔621.96	66
10	Ingeniería de materiales	620⇒	59
11	Ingeniería eléctrica	623.3 623.31↔623.32	73

### 14 – GEOGRAFIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Etnología	39	139
2	Etnografía	391↔394 397	167
3	Estudios de la mujer	396	223
4	Folklore	398⇒	78
5	Generalidades	91 910⇒	125
6	Geografía teórica	911 911.2	55
7	Geografía humana	911.3⇒	147
8	Cartografía	912	44
9	Geografía regional	913↔918	80

### 15 – EDUCACION

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	37 37.01	663

		37.012⇔37.013 37.017⇔37.06	
2	Política educativa	37.014	104
3	Disciplinas auxiliares	37.015	162
4	Organización educativa	371⇒	397
5	Didáctica	372⇒	433
6	Enseñanza escolar	373⇒	137
7	Enseñanza especial	374⇒ 376⇒	112
8	Enseñanza técnica	377⇒	47
9	Enseñanza superior	378⇒	203

## 16 – ARTE

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	7.0 7.017⇔7.025 7.04⇔7.09⇒	205
2	Teoría general	7.01	163
3	Arte antiguo	7.031⇔7.032⇒	143
4	Arte medieval	7.033⇒	11
5	Arte renacentista	7.034⇔7.035⇒	107
6	Arte moderno	7.036⇔7.037	154
7	Artes plásticas	73⇒	240
8	Dibujo	74⇒	127
9	Pintura	75⇔76	588
10	Fotografía	77⇒	83
11	Música	78⇒	545
12	Arte escénico	792	60
13	Cine	791⇒	39

## 18 – FILOSOFIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	1 101 13⇒	515
2	Metafísica	111⇔129	110
3	Sistemas filosóficos	14⇒	173

4	Lógica	16 161↔162 164	71
5	Gnoseología	165	149
6	Método científico	167↔168	57
7	Ética	17⇒	221

## 19 - TEOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	2 21	45
2	La Biblia	22⇒	53
3	Teología dogmática	23⇒	41
4	Teología moral	24⇒	34
5	Teología pastoral	25⇒	21
6	Iglesia cristiana	26↔28⇒	216
7	Religión comparada	29⇒	141

## 20 - CIENCIAS POLITICAS

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	32	308
2	Formas de organización de gobierno	321 322 328	86
3	Teoría de estado	321.01	151
4	Formas del estado	321.1↔.7	143
5	Política interior	323↔324⇒	219
6	Administración colonial	325↔326	119
7	Política exterior	327⇒	103
8	Partidos políticos	329	154

## 21 - AGRICULTURA / CAZA / PESCA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	63	87
2	Silvicultura	630	32
3	Agronomía	631⇒	179

		632⇒	
4	Horticultura	633⇒	54
		634⇒	
		635⇒	
5	Zootecnia	636⇒	45
		637⇒	
		638	
6	Caza y pesca	639⇒	30

## 22 – INFORMATICA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	681.3	533
2	Software	681.3.06	376
3	Hardware	681.31	162
4	Calculadoras digitales	681.32	26

## 23 - CIENCIAS DE LA INFORMACION / DOCUMENTACION

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Ciencia	001	261
2	Documentación	002⇒	243
3	Escritura	003⇒	116
4	Teoría de la información	007⇒	283
5	Cultura	008⇔009	422
6	Bibliografía	006	682
		01	
		011⇔016	
		030	
		050⇒	
7	Catálogos	017⇔019	181
8	Biblioteconomía	005	709
		02	
		021/025⇒	
		028	
9	Bibliotecas	026⇔027	194
10	Museos	069⇒	57
11	Periodismo	070	92
12	Poligrafías	08⇒	202

13	Bibliofilia	09⇒	210
14	Organizaciones	06 061⇒	446

## 24 - ARQUITECTURA / URBANISMO

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Urbanismo	71 711⇒	224
2	Parques y jardines	712	32
3	Generalidades	72.⇒	343
4	Edificios públicos	725⇒	44
5	Edificios religiosos	726⇒	57
6	Edificios educativos	727	10
7	Viviendas	728⇒	60

## 25 - INDUSTRIA Y OFICIOS

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	67	4
2	Mecanica de precisión	681⇒	68
3	Materiales	674⇔679⇒	41
4	Oficios	682⇔688⇒	24

## 26 – ASTRONOMIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
1	Generalidades	52 520 527 529	17
2	Astronomía teórica	521⇒	28
3	Sistema solar	523⇒	15
4	Estrellas	524⇒	48
5	Geodesia	528⇒	41

## 27 – PSICOLOGIA

#	Sub-clase	Clasificación	Nº docs
---	-----------	---------------	---------

1	Generalidades	159.9	162
2	Investigaciones experimentales	159.9.07 159.938 159.98	50
3	Psicofisiología	159.91	21
4	Psicología comparada	159.92	141
5	Paidología	159.922.7	83
6	Percepción	159.93	93
7	Vida afectiva	159.94	178
8	Espíritu	159.95	161
9	Psicoanálisis	159.96⇒	62
10	Psicopatología	159.97	27

⇒ incluye los códigos más específicos

⇔ incluye los códigos comprendidos

## Apéndice C

### Macros en Visual Basic para Aplicaciones (VBA)

#### C.1. los27principales

```
Sub los27principales()
```

```
Dim linea As Integer, valorCdu As String, miniCdu As String
```

```
Worksheets("Cdu2").Range("A1").Select  
ActiveCell.CurrentRegion.Select
```

```
For n = 1 To Selection.Rows.Count
```

```
linea = Worksheets("Cdu2").Cells(n, 1)  
valorCdu = Worksheets("Cdu2").Cells(n, 2)
```

```
    If Left(valorCdu, 5) = "681.3" Then  
        nuevoValor = "#" + valorCdu  
        Worksheets("Cdu2").Cells(n, 2).Value = nuevoValor  
    End If
```

```
    If Left(valorCdu, 3) = "796" Or Left(valorCdu, 3) = "798" Or Left(valorCdu, 3) =  
"799" Then  
        nuevoValor = "#" + valorCdu  
        Worksheets("Cdu2").Cells(n, 2).Value = nuevoValor  
    End If
```

```
valorCdu = Worksheets("Cdu2").Cells(n, 2)  
miniCdu = Left(valorCdu, 2)
```

```
    Select Case miniCdu  
        Case Is = "51" 'MATEMATICAS  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 1).Value = 1  
        Case Is = "50", "57", "58", "59" 'CIENCIAS NATURALES  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 2).Value = 1  
        Case Is = "55", "56" 'GEOLOGIA  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 3).Value = 1  
        Case Is = "53", "38" 'FISICA  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 4).Value = 1  
        Case Is = "54", "66" 'QUIMICA  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 5).Value = 1  
        Case Is = "61" 'MEDICINA / FARMACIA  
            Worksheets("27temas").Cells(linea, 6).Value = 1  
        Case Is = "80", "81" 'LINGUISTICA / FILOLOGIA
```

```

Worksheets("27temas").Cells(linea, 7).Value = 1
Case Is = "82", "83", "84", "85", "86", "87", "88", "89" 'LITERATURA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 8).Value = 1
Case Is = "9", "90", "92", "93", "94", "95", "96", "97", "98", "99" 'HISTORIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 9).Value = 1
Case Is = "33", "64", "65" 'ECONOMIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 10).Value = 1
Case Is = "34", "35" 'DERECHO
Worksheets("27temas").Cells(linea, 11).Value = 1
Case Is = "31", "36" 'SOCIOLOGIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 12).Value = 1
Case Is = "62", "69" 'INGENIERIA / TECNOLOGIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 13).Value = 1
Case Is = "91", "39" 'GEOGRAFIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 14).Value = 1
Case Is = "37" 'EDUCACION
Worksheets("27temas").Cells(linea, 15).Value = 1
Case Is = "7.", "73", "74", "75", "76", "77", "78", "79" 'ARTE
Worksheets("27temas").Cells(linea, 16).Value = 1
Case Is = "#7" 'DEPORTES
Worksheets("27temas").Cells(linea, 17).Value = 1
Case Is = "1", "10", "11", "12", "13", "14", "16", "18" 'FILOSOFIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 18).Value = 1
Case Is = "2", "21", "22", "23", "24", "25", "26", "27", "28", "29" 'TEOLOGIA /
RELIGION
Worksheets("27temas").Cells(linea, 19).Value = 1
Case Is = "32" ' CIENCIAS POLITICAS
Worksheets("27temas").Cells(linea, 20).Value = 1
Case Is = "63" 'AGRICULTURA / CAZA / PESCA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 21).Value = 1
Case Is = "#6" 'INFORMATICA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 22).Value = 1
Case Is = "00", "01", "02", "03", "05", "06", "07", "08", "09" 'CS DE LA
INFORMACION / DOCUMENTACION
Worksheets("27temas").Cells(linea, 23).Value = 1
Case "71", "72" 'ARQUITECTURA Y URBANISMO
Worksheets("27temas").Cells(linea, 24).Value = 1
Case Is = "67", "68" 'INDUSTRIA Y OFICIOS
Worksheets("27temas").Cells(linea, 25).Value = 1
Case Is = "52" 'ASTRONOMIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 26).Value = 1
Case Is = "15" 'PSICOLOGIA
Worksheets("27temas").Cells(linea, 27).Value = 1
End Select

```

Next n

End Sub

## C.2. matematicasClase1

Sub matematicasClase1()

Dim linea As Integer, valorCdu As String, cadenaCdu2 As String, cadenaCdu3 As String, cadenaCdu5 As String

a = 1

Worksheets("Cdu2").Range("A1").Select  
ActiveCell.CurrentRegion.Select

For n = 1 To Selection.Rows.Count

linea = Worksheets("Cdu2").Cells(n, 1)  
valorCdu = Worksheets("Cdu2").Cells(n, 2)  
cadenaCdu2 = Left(valorCdu, 2)  
cadenaCdu3 = Left(valorCdu, 3)  
cadenaCdu5 = Left(valorCdu, 5)

If cadenaCdu2 = "51" Then

```
    Select Case cadenaCdu3
    Case Is = "51" 'GENERALIDADES
        Worksheets("1").Cells(linea, 1).Value = 1
    Case Is = "510" 'FUNDAMENTOS
        Worksheets("1").Cells(linea, 2).Value = 1
    Case Is = "511" 'TEORIA DE LOS NUMEROS
        Worksheets("1").Cells(linea, 3).Value = 1
    Case Is = "512" 'ALGEBRA
        Worksheets("1").Cells(linea, 4).Value = 1
    Case Is = "514" 'GEOMETRIA
        Worksheets("1").Cells(linea, 5).Value = 1
    Case Is = "515" 'TOPOLOGIA
        Worksheets("1").Cells(linea, 6).Value = 1
    Case Is = "517" 'ANALISIS
        Worksheets("1").Cells(linea, 7).Value = 1
    Case Is = "519"
        Select Case cadenaCdu5
        Case Is = "519.1" 'ANALISIS COMBINATORIO
            Worksheets("1").Cells(linea, 8).Value = 1
        Case Is = "519.2" 'CALCULO DE PROBABILIDADES
            Worksheets("1").Cells(linea, 9).Value = 1
        Case Is = "519.6" 'MATEMATICA COMPUTACIONAL
            Worksheets("1").Cells(linea, 10).Value = 1
        End Select
    End Select
```

End If

Next n



```

With .Paragraphs.Add.Range
    .Text = "                translation " & x & " " & y & " " & z & Chr(13)
End With

With .Paragraphs.Add.Range
    .InsertFile FileName:="bola3.wrl"
End With

With .Paragraphs.Add.Range
    .Text = "                string " & Chr(34) & nombre & Chr(34) & Chr(13)
End With

With .Paragraphs.Add.Range
    .InsertFile FileName:="bola4.wrl"
End With

Next n

With .Paragraphs.Add.Range
    .InsertFile FileName:="pie.wrl"
End With

End With

ActiveDocument.SaveAs FileName:="27temas.wrl", _
    FileFormat:=wdFormatText, _
    LockComments:=False, _
    Password:="", _
    AddToRecentFiles:=True, _
    WritePassword:="", _
    ReadOnlyRecommended:=False, _
    EmbedTrueTypeFonts:=False, _
    SaveNativePictureFormat:=False, _
    SaveFormsData:=False, _
    SaveAsAOCELetter:=False

End Sub

```

## **C.4. Macros para crear un SOM**

### **C.4.1. UnificarColores1**

```
Sub UnificarColores1()
```

```

' Esta macro construye un som en función de una matriz de distancias.
' Para su correcto funcionamiento es necesario ubicar una fila y una
' columna con los valores mínimos del vector. La ubicación será en

```

```
' (neuronas + 1) y (casos + 1), respectivamente.
' Las etiquetas de cada caso se ubicarán en una columna al final (neuronas + 2)
' Las clases-colores se ubicarán también al final (neuronas + 3)
```

```
'Variables
xsom = 11 'Número de neuronas de salida en el eje X
ysom = 9 'Número de neuronas de salida en el eje Y
Neuronas = xsom * ysom 'Total de neuronas
casos = 13 'Total de casos
hojaMatriz = "m16" 'Nombre de la hoja que contiene la matriz
hojaSOM = "s16" 'Nombre de la hoja donde debe ir el SOM
```

```
'Principio del procedimiento para unificar clases-colores
```

```
'Bucle general
For i = 1 To casos
    valor = 0
```

```
    'Bucle para localizar la neurona ganadora
    For ii = 1 To Neuronas
        minimoY = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 1)
        valor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, ii)
        If valor = minimoY Then
            NeuronaGanadora = ii
            Etiqueta = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 2)
        End If
    Next ii
    Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 4) = NeuronaGanadora
    valor = 0
    minimoY = 0
```

```
Next i
```

```
'Bucle para completar los espacios en blanco de la columna Color
For i = 1 To casos
    orden = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 3)
    valor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 5)
    If valor = "" Then Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 5).Value = orden
Next i
```

```
For i = 1 To casos
    For ii = i + 1 To casos
        Neuronauna = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 4)
        Neuronados = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 4)
        ValorNeuronauna = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 1)
        ValorNeuronados = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 1)
        If Neuronauna = Neuronados Then
            Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 5) =
Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 5)
```

```

        End If
    Next ii
Next i

'Fin del procedimiento para unificar clases-colores

'Bucle para determinar la clase dominante para cada neurona
For i = 1 To Neuronas
    minimoX = Worksheets(hojaMatriz).Cells(casos + 1, i)
    For ii = 1 To casos
        valor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, i)
        If valor = minimoX Then Worksheets(hojaMatriz).Cells(casos + 2, i).Value = ii
    Next ii
Next i

'Fin del procedimiento para unificar clases-colores

End Sub

```

## C.4.2. UnificarEtiquetas2

```

Sub UnificarEtiquetas2()

'Variables
xsom = 11 'Número de neuronas de salida en el eje X
ysom = 9 'Número de neuronas de salida en el eje Y
Neuronas = xsom * ysom 'Total de neuronas
casos = 13 'Total de casos
hojaMatriz = "m16" 'Nombre de la hoja que contiene la matriz
hojaSOM = "s16" 'Nombre de la hoja donde debe ir el SOM

'Bucle para completar los espacios en blanco de la columna EtiquetaCompuesta

For i = 1 To casos
    Etiqueta = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 2)
    Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 6).Value = Etiqueta
Next i

For i = 1 To casos
    elColor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 5)
    Etiqueta = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 6)
    For ii = 1 To casos
        NuevoColor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 5)
        NuevaEtiqueta = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 6)
        If elColor = NuevoColor Then

```

```

        If i > ii Then hayunoantes = 1
        If i < ii And hayunoantes = 0 Then
            EtiquetaDoble = Etiqueta + " " + NuevaEtiqueta
            Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 6).Value = EtiquetaDoble
            Worksheets(hojaMatriz).Cells(ii, Neuronas + 6).Value = EtiquetaDoble
            Etiqueta = EtiquetaDoble
        End If
    End If
End If
Next ii
hayunoantes = 0
Next i

```

'Fin del procedimieto para unificar etiquetas de clases-colores comunes

End Sub

### **C.4.3. ColorearSOM3**

```
Sub ColorearSOM3()
```

'Variables

```

xsom = 11 'Número de neuronas de salida en el eje X
ysom = 9 'Número de neuronas de salida en el eje Y
Neuronas = xsom * ysom 'Total de neuronas
casos = 13 'Total de casos
hojaMatriz = "m16" 'Nombre de la hoja que contiene la matriz
hojaSOM = "s16" 'Nombre de la hoja donde debe ir el SOM

```

'Principio del bucle general para colorear el SOM

```
For i = 1 To Neuronas
```

```

    minimoX = Worksheets(hojaMatriz).Cells((casos + 1), i) 'Lee el valor mínimo al pie
de la columna
    valor = 0 'Reset del contador

```

'Condicional para determinar la fila de la celda a pintar

```
If i = 1 Then filasom = 1 Else: filasom = Int((i - 1) / xsom) + 1
```

'Condicional para determinar la columna de la celda a pintar

```
If i = 1 Then columnasom = 1 Else columnasom = i - (filasom - 1) * xsom
```

'Sentencia de pintado

```

ClaseGanadora = Worksheets(hojaMatriz).Cells(casos + 2, i)
elColor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(ClaseGanadora, Neuronas + 5)

```

```

If elColor > 56 Then
    elColor = elColor - 56
    Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.Pattern =
xlPatternGray8
    Else
    Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.Pattern =
xlPatternNone
    End If
    Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.ColorIndex = elColor

Next i
'Fin del bucle general para colorear el som

'Comienzo del procedimiento para repintar el som
For i = 1 To casos

    elColor = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, (Neuronas + 5))
    Posicion = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, (Neuronas + 4))

    'Condiciona para determinar la fila de la celda a pintar
    If Posicion = 1 Then filasom = 1 Else: filasom = Int((Posicion - 1) / xsom) + 1

    'Condiciona para determinar la columna de la celda a pintar
    If Posicion = 1 Then columnasom = 1 Else columnasom = Posicion - ((filasom - 1) *
xsom)

    'Sentencia de pintado
    If elColor > 56 Then
        elColor = elColor - 56
        Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.Pattern =
xlPatternGray8
    Else
        Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.Pattern =
xlPatternNone
    End If
    Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Interior.ColorIndex = elColor

Next i

End Sub

```

#### **C.4.4. EtiquetarSOM4**

```

Sub EtiquetarSOM4()

'Variables
xsom = 11 'Número de neuronas de salida en el eje X
ysom = 9 'Número de neuronas de salida en el eje Y

```

```

Neuronas = xsom * ysom 'Total de neuronas
casos = 13 'Total de casos
hojaMatriz = "m16" 'Nombre de la hoja que contiene la matriz
hojaSOM = "s16" 'Nombre de la hoja donde debe ir el SOM

'Comienzo del procedimiento de etiquetado
For i = 1 To casos

NeuronaGanadora = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 4)

'Condicional para determinar la fila de la celda a escribir
If NeuronaGanadora = 1 Then filasom = 1 Else: filasom = Int((NeuronaGanadora - 1)
/ xsom) + 1

'Condicional para determinar la columna de la celda a escribir
If NeuronaGanadora = 1 Then columnasom = 1 Else columnasom = NeuronaGanadora
- (filasom - 1) * xsom

'Escritura de la etiqueta
Etiqueta = Worksheets(hojaMatriz).Cells(i, Neuronas + 6)
Worksheets(hojaSOM).Cells(filasom, columnasom).Value = Etiqueta

Next i
'Fin del procedimiento de etiquetado

End Sub

```

## Apéndice D

### Siglas y acrónimos

<b>Siglas</b>	<b>Español</b>	<b>Inglés</b>
2D	Dos dimensiones – bidimensional	
3D	Tres dimensiones - tridimensional	
ACA	Análisis de cocitación de autores	Author Cocitation Analysis
ACR	Análisis de cocitación de revistas	
AFP	Análisis Factorial de Factores Principales	
ARIST		Annual Review of Information Science and Technology
ASP		Active Server Pages
CDU	Clasificación Decimal Universal	
CFA	Análisis de correspondencias	
CSCW		Computer Supported Cooperative Work
DDC	Clasificación Decimal de Dewey	Dewey Decimal Classification
DSI	Diseminación selectiva de la información	
FADIVA		Foundations of Advanced 3D Information Visualization
FAQ	Preguntas más frecuentes contestadas	Frequently Asked Questions
JASIS		Journal of the American Society for Information Science
JDBC		Java DataBase Connection
GATECH		Georgia Technology Institute
GMD	Centro Nacional Alemán de Investigación en Cómputo	
GTOC	Tabla de contenidos gráfica	Graphical Table of Contents
GUI	Interfaz gráfico de usuario	Graphical User Interface
HCI	Interacción hombre-ordenador	Human-Computer Interaction
HILITES		Hci Information & LITearture Enquiry Service
HTML	Lenguaje de etiquetado hipertextual	HyperText Markup Language
IA	Inteligencia artificial	
I+D	Investigación y desarrollo	
IEEE		Institute of Electrical and Electronics Engineers

INSPEC		
IR	Recuperación de la información	Information Retrieval
ISI		Institute for Scientific Information
JASIS		Journal of the American Society for Information Science
LIS	Biblioteconomía y documentación	Library & Information Science
LISA		Library and Information Science Abstracts
LVQ	Cuantificación por Vector de Aprendizaje	Learning Vector Quantization
MDS	Escalamiento multidimensional	MultiDimensional Scaling
Memex		MEMory EXTender system
MIT		Massachusetts Institute of Technology
MS-DOS		Microsoft-Disk Operative System
NP	Sintagma nominal	Noun phrase
NSF		National Science Foundation
OPAC	catálogo en línea de acceso público	Online Public Access Catalog
PARC		Palo Alto Research Center
PCA	Análisis de componentes principales	Principal Component Analysis
RNA	Redes neuronales artificiales	
RV	Realidad virtual	Virtual Reality
SCI		Science Citation Index
SIB	Cienciometría, Informetría y Bibliometría	Scientometrics, Informetrics and Bibliometrics
SIGIR		Special Interest Group - Information Retrieval
SOM	Mapa auto-organizativo	Self-Organizing Map
SRI	Sistema de recuperación de la información	
TOC	Tabla de contenidos	Table of contents
TPM	Mapa de Preservación Topológica	Topology-Preserving Map
TREC		Text REtrieval Conference
UI	Interfaz de usuario	User interface
URL	Localizador universal de recurso	Uniform Resoruce Locator
VBA	Visual Basic para Aplicaciones	Visual Basic for Aplications
VIRI	Interfaces visuales para la recuperación de la información	Visual Information Retrieval Interfaces
VRML	Lenguaje de modelado para realidad virtual	Virtual Reality Modeling Languaje
Web-IF	Factores de impacto web	
WYSIWYG	Lo que tu ves es lo que tu tienes	What yo see is what you get