



**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
Facultad de Comunicación y Documentación  
Departamento de Biblioteconomía y  
Documentación



**UNIVERSIDAD DE LA HABANA**  
Facultad de Comunicación  
Departamento de Ciencias de la Información

## **TESIS DOCTORAL**

# **La Visualización de la Información en el entorno de la Ciencia de la Información**

**Autor: MSc. Déborah Torres Ponjuán**

Dpto. de Ciencias de la Información de la Universidad de la Habana

**Director: Dr. Víctor Herrero-Solana**

Dpto de Biblioteconomía y Documentación de la  
Universidad de Granada

**Granada, Octubre de 2010**

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Déborah Torres Ponjuán  
D.L.: Gr 1284-2011  
ISBN: 978-84-694-1048-6

# **La visualización de la información en el entorno de la Ciencia de la Información**

Memoria que presenta

**Déborah Torres Ponjuán**

para optar por el grado de Doctor en Documentación e Información Científica,  
dirigida por

**Dr. Víctor Herrero-Solana**

Granada, Octubre de 2010

*A mi madre, Gloria Ponjuán, por hacer suyo el sueño*  
*A mi esposo, Reinaldo Funes, por el aliento permanente*  
*A mis hijos, Daniel y Laura, por entender el sacrificio*

## **RESUMEN**

Se exponen los fundamentos teóricos y epistemológicos de la Visualización y las generalidades de una de sus áreas de estudio: la Visualización de la Información. Se presenta el ámbito de la Ciencia de la Información considerando su fundación y cambios paradigmáticos experimentados, así como estructura y principales relaciones interdisciplinarias, sobre la base de diferentes investigaciones. Se analiza cómo se introduce la Visualización de la información en el campo, validando la investigación con la aplicación de técnicas bibliométricas, y explorando su presencia en distintos programas universitarios de Ciencia de la información, particularmente en Iberoamérica; y se proponen tópicos para la introducción de su estudio en la especialidad de Ciencias de la Información en la Universidad de La Habana.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento y gratitud al Dr. Víctor Herrero-Solana, por haber aceptado ser mi director de tesis, por sus valiosísimas recomendaciones, su paciencia y confianza.

Deseo expresar además mi más sincero agradecimiento al Dr. Francisco M. Solís, por su amistad y apoyo incondicional.

A todos los miembros del Dpto. de Ciencias de la información de la Facultad de Comunicación de la Universidad de la Habana, que me apoyaron y me brindaron sus palabras de aliento. En especial, a la Dra. Ania Hernández, quien me mostró un camino en la reflexión y la investigación; a la MSc. Ailin Martínez y a la MSc. Yelina Piedra por su colaboración e importantes recomendaciones.

A la Dra. Vielka Chang-Chau, la Dra. Nitzia Barrantes, el Dr. José Antonio Piqueras y al Dr. Vicent Sanz, de quienes he recibido amistad, cariño, ayuda y respeto.

Agradezco también a toda mi familia, quienes han recorrido todas las angustias y alegrías a mi lado, alentándome en todo momento. En especial a mi madre, que ha empujado y respaldado todo lo que ha podido, con atención y cariño.

Por último, quiero agradecer a la Universidad de Granada y a la Universidad de La Habana (Cuba) por haber posibilitado la realización del Programa de Doctorado en Documentación e Información Científica de la UGR en Cuba.

## PUBLICACIONES

Torres Ponjuan, D. (2009). Aproximaciones a la visualización como disciplina científica. ACIMED [online], 20 (6), 161-174.

Torres Ponjuan, D. & Ponjuan Dante, G. (2010). Influencias ergonómicas en la Visualización de Información / Influências ergonômicas na visualização da informação. *Informação & Informação*, 15 (1).

# ÍNDICE TEMÁTICO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<i>Delimitación del estudio y antecedentes.....</i>	<i>2</i>
<i>Justificación .....</i>	<i>5</i>
<i>Objetivos del estudio .....</i>	<i>8</i>
<i>Marco teórico.....</i>	<i>9</i>
<i>Marco temporal.....</i>	<i>10</i>
<i>Enfoque metodológico.....</i>	<i>10</i>
<i>Fuentes utilizadas.....</i>	<i>12</i>
<i>Novedad del trabajo .....</i>	<i>12</i>
<i>Estructura del documento .....</i>	<i>12</i>
<b>PARTE I. FUNDAMENTOS DE LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....</b>	<b>14</b>
<i>Conclusiones parciales .....</i>	<i>27</i>
<b>CAPÍTULO 2. LA VISUALIZACIÓN COMO DISCIPLINA.....</b>	<b>28</b>
<i>2.1. Perspectivas de la Visualización.....</i>	<i>28</i>
<i>2.1.2. Perspectiva tecnológica .....</i>	<i>30</i>
<i>2.1.3. Perspectiva comunicacional.....</i>	<i>31</i>
<i>2.2. La Visualización: una disciplina científica.....</i>	<i>32</i>
<i>2.3. Modelos de Visualización.....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.1. Modelo de Owen .....</i>	<i>37</i>
<i>2.3.2. Modelo de Ware .....</i>	<i>38</i>
<i>2.3.3. Modelo de Van Wijk .....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.4. Modelo de Williams, Sochats y Morse.....</i>	<i>41</i>
<i>2.3.5. Procesos esenciales según los modelos de referencia .....</i>	<i>44</i>

2.4. Áreas de conocimiento o subcampos de la visualización .....	44
2.4.1. Visualización Científica .....	46
2.4.2. Visualización del Software .....	47
2.4.3. Visualización de Datos .....	48
2.4.4. Visualización de la Información .....	49
2.4.5. Visualización del Conocimiento .....	51
2.4.6. Comparación entre los subcampos de la Visualización .....	52
2.4.7. Dato, información y conocimiento en la Visualización .....	55
Conclusiones parciales .....	59

### **CAPÍTULO 3. GENERALIDADES SOBRE LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

.....	<b>60</b>
3.1. Definiendo la Visualización de Información .....	60
3.2. Modelos de Visualización de Información .....	63
3.2.1. Modelo de Card, McKinlay y Schneiderman (1999) .....	63
3.2.2. Modelo de Chi (2000) .....	65
3.2.3. Modelo de Wünsche (2004) .....	66
3.2.4. Análisis de los modelos .....	67
3.3. Métodos y técnicas para la Visualización de Información .....	68
3.3.1. Metáforas visuales .....	72
3.3.2. Algoritmos de clasificación y distribución visual .....	73
3.3.3. Técnicas de transformación visual interactivas .....	74
3.3.4. Taxonomías para la Visualización de la Información .....	75
3.4. Tópicos generales de investigación .....	78
3.5. Limitaciones de la Visualización de la Información .....	81
3.6. La evaluación en la Visualización de la Información .....	83
3.6.1. Métodos de evaluación .....	85
3.6.2. Criterios ergonómicos para la evaluación de la Visualización de Información .....	88
Conclusiones Parciales .....	94

### **PARTE II. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CIENCIA DE LA INFORMACIÓN**

.....	<b>96</b>
-------	-----------

<b>CAPÍTULO 4. ÁMBITO DE LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>96</b>
4.1. <i>Apuntes sobre la evolución histórica de la Ciencia de la Información .....</i>	97
4.2. <i>Estructura de la disciplina .....</i>	112
4.3. <i>Principales relaciones interdisciplinares .....</i>	119
<i>Conclusiones parciales .....</i>	126
<b>CAPÍTULO 5. LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>129</b>
5.1. <i>La Visualización en la literatura científica de la Ciencia de la Información .....</i>	137
5.1.1. <i>Análisis de producción .....</i>	137
5.1.1.1. <i>Producción por años .....</i>	138
5.1.1.2. <i>Producción por continentes y países .....</i>	139
5.1.1.3. <i>Producción por instituciones .....</i>	141
5.1.1.4. <i>Producción de revistas .....</i>	143
5.1.1.5. <i>Productividad por categorías temáticas (WoS) .....</i>	146
5.1.1.6. <i>Autores más productivos .....</i>	151
5.1.1.7. <i>Colaboración autoral (coautoría) .....</i>	156
5.1.1.8. <i>Tópicos emergentes .....</i>	164
5.1.2. <i>Análisis de citas .....</i>	170
5.1.2.1. <i>Autores más citados .....</i>	170
5.1.2.2. <i>Documentos más citados .....</i>	175
5.1.2.3. <i>Revistas más citadas .....</i>	180
5.1.4. <i>Análisis de co-citación .....</i>	181
5.1.4.1. <i>Cocitación de revistas .....</i>	181
5.1.4.2. <i>Co-citación de autores .....</i>	184
<i>Conclusiones parciales .....</i>	187
<b>CAPÍTULO 6. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA EN CIENCIA DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>189</b>
6.1. <i>Apuntes sobre la formación en Visualización de la Información .....</i>	189
6.2. <i>La Visualización de la información en los programas universitarios de Ciencia de la información .....</i>	193

6.2.1. <i>La formación en Iberoamérica</i> .....	197
6.2.1.1. Argentina .....	198
6.2.1.2. Brasil.....	200
6.2.1.3. Chile.....	203
6.2.1.4. Colombia .....	204
6.2.1.5. Costa Rica .....	205
6.2.1.6. Cuba .....	205
6.2.1.7. España .....	207
6.2.1.8. México .....	210
6.2.1.9. Portugal .....	212
6.2.1.10. Puerto Rico.....	214
6.2.1.11. Venezuela.....	215
6.2.2. <i>Análisis de resultados</i> .....	216
6.3. <i>Recomendaciones para el estudio de la Visualización de la Información en la especialidad de Ciencias de la Información en La Universidad de la Habana.</i> .....	216
<i>Conclusiones Parciales</i> .....	221
<b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>222</b>
<b>LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS .....</b>	<b>225</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Mapa multidimensional de cocitación (Garfield, 1964) .....	20
Figura 2. Algunas personalidades e hitos importantes en las décadas del 40-60.....	21
Figura 3. Algunas personalidades e hitos importantes en las décadas del 70-80.....	24
Figura 4. Disciplinas interrelacionadas en la investigación sobre visualización, según Buttenfield y Mackaness (1991).....	33
Figura 5. Modelo de visualización de Owen (1999) .....	38
Figura 6. Modelo de visualización, adaptado de Ware (2004).....	39
Figura 7. Modelo de visualización, adaptado de Van Wijk (2006) .....	40
Figura 8. Modelo de visualización de Williams, Sochats y Morse (1995).....	42
Figura 9. Ejemplos de visualización científica. Resultados del <i>Scientific Computing and Imaging Institute</i> de la Universidad de Utah ( <a href="http://www.sci.utah.edu">http://www.sci.utah.edu</a> ). Tomado de Johnson (2004).....	46
Figura 10. Ejemplo de visualización de software. Tomado de: <i>Absint Angewandte Informatik GmbH</i> (2005).....	48
Figura 11. Ejemplo de visualización de datos, sobre los roles de los autores en una discusión online. Tomado de Welter, Gleave, Fisher & Smith (2007).....	49
Figura 12. Ejemplo de visualización de información: Colaboración en la HCI (coautoría). Tomado de Henry, Goodell, Elmqvist y Fekete (2007).....	50
Figura 13. Ejemplo de visualización del conocimiento. Mapa conceptual sobre las fases de creación de un mapa conceptual. Rovira (2003).....	52
Figura 14. Modelo de Referencia para la Visualización de Card, Mckinlay & Schneiderman (1999).....	64
Figura 15. Modelo de Referencia de Estado de los Datos, de Chi (2000).....	65
Figura 16. Proceso de visualización según Wünsche (2004) .....	66
Figura 17. Desarrollo teórico en la visualización de la información (Craft & Cairns, 2008).....	69
Figura 18. Taxonomía unificada propuesta por Pfitzner, Hobbs y Powers (2001). .....	77
Figura 19. Crecimiento de los artículos sobre visualización de información en la década de los años ´90, original de Chen (2002).....	79
Figura 20. Criterios para evaluar la representación visual (Luzzardi y Freitas, 2004) .....	92
Figura 21. Mapa de la Ciencia de la Información según White & Griffith (1981).....	114

Figura 22. Grafo de grupos de cocitación de especialidades científicas (Griffith, Small, Stonehill, & Dey, 1974).....	131
Figura 23. Visualización de redes para la identificación de <i>clusters</i> de la Ciencia de la Información según distintos criterios, por Small (1981).....	132
Figura 24. Representaciones visuales utilizadas por White y McCain (1998).....	133
Figura 25. Visualización de autores de la Ciencia de la Información basado en la cocitación (White, 2003).....	136
Figura 26. Productividad por años .....	138
Figura 27. Producción científica por regiones .....	139
Figura 28. Países más productivos.....	140
Figura 29. Red de co-ocurrencia de Categorías temáticas.....	148
Figura 30. Red de coocurrencia de categorías temáticas de <i>proceedings</i> .....	150
Figura 31. Red de coocurrencia de categorías temáticas de revistas .....	151
Figura 32. Red de coautoría (metáfora de constelación).....	157
Figura 33. Red completa de coautoría.....	158
Figura 34. Principal grupo de colaboración autoral .....	159
Figura 35. Colaboración autoral, grupo Scimago .....	160
Figura 36. Colaboración autoral, geovisualización .....	160
Figura 37. Colaboración autoral, otros subgrupos .....	162
Figura 38. Colaboración autoral, proceedings.....	163
Figura 39. Colaboración autoral, revistas .....	164
Figura 40. Red de co-ocurrencia de palabras clave.....	165
Figura 41. Relaciones de los tópicos visualización y visualización de la información.....	167
Figura 42. PFnet general de palabras claves .....	168
Figura 43. PFnet de palabras claves perteneciente a revistas .....	169
Figura 44. PFnet de palabras claves perteneciente a proceedings de eventos .....	169
Figura 45. Red de cocitación de revistas (con 15 o más citas).....	182
Figura 46. Red Pfnnet de cocitación de revistas .....	184
Figura 47. Red de cocitación de autores .....	185
Figura 48. Red Pfnnet de cocitación de autores.....	186
Figura 49. Tópicos más frecuentes en cursos sobre Visualización de la Información (Kerren, Stasko y Dykes, 2008) .....	191
Figura 50. Distribución de universidades por continente (Laboratorio de Cibermetría CCHS-CSIC, 2010) .....	193

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes y elementos del modelo de Visualización de Williams, Sochats y Morse (1995) .....	43
Tabla 2. Comparación entre áreas de la visualización según el criterio de representación .....	53
Tabla 3. Visiones diferentes acerca de la jerarquía dato-información-conocimiento .....	57
Tabla 4. Propósitos de la visualización de la información a partir de distintas definiciones .....	61
Tabla 5. Pasos metodológicos para el desarrollo de interfaces visuales de recuperación de información, basados en Herrero-Solana y Hassan-Montero (2006).....	72
Tabla 6. Técnicas de transformación según características de los datos. Basado en Skupin y Fabrikant (2003) .....	74
Tabla 7. Taxonomía de datos y tareas de Shneiderman (1996).....	76
Tabla 8. Clasificación de las potenciales desventajas de la visualización de la información, según Bresciani y Eppler (2008) .....	82
Tabla 9. Métodos para evaluar la visualización de la información.....	87
Tabla 10. Subcampos de la Ciencia de la Información según estudio métrico de White y McCain analizado por Saracevic (1999) .....	116
Tabla 11. Disciplinas con mayores relaciones interdisciplinarias con la Ciencia de la información, según Saracevic (1992) .....	121
Tabla 12. Disciplinas relacionadas con la Ciencia de la Información según distintos autores .....	125
Tabla 13. Instituciones más productivas.....	141
Tabla 14. Instituciones y subdivisiones más productivas .....	143
Tabla 15. Revistas más productivas .....	143
Tabla 16. Otras revistas de la especialidad con trabajos sobre Visualización .....	145
Tabla 17. <i>Proceedings</i> con más trabajos sobre visualización.....	146
Tabla 18. Principales categorías temáticas .....	147
Tabla 19. Grado de la relación en la co-ocurrencia de las categorías temáticas .....	148
Tabla 20. Índices de cercanía e intermediación en la co-ocurrencia de categorías temáticas .....	149
Tabla 21. Autores más productivos .....	152

Tabla 22. Grado de la relación en la co-ocurrencia de palabras clave.....	166
Tabla 23. Índices de cercanía e intermediación de palabras claves.....	166
Tabla 24. Autores más citados.....	171
Tabla 25. Trabajos más citados (citas >=10).....	176
Tabla 26. Revistas más citadas (citas>=25).....	181
Tabla 27. Revistas con mayor grado de relación en la cocitación de revistas .....	183
Tabla 28. Medidas de centralidad de la red de cocitación de autores.....	185
Tabla 29. Tópicos de cursos presentados por Kerren, Stasko & Dykes (2008).....	192
Tabla 30. Muestra de universidades de América Latina y el Caribe analizadas .....	197
Tabla 31. Programas de pregrado y postgrado en Bibliotecología y Documentación en América Latina y el Caribe .....	198
Tabla 32. Muestra de universidades argentinas.....	199
Tabla 33. Muestra de Universidades de Brasil.....	200
Tabla 34. Principales líneas de investigación posgraduada en universidades de Brasil. (ANCIB, 2010) .....	201
Tabla 35. Muestra de universidades chilenas .....	203
Tabla 36. Muestra de universidades colombianas .....	204
Tabla 37. Muestra de universidades de Costa Rica.....	205
Tabla 38. Muestra de universidades cubanas .....	206
Tabla 39. Muestra de universidades españolas .....	207
Tabla 40. Muestra de universidades mexicanas .....	210
Tabla 41. Muestra de universidades portuguesas.....	213
Tabla 42. Muestra de universidades de Puerto Rico.....	214
Tabla 43. Muestra de universidades venezolanas .....	215

## INTRODUCCIÓN

Asumir nuevas perspectivas científicas con un enfoque marcadamente interdisciplinar es una práctica contemporánea frecuente en el desarrollo de distintas ciencias. Muchos dominios de conocimiento, al enfrentar nuevos retos, han acudido al establecimiento de relaciones con otros campos para acercarse a un mismo fenómeno desde distintos ángulos, explorando concepciones alternativas a las tradicionales, expandiendo sus fronteras disciplinares, y revolucionando sus estructuras sociales. El presente trabajo científico pretende caracterizar una de las manifestaciones de este fenómeno a partir de un análisis sobre las relaciones interdisciplinares que la Ciencia de la Información, sujeta a distintas influencias paradigmáticas en el estudio de su objeto de estudio, ha establecido con la emergente área de la Visualización de la Información.

Tal idea surgió en el desarrollo de los cursos que en el marco del programa doctoral conjunto coordinado por la Universidad de La Habana y la Universidad de Granada comenzó en el año 2006. Desconocía la existencia de la disciplina Visualización de la Información y comenzaba a aproximarme a la epistemología de la Ciencia de la Información. Al recibir el curso impartido por mi tutor sobre las Interfaces Gráficas para la Recuperación de la Información, comienza mi interés por un acercamiento al tema. Otras reflexiones e intercambios académicos también me inquietaban intelectualmente, en particular, mucho me hizo pensar el comentario de una colega que opinaba que la Ciencia de la Información llegaba siempre tarde al estudio de fenómenos relacionados con la información. Y efectivamente, su naturaleza interdisciplinar cambiante en el estudio de la naturaleza dinámica de la información, la ha forzado desde su origen a explorar e integrar a un nivel teórico-conceptual, el conocimiento empírico de diferentes disciplinas, a la par de mantener un desarrollo conectado inexorablemente con la tecnología de información, y una participación activa en la sociedad (Saracevic, 1999). La Visualización de la Información, por su parte, es una disciplina joven, de apenas 20 años, que emerge de los estudios sobre Visualización como una iniciativa tecnológica, como un recurso válido para enfrentar el análisis y diseminación de grandes volúmenes de información, y que ha irrumpido con fuerza en múltiples dominios por sus amplias posibilidades de aplicación.

Estudiar este espacio de convergencia se convirtió pues en el reto principal, enfocado en identificar cómo ha asumido la Ciencia de la Información el estudio y aplicación de la Visualización de la Información.

## Delimitación del estudio y antecedentes

El escenario intelectual de finales del siglo XX estuvo fuertemente marcado por una dinámica paradigmática que contribuye a que se adopte el enfoque cognitivo en muchas ciencias como plataforma teórica, lo cual fue decisivo en distintos intercambios disciplinares que condujeron a la emergencia de los estudios sobre visualización como campo de estudio destacado.

La Ciencia de la Información en este período se encuentra inmersa en una transformación teórico-conceptual, considerando como su problema fundamental la información deseada y su efecto sobre el usuario e incorporando de forma integrada los conceptos comunicación y conocimiento, como imprescindibles en la comprensión del fenómeno de la información (Linares, 2004).

Dos áreas muy relacionadas con las Ciencias Cognitivas interesan particularmente a la CI, quien potencia su diálogo con ellas al investigar los aspectos sociológicos y psicológicos de la interactividad y considerar los aspectos cualitativos de interacción en la recuperación de información: la Inteligencia Artificial y la *Human Computer-Interaction* (HCI)<sup>1</sup>. (Saracevic, 1995).

La Inteligencia Artificial, reconocida como campo independiente dentro de la informática a partir de 1956, se ha explorado en dos caminos fundamentales: la investigación psicológica y fisiológica de la naturaleza del pensamiento humano, y el desarrollo tecnológico de sistemas informáticos cada vez más complejos. En particular, se destacan las investigaciones relacionadas con la naturaleza del conocimiento y el procesamiento de la información, aplicando distintas teorías y modelos para representar el pensamiento humano y la complejidad semántica del lenguaje natural; así como el reconocimiento de patrones desarrollo de sistemas expertos, redes neuronales y de algoritmos genéticos. (Moya-Anegón et. al, 1998)

HCI es la disciplina que se ocupa del diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos para el uso de seres humanos y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado (ACM-SIGCHI, 1996) y su evolución está

---

<sup>1</sup> Se prefiere en este trabajo utilizar el término original en inglés por ser el más conocido. Esta disciplina también es referida través de otros términos como interacción hombre-máquina, interacción hombre-ordenador, e Interacción Persona-Ordenador (IPO) como se conoce en España.

estrechamente unida a la de las Ciencias Cognitivas, que a su vez le debe mucho a la Computación, la Teoría de la Información y a la Cibernética.

Muchos de los principios que decidieron tópicos de investigación de la HCI entre los años '80 y '90, como el diseño de interfaces de usuario y la Visualización de Información, surgieron de la investigación científica y las teorías de la Psicología, buscando explicar la interacción persona-ordenador en términos de los mecanismos psicológicos del usuario. Gracias a las computadoras, las personas pudieron manipular la visualización e identificar aspectos interesantes en las investigaciones y descubrir regularidades, relaciones, patrones, tendencias, etc. Investigaciones y enfoques aportados por disciplinas como la Estadística, la BCI, la HCI y la Psicología Cognitiva, entre otras, también contribuyeron, impulsados por los distintos cambios paradigmáticos.

Una de las cuestiones iniciales en las que centró las investigaciones de la HCI fue en determinar, a partir de varios intentos, cómo podría contribuir el campo de la Psicología Cognitiva (Rogers, 2004) con distintas iniciativas:

- Aplicando investigaciones básicas: Teorías desarrolladas para explicar fenómenos específicos sobre la cognición en diferentes dominios, aplicadas a la interacción con computadoras para determinar efectos de procesos cognitivos particulares,
- asumiendo modelos cognitivos para conceptualizar y explicar las interacciones,
- difundiendo conceptos populares, como memoria, atención, percepción, aprendizaje, modelos mentales y toma de decisiones, y
- explicando el desempeño del usuario en términos de características cognitivas bien definidas, lo que contribuyó a decisiones de diseño en la mayoría de las interfaces gráficas.

La teoría más reciente de la HCI incluye elementos con una orientación cognitiva de las ciencias sociales, al investigar además aspectos sociales y culturales del diseño y uso de la información, a partir del estudio de temas como Redes Sociales, Teoría de la Actividad, Cognición Distribuida e Informática Social. En particular, las influencias de la disciplina ergonómica en la HCI son destacadas, en algunos estudios sobre el diseño y evaluación en la Visualización de Información.

La Ciencia de la Información, por su parte, es un espacio de convergencia de disciplinas como la Psicología, la Filosofía, la Sociología, la Computación, entre otras, donde se

establecen relaciones que se reflejan en investigaciones abordadas desde distintas áreas de estudio, categorizadas por Freire (2006) como:

- Recuperación de información: Representación de información (lenguajes documentales y lenguaje natural), tecnologías de procesamiento de información, servicios de información (bibliotecas, centros de información).
- Comunicación de información: Tecnologías de información y comunicación (especialmente digitales), producción y recepción de información, canales de comunicación (formal e informal), uso de la información.
- Estudios de cognición: Estudios de usuarios, aplicaciones de inteligencia artificial, estudios ligados al aprendizaje en medio virtual (entrenamiento, capacitación).

Tales categorías no son estáticas, sino que se relacionan entre sí. Los aspectos relacionados con la Recuperación de Información abordan la información como un “objeto posible de ser organizado y almacenado en algún soporte, principalmente digital”; los relacionados con la Comunicación de información, advierten a la información como “conocimiento en acción”, y en los estudios cognitivos, “los conceptos de información se relacionan con la aplicación de un conocimiento específico a través de una acción de comunicación realizada en un determinado contexto social, institucional o individual”. (Freire, 2006)

El presente trabajo investigativo brinda una visión integradora desde los enfoques histórico, epistemológico y bibliométrico, de la Visualización de la Información en su relación con la Ciencia de la Información, con el fin de contribuir al conocimiento sobre la disciplina, permitir a los investigadores y profesionales una comprensión más profunda de su identidad, y de la necesidad relevante de una formación sobre estos tópicos para fortalecer la praxis informacional y la investigación científica.

No se conoce exista un estudio académico abarcador sobre la inserción y evolución de la Visualización de la Información en el entorno de la Ciencia de la información, a partir del análisis de los cambios paradigmáticos que en la misma se han ido produciendo. En Cuba, como investigaciones relacionadas, podemos citar el trabajo de Guzmán-Sánchez (2009) para optar por el grado de Dr. en Ciencias de la Información: “ViBlioSOM: Metodología para la Visualización de Información métrica con Mapas Auto-organizados”, y algunas de tesis de licenciatura que introducen el tema.

## Justificación

El término Visualización de Información, como hoy se aplica, se relaciona una disciplina que estudia el diseño de representaciones visuales interactivas que optimicen la carga cognitiva en la representación visual de las estructuras, relaciones y patrones de la información representada, y permita obtener visiones analíticas diferentes sobre los datos contenidos en la misma.

Es un campo de estudio que avanza rápidamente en términos de la investigación académica y las aplicaciones prácticas y cada día encuentra nuevos campos de aplicación como la gestión de información personal u organizacional, el aprendizaje, el análisis de información, la representación de dominios de conocimiento y los estudios métricos, entre otros. Es además un tema que rápidamente ha emergido de la investigación en campos relacionados con la HCI, la Computación, la Estadística, el Diseño Visual, la Psicología, entre otros, y se está convirtiendo en un componente cada vez más crítico en la investigación científica, que a su vez enriquecen con teorías, métodos y herramientas a la Ciencia de la Información.

La investigación alrededor de la Visualización de Información es amplia<sup>2</sup> en la medida en que se ha convertido en “un campo de estudio que ha crecido tremendamente en los últimos años” (Chen, 2002). La interdisciplinariedad en este campo se puede distinguir desde distintas perspectivas: aplicada (porque utiliza métodos y teorías de otras disciplinas) y epistemológica (porque aunque tiene sus bases en el cognitivismo, permite el análisis desde el sociocognitivismo al visualizar redes sociales, comunidades online, etc.; y analizar desde un punto de vista cognitivo la actuación del usuario ante la representación de la información en un contexto organizacional o en un dominio específico). Abordar pues su investigación no puede obviar las miradas que, desde otras áreas relacionadas, deciden su fundación y desarrollo y marcan, en esta convergencia, distintas pautas.

En el ámbito de la Ciencia de la Información comienza a tener algunos cuestionamientos y resultados a partir del estudio y aplicación de técnicas emergentes e innovadoras que provienen fundamentalmente de la computación y que permiten nuevas representaciones del conocimiento y obtener nuevas miradas a partir del análisis. Pero en este entorno es un tema poco reconocido y tiene una aplicación práctica aún limitada. Card, MacKinlay, y Shneiderman (1999) definen distintos niveles de uso de la visualización: buscar información fuera del

---

<sup>2</sup> En <http://www.dcs.napier.ac.uk/~marting/links.html> se puede consultar una recopilación bastante completa de los principales eventos, publicaciones, libros, laboratorios, y recursos sobre este tema.

ambiente de trabajo del usuario, interactuar con información del espacio de trabajo para reducir el costo del acceso, descubrir patrones o realizar cálculos visuales a partir de un conjunto de datos o resaltar objetos visuales de interacción; con tres objetivos fundamentales: descubrir o explorar (buscando relaciones, tendencias y fenómenos interesantes), tomar decisiones (validando o refutando hipótesis), y explicar (presentando la información a otros). Mencionan además que sus principales aplicaciones están en visualizar datos estadísticos, bibliotecas digitales, servicios personales, documentos complejos, historiales, clasificaciones y redes.

Profesionales de la información han encontrado interesante la aplicación de estas técnicas fundamentalmente para explorar nuevas alternativas en los estudios métricos, en la representación y análisis de espacios documentales y dominios de conocimiento, en la minería de datos y de textos, en la recuperación de información, así como propuestas de visualización para bibliotecas digitales, entre otros.

Por otra parte, los principales problemas actuales de la Visualización de Información (Chen, 2005), que implican nuevos retos con un enfoque centrado en el usuario, se relacionan con:

1. Usabilidad: Se plantea que los estudios de usabilidad y las evaluaciones empíricas han tenido un lento avance. Se necesitan nuevas metodologías y comprender si los usuarios logran reconocer los patrones contenidos en la información
2. Comprender las principales tareas perceptivo-cognitivas: La recuperación de información tiene un fuerte impacto en el campo de la Visualización de Información. Identificar este tipo de tareas en los distintos niveles de interacción como evidencia empírica es vital para la generación de nuevas técnicas de Visualización de Información
3. Conocimiento previo: Los usuarios necesitan conocer cómo operar con un sistema de Visualización de Información y el dominio de conocimiento para interpretar el contenido. Se necesitan sistemas que se adapten al conocimiento acumulado de sus usuarios y reduzca la dependencia.
4. Educación y entrenamiento: Los investigadores deben aprender y compartir principios y habilidades de la comunicación visual y la Semiótica, el lenguaje debe ser comprensible a sus usuarios potenciales y se deben revisar regularmente las taxonomías existentes para consolidar las bases conceptuales del campo. Se necesita además darle más valor al campo de la Visualización de Información acercándolo a

potenciales beneficiarios, tal vez a partir de ejemplos de muestra, tutorales o soluciones orientadas a solucionar problemas en otras disciplinas.

5. Métricas de calidad intrínsecas: La Visualización de Información carece de métricas de calidad que le sean propias, especialmente para su evaluación y selección
6. Escalabilidad: Debe estudiarse en distintos niveles para mejorar los algoritmos actuales.
7. Estética: Existe una carencia de estudios empíricos que caractericen qué propiedades visuales hacen que los usuarios consideren atractivo un gráfico y cómo la interacción con las estructuras de la información influye en este aspecto.
8. Cambio paradigmático de lo estructurado a lo dinámico: Centrado en la visualización de tendencias. Se recomienda la colaboración de las comunidades de minería de datos y de inteligencia artificial.
9. Causalidad, inferencia visual y predicciones: Se necesitan técnicas que le faciliten al usuario interactuar con los datos y explorarlos visualmente, analizarlos para probar hipótesis.
10. Visualización de dominios de conocimiento: Se parte de que el conocimiento es una construcción social que cambia constantemente, y la capacidad de la Visualización de Información de mostrar una gran cantidad de información e interactuar con ella para facilitar la representación de aspectos relevantes de distintas áreas de conocimiento.

La solución a gran parte de ellos puede enfrentarse desde la Ciencia de la Información, la que no ha consolidado aún un pensamiento teórico sobre este tema en particular por un desconocimiento dominante en el campo sobre la temática, la complejidad que implica asumir las distintas y necesarias perspectivas interdisciplinarias, la existencia de múltiples herramientas cuya factibilidad de aplicación en el área necesitan ser probadas y la fuerte dependencia tecnológica, estadística y matemática en sus bases teóricas.

Asociar métodos y técnicas de visualización a las necesidades y problemas específicos de usuarios con distintas capacidades y niveles de formación; investigar qué herramientas de visualización son más efectivas para apoyar la gestión de la información y el conocimiento sobre la base de técnicas, métodos y criterios de evaluación adecuados de los procesos que se realizan; lograr la comprensión acerca de cómo los distintos grupos de usuarios perciben los resultados que se logran al aplicar las distintas técnicas de visualización, y estar en

condiciones de proponer criterios a tener en cuenta en soluciones futuras, son retos que los profesionales de la información deben enfrentar.

Pero aún el reconocimiento de esta necesidad es mínimo, visto no sólo en la producción científica propia de la especialidad, sino en las distintas propuestas curriculares en contextos universitarios. Por tal razón se considera importante profundizar en los fundamentos de la relación existente entre la Visualización de la Información y la Ciencia de la Información con el fin de potenciar su estudio e investigación en la especialidad.

### **Problema de investigación**

Caracterizar la relación interdisciplinar entre la Visualización de la Información y la Ciencia de la información.

### **Preguntas de investigación**

1. ¿Cómo se relacionan los fundamentos de la Visualización de Información con el desarrollo de la Ciencia de la Información?
2. ¿Cómo se manifiesta el impacto de la Visualización de la información en la Ciencia de la información a partir de su producción científica?
3. ¿Qué tópicos, relacionados con la Visualización de la Información, pueden enriquecer la formación universitaria del profesional de la Ciencia de la información en Cuba?

### **Objetivos del estudio**

- **Objetivo general:** Identificar las pautas generales que marcan la inserción y desarrollo del área de la Visualización de Información en el ámbito de la Ciencia de la Información
- **Objetivos específicos**
  1. Investigar los fundamentos de la Visualización de la Información
  2. Caracterizar el ámbito de la Ciencia de la Información

3. Identificar las influencias interdisciplinarias de la Visualización de Información, y los principales impactos en la Ciencia de la Información
4. Determinar cuáles son las principales relaciones entre ambos campos a partir de la dinámica de la comunidad científica.
5. Proponer algunos criterios que puedan orientar la introducción de su estudio en la formación profesional sobre Visualización de la Información en el contexto universitario.

## **Marco teórico**

Como paso previo al estudio en torno a la relación que se ha establecido entre la Visualización de la Información y la Ciencia de la información, que constituirá el eje del trabajo, se aborda la investigación en las siguientes direcciones:

En primer lugar, se analiza la visualización como fenómeno desde sus perspectivas cognitiva, tecnológica y comunicacional. Se considera oportuno llevar a cabo una amplia aproximación a la disciplina científica de la Visualización, surgida a finales de los años 80, con amplia base tecnológica, destinada a apoyar el análisis de datos y la presentación de resultados en un amplio rango de disciplinas, con la ayuda de sistemas de software que proporcionan representaciones visuales estáticas o interactivas, y de herramientas analíticas provenientes de múltiples disciplinas. Se analizan y comparan modelos y áreas de conocimiento fundamentales, destacándose la Visualización de la Información, de amplia naturaleza interdisciplinar, como objeto de estudio fundamental.

Se asume que la Visualización de la Información investiga el diseño de representaciones visuales interactivas, usualmente apoyadas por herramientas informáticas, que supuestamente permitan una rápida asimilación y comprensión cualitativa de un volumen grande de información, buscando optimizar la carga cognitiva en la representación visual de las estructuras, relaciones y patrones de información, y obtener visiones analíticas diferentes. Se presenta el campo de estudio a partir de sus principales definiciones, modelos de referencia y tópicos de investigación fundamentales, así como principales métodos de evaluación, con el fin de lograr un acercamiento al estado de la investigación logrado en los últimos años. Con tal fin se acudió a teorías y conceptos provenientes de múltiples campos, entre los que podemos mencionar como fundamentales: Psicología cognitiva, Ergonomía cognitiva, Computación, y HCI.

Se realiza un acercamiento histórico y epistemológico al ámbito de la Ciencia de la Información considerando en su desarrollo los principales cambios paradigmáticos experimentados, así como consideraciones sobre su estructura y relaciones interdisciplinarias confrontando distintas investigaciones sustentadas en estudios bibliométricos. Esto nos permite ubicar en contexto el impacto de la Visualización de la Información y analizar, con la ayuda de métodos y técnicas propias de la Bibliometría, la Visualización de la Información y el Análisis de Redes Sociales, una muestra de la producción científica recuperada del ISI *Web of Science*, con trabajos sobre Visualización de la Información en el contexto de la Ciencia de la Información, para disponer de elementos cuantitativos y cualitativos que validen la interpretación histórica y epistemológica realizada, permitan relacionar los resultados parciales que se vayan alcanzando, y ofrezcan información detallada sobre conexiones reales en la comunidad científica asociada.

### **Marco temporal**

Aunque la Visualización de Información como disciplina se consolida a partir de los años '90, se investigan sus antecedentes históricos, y se reconocen los principales impactos en las Ciencia de la Información desde la segunda mitad el siglo XX hasta el año 2009.

### **Enfoque metodológico**

El análisis teórico-histórico-epistemológico que se desarrolla es una investigación esencialmente de tipo descriptiva y correlacional: descriptiva, por cuanto se intenta analizar cómo se manifiesta el fenómeno de la Visualización de la Información en el campo de la Ciencia de la Información; y correlacional, al pretender además observar cómo se relacionan o vinculan diversos fenómenos entre sí.

Para la recogida de información se utilizó el análisis documental clásico como más apropiado para la realización de investigaciones de corte teórico. El uso de dicho método permitió establecer un marco teórico conceptual, y analizar desde distintas perspectivas las relaciones interdisciplinarias entre ambos dominios.

Se aplicaron además métodos bibliométricos, y técnicas de visualización basadas en el análisis de redes sociales, para aportar elementos cuantitativos y cualitativos sobre una

muestra objeto de estudio de la producción científica sobre Visualización en el entorno de la Ciencia de la información, cuyos resultados se exponen en el capítulo 5.

Para la obtención de datos utilizados en el estudio métrico, se utilizó como fuente de información primaria la base de datos *Social Sciences Citation Index* (SSCI) disponible en el *Web of Science* (WoS), servicio en línea que brinda el *Institute for Scientific Information* (ISI), actualmente denominado Thomson Institute, radicado en Estados Unidos, donde todos los campos de la ciencia están representados, con una cobertura de más de 8000 títulos de publicaciones seriadas consideradas la corriente principal, escogidas sobre la base de criterios cuantitativos (cantidad de citas que reciben), y seleccionadas según juicio de expertos. El acceso a la base de datos fue posible a través del portal de la Biblioteca Electrónica de la Universidad de Granada. El procesamiento de los datos enfocado al cálculo de distribuciones de frecuencia y la elaboración de matrices cuadradas de co-ocurrencia y cocitación, se apoyó en el programa Bibexcel (Persson, 2006) en su versión del 2009<sup>3</sup>. Para el análisis de redes sociales en distintos niveles, se utilizó el programa Ucinet 6.123 (Borgatti, Everett, & Freeman, 2002), con el que se calcularon propiedades de las redes: *grado*, como indicador de capital social (popularidad) de un nodo; *intermediación*, interpretada como el poder de un nodo (derivado del control sobre el flujo de información) que determina la incorporación de otros a la red; y *cercanía*, para identificar la habilidad de un nodo para acceder a la información con eficacia, directa o indirectamente. La representación y visualización de las redes por medio de grafos se logra, a partir de la información matricial, con la ayuda del programa Netdraw 2.38 y la aplicación del algoritmo Kamada-Kawai. (Kamada & Kawai, 1989)

Por último se realiza un estudio exploratorio sobre la presencia de la Visualización de la Información en los programas académicos de las carreras relacionadas con la Ciencia de la Información, ofrecidas por varias instituciones de la educación superior. Se indaga con especial énfasis en el área de Iberoamérica, valorando la existencia de un enfoque tradicional predominante de la especialidad en la región, la necesidad de fortalecer determinadas competencias tecnológicas, y en concreto obtener elementos que permitan guiar su introducción en la carrera de Ciencias de la información en la Universidad de La Habana, considerando determinados tópicos básicos de estudio.

Las citas y referencias bibliográficas del texto, han sido presentadas con el estilo de la Asociación Psicológica Americana (APA).

---

<sup>3</sup> Disponible en: <http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel/>

## **Fuentes utilizadas**

La bibliografía utilizada para la realización de esta tesis está conformada principalmente por cuatro grupos: El primero, constituido por *proceedings* de eventos relacionados con la Visualización de la información y la HCI, fundamentalmente.

El segundo, por publicaciones periódicas pertenecientes al área de la Ciencia de la Información. Entre las más utilizadas se encuentran, por orden, *Journal of the American Society for Information Science & Technology* (JASIST), *American Documentation*, *Journal of Information Science*, *Journal of Documentation*, *Annual Review of Information Science and Technology* (ARIST), e *Information Processing & Management*.

El tercer grupo está formado por publicaciones que tratan la visualización de la información desde la Computación y otras disciplinas, destacándose *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, *International Journal of Human-Computer Studies*, *Communications of the ACM*, y *Conference on Human Factors in Computing Systems*.

Finalmente, libros con temáticas relacionadas a la Visualización de la Información y la HCI.

## **Novedad del trabajo**

Se brinda un estudio analítico exhaustivo, desde las perspectivas histórica y epistemológica, sobre la disciplina de la Visualización de Información, plataforma relacional de una exploración más profunda en la base intelectual del campo de la Ciencia de la Información. Se ofrece además un acercamiento a los principales tópicos de investigación, los autores, revistas y trabajos que más contribuyen a su desarrollo. Asimismo se elaboran recomendaciones para su inclusión curricular en los espacios formativos de la especialidad de Ciencias de la Información en Cuba.

## **Estructura del documento**

La estructura de esta tesis se divide en dos partes. La primera es la base teórica sobre los fundamentos de la Visualización de la Información. Consta de tres capítulos:

- Capítulo 1, centrado en los antecedentes históricos de la Visualización como disciplina;
- Capítulo 2, analiza los fundamentos de la Visualización como disciplina y sus principales áreas de conocimiento.
- Capítulo 3, donde se presentan las generalidades de la Visualización de la Información para delimitar su alcance. Se revisan los procesos, técnicas y métodos relacionados con la visualización de la información, así como limitaciones y evaluación.

La segunda parte es una aportación teórico-empírica donde se obtienen los resultados fundamentales de la investigación, enfocados en identificar cómo se comporta la investigación sobre la Visualización de la Información en la Ciencia de la Información. Se compone igualmente por tres capítulos:

- Capítulo 4, donde se caracteriza el ámbito de la Ciencia de la Información,
- Capítulo 5, se analiza la relación interdisciplinar mediante la aplicación de métodos bibliométrico al estudio de la producción científica y sobre esta base la visualización de redes sociales para enriquecer el análisis.
- Capítulo 6, se completa el estudio, investigando cómo se aborda la enseñanza sobre Visualización de la Información en la formación universitaria de la Ciencia de la Información en el contexto fundamentalmente iberoamericano. Se realiza además una propuesta de tópicos para la introducción del estudio de este tema en la especialidad de Ciencias de la información en la Universidad de la Habana.

Finalmente, se exponen las Conclusiones generales, líneas futuras de investigación, y las Referencias, con 368 fuentes de información que sustentaron la investigación.

# PARTE I. FUNDAMENTOS DE LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

## CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La historia de la Visualización de la información, según Chen (2006, p. xi), se caracteriza por la búsqueda del *insight*<sup>4</sup> a partir del caos de los datos, con énfasis en dos enfoques: estructura y cambio. Sus antecedentes se pueden encontrar en la historia del desarrollo del conocimiento y del lenguaje visual, estrechamente unido a la influencia de los progresivos avances tecnológicos y científicos, con dos propósitos esenciales: descubrir y explicar.

En los orígenes más remotos, representaciones visuales como pinturas, dibujos, diagramas y mapas eran comunes, básicamente inspiradas en explorar y medir fenómenos de la realidad, en leyendas que culturalmente se creaban, transmitían y enriquecían la imaginación, en la historia natural, o en la invención de artefactos mecánicos. Compartían la finalidad de comunicar ideas y hechos; respondían a conocimientos que el ser humano tenía del mundo, sin basarse en explicaciones científicas o teóricas.

Las primeras construcciones gráficas de interés científico se asocian a datos estadísticos, y se enriquecen en la medida en que se incorpora la geometría como un recurso válido para representar información cada vez más compleja. Su evolución, caracterizada por una continua innovación, ocurre a la par del desarrollo de la ciencia. Beniger y Robyn (1978) identifican cuatro problemas fundamentales para delimitar etapas de desarrollo:

- **Organización espacial (siglos XVII y XVIII):** sustentada en intentos por medir y analizar datos empíricos. A principios del siglo XVII, se compilan y analizan datos numéricos resultantes de la observación del tiempo, la distancia y el espacio fundamentalmente. A finales del siglo XVII y principios del XVIII, éstos se traducen a expresiones gráficas, necesidad que parte del crecimiento de las colecciones de datos en las ciencias físicas, así como en los campos<sup>5</sup> económicos y demográficos. Se destaca la invención de geometría analítica por Descartes en 1637, quien reconoce la importancia del uso de los

---

<sup>4</sup> Véase Chang, Ziemkiewicz, Green & Ribarsky (2009) para un análisis más profundo de este concepto en el ámbito de la Visualización. Entiéndase como un proceso asociado a la creación de conocimiento.

<sup>5</sup> Entendido el campo como el ámbito propio de una actividad o conocimiento

diagramas para la investigación científica (Funkhouser, 1937). La combinación de la cartografía y las habilidades estadísticas producen los primeros mapas de datos.

- **Comparación discreta cuantitativa (siglos XVIII y principios del XIX):** las innovaciones tecnológicas (impresiones a color, litografía) facilitaron la reproducción y creación de imágenes de datos (Pontis, 2007). El creciente volumen de libros con mapas y cuadros estadísticos para el consumo popular obliga a la comparación gráfica. *Joseph Priestley (1733-1804)* elabora en 1765 el primer mapa temporal registrado. Son relevantes las aplicaciones gráficas en la economía, por el político y economista inglés *William Playfair (1759-1823)*, en sus trabajos *The Commercial and Political Atlas* (con primera edición en 1786, y dos ediciones posteriores en 1787 and 1800) y *Statistical Breviary (1801)*. Playfair, consideró las dimensiones espaciales al representar datos cuantitativos y empíricos, creando un nuevo método para el descubrimiento y análisis de tendencias económicas al que llamó “aritmética lineal” (Beniger & Robyn, 1978). Comprendió además que los mapas estadísticos podían ayudar al sistema de procesamiento visual humano, y utilizó de forma intuitiva atributos que soportaban mejor las operaciones cognitivas (Spence, 2006), como el color para diferenciar categorías y figuras similares, y áreas divididas en partes para representar y comparar cantidades. Sus invenciones gráficas contribuyen en gran medida a la introducción y posterior popularidad de los gráficos estadísticos en las ciencias sociales.
- **Distribución continua (siglo XIX):** Se reconoce la utilidad de la representación gráfica en publicaciones científicas relacionadas con fenómenos naturales y sociales. Aparece como motivación importante el estudio de la visualización de datos estadísticos sociales, científicamente construidos por estudiosos de la población. Los análisis demográficos y estadísticos (denominados estadísticas morales: crímenes, suicidios, literatura) comienzan a ser representados gráficamente en cuadros, diagramas y mapas temáticos. Innovaciones en el diseño se manifestaron en la invención de todo tipo de formas gráficas para la visualización de datos, como gráficos de barras y circulares, histogramas, gráficos de línea, líneas de tiempo, mapas de contornos, gráficos isotérmicos, cartogramas, mapas de puntos, entre otros. Se destacan los trabajos del ingeniero civil francés Charles Joseph Minard, considerado pionero de la cartografía temática multidimensional al incorporar diagramas estadísticos y gráficos de barras a mapas cartográficos, y quien fue calificado como el “Playfair de Francia” (Funkhouser, 1937)

- **Distribución y correlación multivariada (finales del siglo XIX):** el creciente número de gráficos estadísticos y de sus consecuentes interpretaciones diversas, provoca un reconocimiento gubernamental, miradas críticas sobre la efectividad y calidad de los métodos, y un primer intento de clasificarlos y estandarizarlos (Fienberg, 1979; Palsky, 1999). El incremento del uso de las estadísticas por el gobierno para disponer de información sobre la población, el comercio y la industria, conduce a que en 1872, el Congreso de los EEUU asigne el primer financiamiento para el tratamiento gráfico de los datos estadísticos. Durante el mismo período, las estadísticas sociales involucran cada vez más la interrelación entre al menos tres aspectos considerados vitales: población, edad y tiempo, encabezando el problema de la distribución y correlación multivariada, y dando paso a los estereogramas como una solución alternativa (Beniger & Robyn, 1978).

En general, parte del incremento exponencial en el uso de gráficos desde los comienzos del siglo XIX, se debe al crecimiento exponencial de la disponibilidad de datos asociados a las ciencias naturales y sociales, y a los avances tecnológicos. En los inicios del siglo XX, la innovación se detiene, los gráficos estadísticos se usan ampliamente para comunicar información, como herramienta para la exploración de datos cuantitativos, y se estandariza su uso por el gobierno, la ciencia, y el comercio (Pontis, 2007). Como hito interesante, a partir de 1912 psicólogos alemanes fundan las bases de la escuela de la psicología *Gestalt*<sup>6</sup>, cuya investigación posterior enfatizó en la organización y estructura de los procesos relacionados con la percepción humana, el aprendizaje y la toma de decisiones. Henry L. Gantt crea en 1917 el llamado cuadro de barras de Gantt para gestionar los tiempos de las actividades en un proyecto, inspirado en las ideas de Frederick Winslow Taylor sobre la administración científica del trabajo, y posiblemente en los métodos gráficos de Priestley y Playfair.

Los cambios en la vida social, política, cultural y económica provocados por el desencadenamiento de la I Guerra Mundial (1914-1919), influyen en una producción masiva de gráficos que sobrevaloran la estética pero descuidan el contenido (Pontis, 2007). Con el advenimiento de la II Guerra Mundial (1939-1945), el interés en los métodos gráficos parece

---

<sup>6</sup> El término *Gestalt* (palabra alemana que quiere decir conjunto, configuración, totalidad o "forma") se refiere a la escuela de psicología que interpreta los fenómenos como unidades organizadas, estructuradas, más que como agregados de distintos datos sensoriales. La *Gestalt*, ha hecho un substancial aporte al estudio del aprendizaje, la memoria, el pensamiento y la personalidad y motivación humanas.

disminuir un poco y se dirige más hacia lo matemático (Beniger & Robyn, 1978). McCulloch y Pitts (1943) presentan la estructura y funcionamiento de la unidad elemental de procesamiento de una red conexionista, antecedente de las investigaciones sobre arquitecturas computacionales con cierta semejanza con las redes neuronales del cerebro. En este período, aparecen también los primeros mapas de dominio descriptivos representando esquemáticamente relaciones entre distintos áreas de conocimiento: se destacan el “primer” mapa de la ciencia, elaborado en 1939 por John D. Bernal, científico irlandés y sociólogo de la ciencia; y el mapa de dominio<sup>7</sup> del químico inglés Ellingham en 1948 (Hook, 2007).

Se destacan además la aparición entre 1943 y 1946 del primer ordenador<sup>8</sup> electrónico, que abre el camino para nuevas experimentaciones gráficas, y las ideas de Bush (1945a) sobre cómo la tecnología podría ayudar a solucionar problemas relacionados con el procesamiento de información en la sociedad de posguerra, con su propuesta hipotética del artefacto denominado *Memex (memory extender)* inspirado en la forma en que nuestro pensamiento organiza y busca información estableciendo conexiones a partir de asociaciones mentales, de gran impacto en posteriores aportes tecnológicos aplicables a las interfaces interactivas (Barnes, 1997), los hipertextos y la recuperación de información (Moreiro, 1998). Aparece además la importante teoría matemática de la información de Shannon (1948), fundamental en la comprensión y análisis de los procesos informativos y comunicativos desde una perspectiva cuantificable y predecible, y donde analiza los elementos fundamentales de la comunicación y sus problemas asociados.

Al finalizar la II Guerra Mundial, los Estados Unidos transfieren todo el potencial científico (desarrollado con fines bélicos) a la sociedad civil, con el fin de asegurar el desarrollo económico y la seguridad militar. El gobierno norteamericano impulsa entonces el desarrollo de las infraestructuras, la organización y la recuperación de la información científica, a través de la *National Science Foundation*, creada en 1950 (Moreiro, 1998).

En las décadas de los años '50 y '60, se establecen los inicios del paradigma cognitivo, destacándose como acontecimientos interesantes las teorías sobre las limitaciones en el procesamiento humano de la información (Miller, 1956); el inicio formal de la Inteligencia Artificial marcado por la conferencia de Dartmouth, organizada por McCarthy en el verano de

---

<sup>7</sup> Ellingham, H. J. T. (1948). Reports and Papers of the Royal Society Scientific Information Conference, Divisions of Natural Science and Technology. 21 June–2 July. London: The Royal Society.

<sup>8</sup> Este término suele sustituirse en algunos países por “computadora” o “computador”, como es el caso Cuba.

1956; el desarrollo de numerosas teorías sobre el tratamiento de la información que junto al uso creciente de las máquinas para el tratamiento de la información potenciaron los estudios ergonómicos y el interés por la interacción entre personas y ordenadores, y contribuyen a que en la Psicología cognitiva se discuta la teoría de similitud funcional entre mente y ordenador, analogía que contribuyó fuertemente al desarrollo posterior del campo.

La Inteligencia Artificial en este período, es una actividad académica poco conocida fuera de los círculos expertos, producto del planteamiento de objetivos muy ambiciosos que no se equiparaban con el desarrollo teórico y tecnológico del momento. Entre los intentos más destacados podemos mencionar el proyecto *Perceptron*, iniciado en 1957 por Frank Rosenblatt<sup>9</sup>, y primer diseño de una red neuronal que imitaba el funcionamiento del ojo humano y clasificaba patrones como parte de un proceso de aprendizaje. (Rosenblatt, 1958)

El escenario intelectual de la segunda mitad del siglo XX estuvo además fuertemente marcado por una dinámica paradigmática que contribuye a que se adopte el enfoque cognitivo en muchas ciencias como plataforma teórica, a la par de numerosos adelantos tecnológicos en el ámbito de la Computación. En particular, la década del 60 se revela como de gran dinámica en gran parte de las comunidades científicas, con múltiples aportes importantes, destacándose:

- La fundación del Instituto para la Información Científica (ISI) por Eugene Garfield en 1960, resulta fundamental para estudios de la ciencia a partir de la literatura científica.
- El surgimiento de la lingüística textual dentro de las aplicaciones lingüísticas en la Documentación. Se comienza a dar importancia al entendimiento de los mecanismos lógico-semánticos inherentes a todo texto y las operaciones de análisis intentan alcanzar sistemas simbólicos de representación (Moreiro, 1998).
- Tukey (1962) introduce el análisis exploratorio de datos (*Exploratory Data Analysis*, EDA), un acercamiento que legitima el análisis de los datos para la generación de hipótesis como una rama independiente a la estadística matemática, y acerca la estadística a la generación de nuevas técnicas computacionales relacionadas con los gráficos y la visualización de los datos.

---

<sup>9</sup> Rosenblatt, psicólogo de la Universidad de Cornell (Ithaca, Nueva York), fue la figura central del conexionismo de los años cincuenta y sesenta. Perceptrón, una máquina conexionista diseñada y estudiada teóricamente por Rosenblatt, fue una de las contribuciones científicas y tecnológicas más importantes de la primera fase del conexionismo.

- Engelbart (1962), influenciado por las ideas de Bush, introduce la noción del *aumento del intelecto del hombre*, como la capacidad de un hombre o mujer para acercarse a una situación problemática compleja, ganando comprensión sobre sus necesidades particulares, y obteniendo soluciones a los problemas. Al año siguiente, explica su teoría del sistema de procesamiento de la información humano partiendo de su sistema de percepción: analiza las categorías de procesos que intervienen (de forma consciente o no), reflexiona sobre el rol de la cultura en el uso de capacidades intelectuales básicas para la resolución de problemas, y categoriza los medios para el sistema de aumento del intelecto en cuatro clases: artefactos, lenguaje, metodología y entrenamiento. Introduce además el término *interfaz hombre-máquina*, al que define como el punto de interacción entre los procesos del ordenador y los procesos humanos, precedente directo de la actual disciplina de la HCI. Desarrolla además la hipótesis de que esta interacción es posible a partir de cuatro etapas en el desarrollo de las capacidades intelectuales humanas (Barnes, 1997): manipulación mental de conceptos y abstracciones, manipulación mental de símbolos (representación mental de conceptos específicos con símbolos particulares), manipulación de símbolos externa manual (incluye representación gráfica y los medios para registrar ideas simbólicamente) y manipulación de símbolos externa automatizada (combinación de la manipulación de símbolos con el lenguaje y la cultura) base de su visión sobre la computación interactiva.
- Ivan Sutherland, concibe en 1963 para su tesis doctoral el *Sketchpad*, la primera interfaz de usuario gráfica, que permitía manipular objetos visibles a través de un lápiz óptico (Sutherland, 2003). Esta propuesta se anticipó a las actuales convenciones de la interacción y constituyó una contribución fundamental al área de la HCI. Shneiderman (1983) la investiga posteriormente a través del concepto de “manipulación directa” (*direct manipulation*) del objeto de interés, como tema central del diseño de la interacción.
- En 1964, Engelbart crea el dispositivo conocido por *mouse* o ratón, el cual unido a la interfaz gráfica de usuario, revolucionó el campo de la informática. (Myers, 1998)
- Garfield, Sher y Torpie (1964) publican una propuesta para el uso del análisis de citas para escribir la historia del DNA, demostrando el potencial de los mapas topológicos en la historia de tópicos científicos. Nótese en la siguiente figura la multidimensionalidad lograda en la representación de este tipo de mapas, tanto en los nodos como en las relaciones.

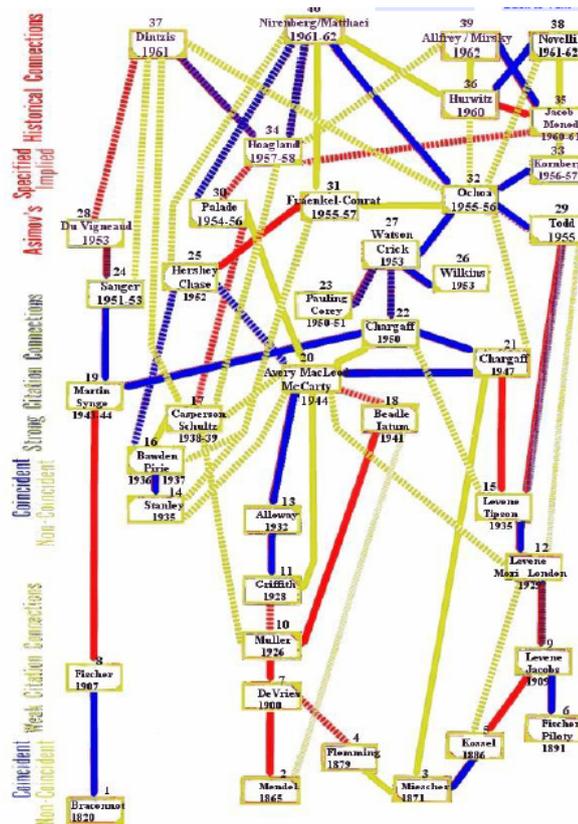


Figura 1. Mapa multidimensional de cocitación (Garfield, 1964)

- En 1965, movido por el afán de crear un sistema electrónico de publicación universal, Ted Nelson idea *Xanadú*, proyecto donde confluyen la visión de Bush, con la dimensión cognitiva de Engelbart. Concibe entonces el hipertexto.
- El cartógrafo francés Bertin (1967) identifica y clasifica los elementos visuales para mostrar datos y relaciones. Su sistema se apoyaba en siete variables visuales: posición, forma, orientación, color, textura, valor y tamaño, combinadas con una semántica visual para enlazar atributos de los datos a elementos visuales. Su teoría de gráficos influencia múltiples comunidades científicas.
- En 1968, Engelbart presenta su invención del mouse y demuestra cómo su sistema interactivo podría enlazar información (Barnes, 1997)
- Quillian (1968) publica su teoría sobre las redes semánticas.

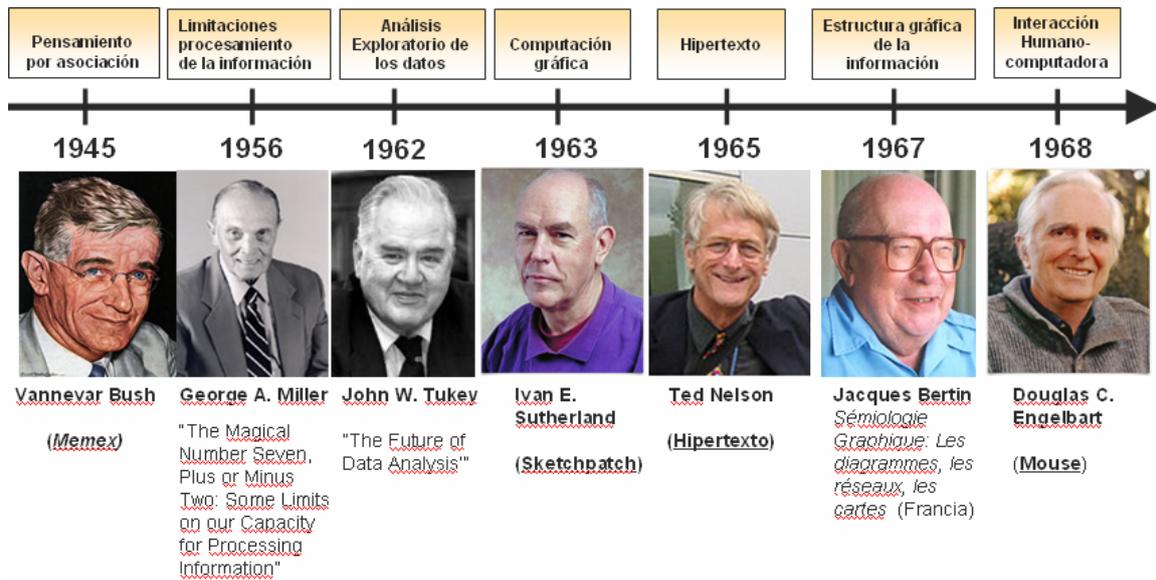


Figura 2. Algunas personalidades e hitos importantes en las décadas del 40-60

A partir de los años '70, el desarrollo de las interfaces como mediadoras destinadas a facilitar la interacción interesa de forma creciente a la Ergonomía Cognitiva<sup>10</sup>, debido a tres factores fundamentales:

1. La rápida evolución de la tecnología en los ordenadores: mejoras en su velocidad, capacidad de memoria y en la resolución de las pantallas, permitieron el desarrollo de las interfaces basadas en caracteres en los años 1960-70, de las interfaces gráficas a finales de los años '70, y de las interfaces multi e hipermedia a mediados de los años '80.
2. La diversidad de usuarios de los sistemas informáticos: personas con edades, sexo, idioma, cultura, entrenamiento, experiencia, habilidades, motivaciones e intereses diferentes, necesitan interfaces más flexibles para el aprendizaje y uso, y más adaptables a un amplio rango de necesidades y expectativas.

<sup>10</sup> Área de la Ergonomía que estudia los procesos mentales, tales como percepción, cognición, memoria, razonamiento y emoción, y cómo afectan las interacciones entre las personas y los productos, los sistemas, y los ambientes. Tomado de: *International Ergonomics Association* (2003) IEA Triennial Report 2000-2003. Recuperado el 23 de mayo del 2007 en: [http://www.iea.cc/browse.php?contID=what\\_is\\_ergonomics](http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics).

3. La intensa competencia del mercado: los productores de *software* están obligados a reducir costos y mantener productos distintivos destinados a mejorar la productividad de los usuarios, con una mayor calidad y menores costos de entrenamiento.

En 1970, se fundan el *Human Sciences and Advanced Technology* (HUSAT) en la Universidad de Loughborough en Gran Bretaña, dedicado a las investigaciones ergonómicas con énfasis en la *Human Computer Interaction* (HCI); y el *Xerox Palo Alto Research Center* (PARC) en EE.UU., para impulsar la tecnología computacional y desarrollar nuevos *hardware*, lenguajes de programación y ambientes de programación. HUSAT se centró en la investigación sobre Ergonomía y consideró los Factores Humanos como factores organizacionales. Por su parte, los investigadores de PARC extendieron los Factores Humanos hacia la “cognición de alto nivel.” (Grudin, 2005)

En esta década, el auge de los sistemas de información geográfica (*Geographic information systems*, GIS) con base en la cartografía tradicional, también hizo aportaciones a la concepción del diseño que posteriormente se concibió en la Visualización de la información y al uso de metáforas visuales con un enfoque geográfico. (Börner, Chen & Boyack, 2003). La Ciencia de la Información comienza además a prestar atención al rol de la interacción y de los factores humanos, en las interfaces de los sistemas de información (McAllister & Bell, 1971; Vallee & Askevold, 1973), así como al mapeo de la estructura de la literatura científica (Small & Griffith, 1974).

A mediados de los años ´70, el interés por los modelos matemáticos en los procesos de recuperación de información se desplaza hacia las representaciones que equiparan los procesos mentales complejos, interactivos y contextuales; se supone que las estructuras de conocimiento cambian gracias a la información, y se comienzan a identificar los procesos mentales con los programas informáticos (Hernández, 2006). La idea principal es que la inteligencia humana se asemeja a la de un ordenador, se homologa la cognición con el procesamiento de datos, y se prioriza el estudio de procesos mentales como la percepción, atención, memoria, lenguaje, razonamiento y representaciones para comprender cómo se desarrollan estos procesos en los seres humanos. Varias disciplinas estudian especialmente los aspectos cualitativos de la interacción en la recuperación de la información (HCI, Inteligencia Artificial, Ciencia Cognitiva, Ciencia de la Información, entre otras), con el fin de facilitar el intercambio de información y la interacción entre ordenadores y personas.

Los inicios de los años '80 fueron determinantes para la futura disciplina de la Visualización, a partir del acercamiento de la HCI a los Factores Humanos y a la Psicología Cognitiva para enriquecer el desarrollo del software interactivo. La *International Business Machines* (IBM) incorpora a varios psicólogos cognitivos en sus grupos de investigación, la mayoría familiarizados con el software interactivo pero no con la investigación en los factores humanos. A la vez, la revista *Communications of the ACM* abre una sección dedicada a los aspectos humanos de la Computación, y el *Special Interest Group on Social and Behavioral Science Computing* (SIGSOC) de la *Association for Computing Machinery* (ACM) amplía su alcance en 1981 para cubrir el diseño y uso del software interactivo, moviéndose hacia el último enfoque en 1982 y adoptando el nombre de *Computer-Human Interaction* (CHI). Aunque en 1983 la *Computer-Human Interaction Conference* (CHI 83) fue coauspiciada por la *Human Factors Society*, esto no vuelve a suceder. Las dudas acerca de los Factores Humanos se hacen evidentes en "*The Psychology of Human-Computer Interaction*" (Card et al., 1983), que introduce la modelación cognitiva y se orienta hacia el comportamiento experto y la reforma de los factores humanos. (Grudin, 2005). En este mismo año, se crea el HCIL (Human-Computer Interaction Lab) de la Universidad de Maryland, con Ben Shneiderman como director.

En 1982, Teuvo Kohonen presenta un modelo de red denominado mapas auto-organizados o SOM (Self-Organizing Maps), basado en ciertas evidencias descubiertas a nivel cerebral (Kohonen, 1982). Este tipo de red neuronal, mediante un aprendizaje no supervisado, ha sido de gran utilidad en el campo del análisis exploratorio de datos, debido a su capacidad de realizar análisis de clusters, representar densidades de probabilidad y proyectar un espacio de alta dimensión sobre otro de dimensión mucho menor.

A la par, Tufte (1983) enriquece los trabajos de Bertin, al elaborar su teoría de los gráficos de datos centrada en maximizar la densidad de la información útil, y cuyas contribuciones posteriores estuvieron destinadas al desarrollo de técnicas estadísticas gráficas. (Börner, Chen & Boyack, 2003).

Desde la segunda mitad de los años '80 se comienza a aceptar que "la mente no es un artefacto destinado a crear un modelo mental del mundo externo", con lo cual el modelado de la mente humana como un sistema de procesamiento de información pierde relevancia. Este cambio se le atribuye a la Ergonomía Cognitiva (Hollnagel, 2001). Como consecuencia, la disciplina de la HCI se acerca en este período a la Ciencia de la Computación y reduce el énfasis en la Ciencia Cognitiva. Surge entonces la ingeniería cognitiva y la ingeniería de

usabilidad, y se desarrolla el enfoque centrado en el usuario y el diseño interactivo basado en prototipos. Fundadores de CHI como Brooks, Curtis, Green, y Shneiderman continuaron las investigaciones sobre la psicología de la programación, rama que da origen en los años '90 a la Visualización de Información. (Grudin, 2005).

La investigación sobre la interacción entre humanos y ordenadores asociada a la recuperación de la información tiene en este período un giro hacia el enfoque cognitivo con énfasis en el estudio de las actividades analíticas orientadas al usuario, asignándose a la representación un rol importante. Ingwersen (1992)

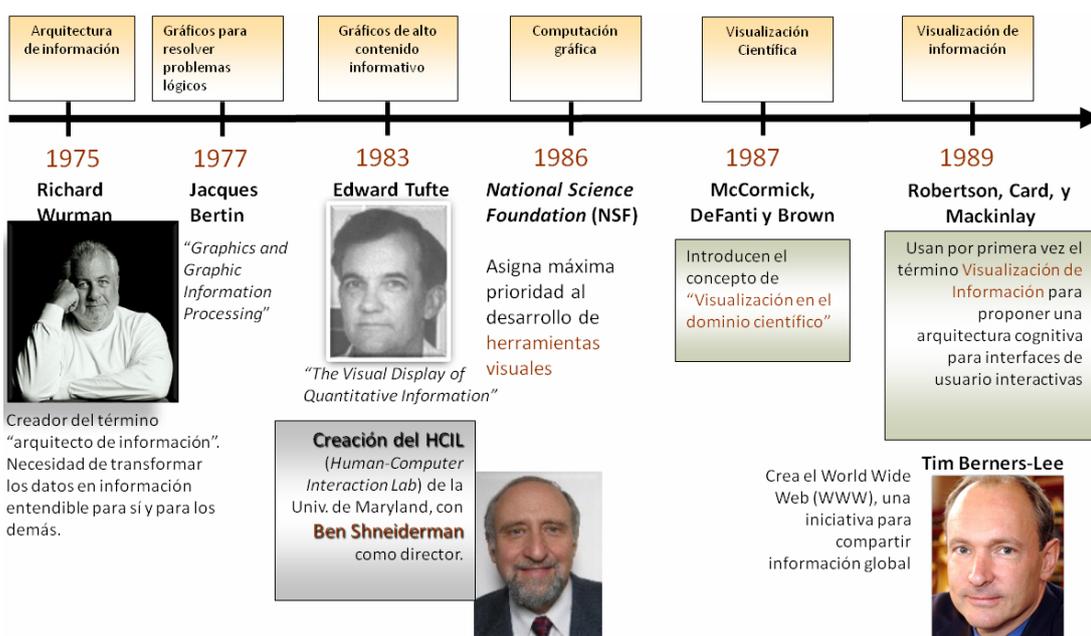


Figura 3. Algunas personalidades e hitos importantes en las décadas del 70-80

En octubre de 1986, la División de Computación Científica Avanzada (*Division of Advanced Scientific Computing, DASC*), de la *National Science Foundation* (NSF) de los EEUU patrocinó una reunión de carácter interdisciplinar para establecer y ordenar prioridades en el desarrollo de herramientas computacionales visuales (incluyendo hardware, software, herramientas de interfaces visuales para gráficos, y técnicas de procesamiento de imágenes) en las instituciones que estaban haciendo computación científica avanzada, particularmente centros de la NSF que venían solicitando fondos para tales desarrollos producto de que las herramientas existentes no satisfacían sus necesidades. De esta reunión se deriva como recomendación el establecimiento de una nueva iniciativa: la Visualización en Informática

Científica, cuyo taller se realiza al año siguiente reuniendo a investigadores de la academia, industria y gobierno. McCormick, Defanti, y Brown (1987) resumen esta iniciativa en un informe donde ilustran cómo en el ámbito de distintas disciplinas científicas, existía un número de tecnologías que constituían fuentes de generación de un gran volumen de datos difícil de analizar, problema al que llamaron el dilema de la información sin interpretación. Tal cuestión imponía la necesidad de tratar con muchos datos, comunicarlos y manejar los cálculos a partir de la interacción con los datos. La alternativa de solución propuesta fue la tecnología de la Visualización, destinada a facilitar a los científicos la integridad del análisis de los datos, provocar una nueva perspectiva de análisis y revelar un nuevo conocimiento que se pudiera comunicar a otros.

Esta iniciativa, consideró a la Visualización como un método informático, que “transforma lo simbólico en geométrico”, y que estudia además los mecanismos en humanos y ordenadores que les permitan percibir, usar y comunicar la información visual. Se interesó no sólo en el dominio de la Visualización sino incorporó además la colección, organización, modelación y representación de los datos (McCormick, Defanti, & Brown, 1987). A partir de este momento, fue considerada una tecnología vital y altamente prometedora para los procesos científicos y, con el apoyo de los avances en la computación gráfica, muchos métodos, técnicas y sistemas fueron desarrollados. En tal sentido, Friedhoff y Benzon (1989) la caracterizaron como la Segunda Revolución de la Computación, porque ha ido más allá del uso convencional de la Computación y se ha expandido hacia el dominio cognitivo.

En este mismo año, Robertson, Card, y Mackinlay (1989) usan por primera vez el término “visualización de Información”, para proponer un dominio de aplicación análogo a la Visualización Científica, donde interfaces con objetos animados bidimensionales y tridimensionales (visualizaciones) se usan para representar la información y sus relaciones estructurales, y permiten la manipulación directa de estos objetos para poder explorar y hacer cambios en la real estructura de la información. Se enfrentaban así a problemáticas inherentes a la interacción que afectan las actividades cognitivas humanas (capacidades y limitaciones) relacionadas con el procesamiento de la información.

Chen (2003, p.30) encuentra los orígenes más recientes de la Visualización de la información en los avances tecnológicos relacionados con los gráficos computacionales, la visualización científica, la recuperación de la información, el hipertexto, los sistemas de información geográficos, la visualización del software, la inteligencia artificial, el análisis multivariado, el análisis de citación, y otros como el análisis de redes sociales.

Siendo consecuencia del acelerado y constante desarrollo tecnológico e informático, el problema de contar con un volumen creciente de información compleja con una difícil interpretación sigue vigente, y mantiene a la Visualización como un importante recurso y ayuda para solucionarla. En diferentes áreas de aplicación y disciplinas científicas, ha adquirido una importancia creciente que no puede dejar de considerarse, con el objetivo de lograr una mejor comprensión de procesos y sus relaciones complejas. Este desarrollo multidisciplinar ha contribuido a la formalización de un campo de investigación distintivo, dedicado a investigar los procesos de visualización, así como sus reglas y principios.

## ***Conclusiones parciales***

- Los antecedentes de la Visualización de la Información revelan una necesidad humana de buscar constantemente cambios en la representación gráfica, en estrecha relación con los avances escalonados del conocimiento científico y los desarrollos tecnológicos, con distintas influencias socio-culturales pertenecientes a cada momento histórico particular.
- La Estadística, la Cartografía y una tradición esquemática, brindaron los primeros aportes a los gráficos de datos, con la medición y comparación como motivaciones importantes.
- En los siglos XVIII y XIX, se desarrolla y populariza el método gráfico, las representaciones gráficas se diversifican y experimentan una explosión de creatividad. Los intereses fundamentales se dirigen hacia el análisis de datos económicos y sociales, siendo relevante el reconocimiento de abstracciones como la línea y el área para representar datos visualmente.
- En el siglo XX la gestación de nuevas ideas y el desarrollo de las tecnologías permiten explorar nuevas posibilidades representativas, se organizan los elementos visuales y perceptuales, se desarrollan nuevas herramientas interactivas para la manipulación directa de los gráficos.
- El desarrollo de la computación y de las tecnologías de comunicación, acompañado por el consecuente crecimiento significativo de los datos, la información y el conocimiento, contribuyeron al renacimiento de los gráficos. La teoría de gráficos desarrollada por Bertin y Tufte, así como al análisis exploratorio de los datos de Tukey, fortalecen desde otras perspectivas los aportes teóricos más importantes.
- Más allá de la indiscutible influencia de la Computación y la Inteligencia artificial, deben también considerarse las contribuciones al desarrollo interdisciplinar de la tecnología de la visualización, de comunidades asociadas al estudio de los sistemas de Información geográficos, la HCI, la Ergonomía cognitiva y la Ciencia de la Información.
- La iniciativa de la Visualización Científica a partir del interés por desarrollar la tecnología de la Visualización con énfasis en la interacción, condujo a la creación de la disciplina de la Visualización de la Información, con un alcance que se ha extendido rápidamente a múltiples áreas de aplicación y disciplinas científicas.

## **CAPÍTULO 2. LA VISUALIZACIÓN COMO DISCIPLINA**

Como se ha visto, la Visualización no es algo nuevo, ha sido una parte integral de la investigación del hombre sobre el mundo y en cualquier esfuerzo que implique comprender, analizar y explicar fenómenos de la vida cotidiana, fundamentada en procesos de abstracción del ser humano. En general, las experiencias registradas por la historia, muestran que se ha acudido a las invenciones gráficas con distintos propósitos: comunicar, crear o descubrir ideas a partir de la percepción visual; resolver problemas lógicos; o como importantes ayudas externas para incrementar la memoria, el pensamiento y el razonamiento (Norman, 1993)

La creación contemporánea de múltiples herramientas innovadoras para apoyar la visualización con múltiples fines, aplicando el desarrollo científico y tecnológico proveniente de distintas disciplinas, ha contribuido a un renacimiento de representaciones gráficas asociado al desarrollo de interfaces interactivas. En particular, en el ámbito científico, visualizaciones de fenómenos científicos e información compleja se han hecho particularmente útiles para la educación, adiestramiento y análisis más profundos. Su amplia aplicabilidad, y reconocida importancia en distintos contextos ha asegurado la conformación y amplio crecimiento de una comunidad científica propia, que a su vez tributa con sus aportes al desarrollo de otras disciplinas.

### ***2.1. Perspectivas de la Visualización***

Como fenómeno humano, la Visualización ha sido estudiada por estudiosos provenientes de múltiples campos, lo que ha contribuido a la conformación de un marco teórico-práctico amplio.

El particular interés que le otorgó la comunidad de la Computación, la generación creciente de herramientas tecnológicas asociadas, la definición de principios efectivos para la representación gráfica de los datos, y una creciente expansión de técnicas de Visualización en distintos ámbitos de aplicación, ha posibilitado el desarrollo de una diversidad de perspectivas analíticas, destacándose, en general, tres estrechamente relacionadas: cognitiva, comunicacional, y tecnológica. A continuación, se describen brevemente cada una de ellas.

### **2.1.1. Perspectiva cognitiva**

Se apoya en la Psicología Cognitiva para analizar el sistema humano de la visión, esencialmente la percepción y procesamiento, y justificar las posibilidades de la visualización para ampliar el entendimiento. Como ejemplo, se destacan las argumentaciones teóricas de Ware (2004), acerca de la capacidad del ojo humano para procesar muchas señales visuales simultáneamente, cómo la visualización puede extender y reforzar distintas partes de la memoria activa (icónica, de trabajo, y a largo plazo) de formas diferentes, cómo las ayudas visuales ayudan a identificar patrones que podrían estar invisibles si no se presentan de ciertas formas, y cómo el diseño de visualizaciones efectivas se relaciona con la comprensión de la percepción visual.

La visualización se considera una condición biológica del ser humano, que desencadena inferencias espaciales y decisiones con el apoyo de asociaciones metafóricas, considerando una experiencia que se refina constantemente con el incremento de habilidades. El reconocimiento de las limitaciones de las capacidades visuales y cognitivas humanas para el procesamiento de la información cada vez más compleja, conducen a continuos análisis que buscan cómo desarrollarlas y ampliarlas con distintas ayudas externas.

En tal sentido, se crean frecuentemente representaciones visuales para apoyar distintas actividades, con la finalidad de comprender las relaciones que éstas establecen en el contexto en que se desarrollan, y ayudar a la comprensión del mundo externo a partir del pensamiento y el razonamiento. Esta noción es conocida como *cognición externa* (Scaife & Rogers, 1996), donde la *cognición* es entendida como la adquisición y/o uso del conocimiento.

Las ayudas externas para la cognición se suelen sustentar en adecuadas representaciones visuales de un problema y en su manipulación interactiva (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999, p.7). Spence (2001) apunta que la Visualización es una actividad cognitiva humana relacionada con la formación de un modelo o imagen mental de algo, apoyándose en una clásica definición: “la formación de imágenes visuales mentales, el acto o proceso de interpretar en términos visuales o de poner en una forma visual” (Owen, 1999); y aclara que puede, por tanto, involucrar otros sentidos (sonido, tacto, por ejemplo), además de los visuales.

Por su parte, Ware (2004) la define como una representación gráfica de datos o conceptos que puede, a partir del hecho de ser una construcción interna de la mente, convertirse en un artefacto externo que soporte la toma de decisiones, lo cual refuerza el rol de las herramientas de la Visualización como ayudas cognitivas externas, apoyándose en:

- una estructura visual y en un conjunto de símbolos,

- el hecho de que “es posible tener una estructura de conceptos más compleja representada externamente en un despliegue visual que puede apoyarse en los recuerdos activos visuales y verbales”,
- las personas con herramientas cognoscitivas piensan de manera más eficaz que aquellas que no las tienen, y por tanto, las herramientas basadas en ordenadores con interfaces visuales pueden ser sistemas cognoscitivos más poderosos y flexibles.

Buttenfield y Mackaness (1991) consideraron a la Visualización como el proceso de representar información como una vista general de un todo<sup>11</sup>, con el propósito de reconocer, comunicar e interpretar patrones y estructuras. Sostienen además que su dominio abarca aspectos computacionales, cognitivos y mecánicos relacionados con generar, organizar, manipular y comprender tales representaciones. Éstas pueden ser simbólicas, gráficas o icónicas, y deben diferenciarse de otras formas de expresión (textuales o verbales), en virtud de su formato sintético<sup>12</sup> y con una serie de propiedades o reglas del proceso perceptivo formalizadas por la psicología de la *Gestalt*, apoyándose en las ideas siguientes (Chen, 2003, p.28):

- La percepción es a menudo diferente de la realidad
- El todo es más que la suma de las partes
- El organismo estructura y organiza la experiencia

Las visualizaciones pues apoyan el sistema cognitivo del usuario, pueden potenciar procesos humanos automáticos para el reconocimiento de patrones (Ware, 2004), apoyar los procesos de apoyo al aprendizaje (Mayer, 2001) y, a partir de representaciones externas, revelar estructuras inherentes al conocimiento (de un individuo, y de grandes cantidades de información), para ayudar a otras personas a adquirir un nuevo conocimiento.

### **2.1.2. Perspectiva tecnológica**

Con raíces fundamentales en el desarrollo de las tecnologías computacionales y en las investigaciones de la HCI, la dimensión tecnológica de la Visualización se ha desarrollado teniendo en cuenta un amplio rango de contextos de aplicación, como medicina, ciencia, ingeniería, educación, seguridad, finanzas, comunicación, entre otros. Brodlie, Duce, Gallop,

---

<sup>11</sup> El término original utilizado es “*synoptically*”, que significa proporcionar una vista general de un todo. Tomado de: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/synoptically>

<sup>12</sup> “*synoptic*” en el texto original

Walton y Wood (2004), desde el ámbito de la Computación, consideran a la Visualización como una herramienta poderosa para analizar datos y presentar resultados en un amplio rango de disciplinas, destacando su significación como medio de comunicación en distintos contextos. Card, McKinlay y Schneiderman (1999) la definen como el uso de representaciones de datos visuales, interactivas, soportadas por el ordenador, para amplificar la cognición, entendiendo esta última como la adquisición o uso del conocimiento.

En tal sentido, las distintas investigaciones incluyen un amplio conjunto de técnicas o métodos para presentar los datos con distintos propósitos. Tratan múltiples temas: cómo usar de manera más fácil innovadoras herramientas; el entrenamiento y la experiencia requeridos en cada caso; el diseño de nuevas representaciones que respondan de forma efectiva a la creciente complejidad y multidimensionalidad de la información en distintos dominios; el análisis de distintos niveles de interacción, exploración y percepción en el descubrimiento de nuevos conocimientos; criterios para la evaluación y adecuación de sistemas de visualización; y la integración con otras herramientas y técnicas provenientes de otras disciplinas, tales como la estadística, la minería de datos, y el procesamiento de imágenes, para facilitar el análisis desde perspectivas cuantitativas y cualitativas.

Kosara (2007) nombra a la Visualización con esta perspectiva, *visualización pragmática*, entendida como la aplicación técnica de la Visualización para explorar, analizar o presentar información de forma que permita al usuario comprender completamente los datos con eficiencia visual<sup>13</sup>.

### **2.1.3. Perspectiva comunicacional**

Además de extender la memoria activa, considera a la visualización una ayuda eficaz para comunicar ideas. Costa (1998) afirma que visualizar no es un resultado implícito en el acto de ver, sino la transformación de datos abstractos y fenómenos complejos de la realidad en mensajes visibles, que permitan comprender el sentido oculto de la información asociada a datos y fenómenos directamente inaprehensibles. Apunta además, que es un hecho de comunicación que ocurre tanto como proceso como resultado, cristalizado en un acto de transferencia de conocimientos que normalmente no están a nuestro alcance.

Sin embargo, es importante aclarar que en ocasiones una Visualización sola no puede proporcionar las pistas suficientes para el entendimiento de los usuarios, particularmente en lo

---

<sup>13</sup> La eficiencia visual es un criterio que busca que el usuario comprenda la visualización de forma rápida y con el menor esfuerzo posible.

que respecta a temas complejos. A menudo, la semántica visual debe complementarse con los recursos verbales para ayudar a los usuarios a comprender totalmente el significado de una Visualización. Johnson, Moorehead, Munzner, Pfister, Rheingans y Yoo (2006) aclaran la necesidad de distinguir entre el sustantivo *visualización*, que se refiere a una exhibición del despliegue de la información visual, y el verbo *visualizar*, referido al proceso de cómo los humanos usan este despliegue. Esto nos permitiría identificar con mayor precisión cómo la visualización potencia el *insight* o comprensión intuitiva, que desencadene un pensamiento analítico y por ende una toma de decisiones efectiva.

En general esta perspectiva se centra en cómo comunicar y diseminar conceptos en distintos dominios con efectividad, a través de nuevos productos visuales, el diseño gráfico y las herramientas de visualización. Kosara (2007) incluye bajo este enfoque la llamada *Visualización artística*, la cual tiene el interés de comunicar un asunto o de probar la existencia de un hecho, y no de mostrar los datos. Ejemplos podrían ser la visualización de la música, o del tráfico a través de redes en distintos ambientes.

## **2.2. La Visualización: una disciplina científica**

Dentro de la comunidad científica de la Visualización, algunos autores han intentado determinar si considerar este campo como una disciplina científica en incluso como una ciencia. Algunos de sus argumentos se exponen a continuación.

Buttenfield y Mackaness (1991) analizaron el alcance y complejidad del dominio de la Visualización en función de las disciplinas de aplicación. A partir de la representación que muestra la figura que sigue, infieren la presencia del aporte de distintas áreas de investigación, de conceptos, métodos y técnicas en función de las distintas transformaciones computacionales, cognitivas y mecánicas para convertir representar espacialmente a la información. Nótese que, en particular, las acciones mencionadas en los arcos de relación, tienen una especial presencia en la Ciencia de la Información, las Ciencias Cognitivas y la Ciencia de la Computación.

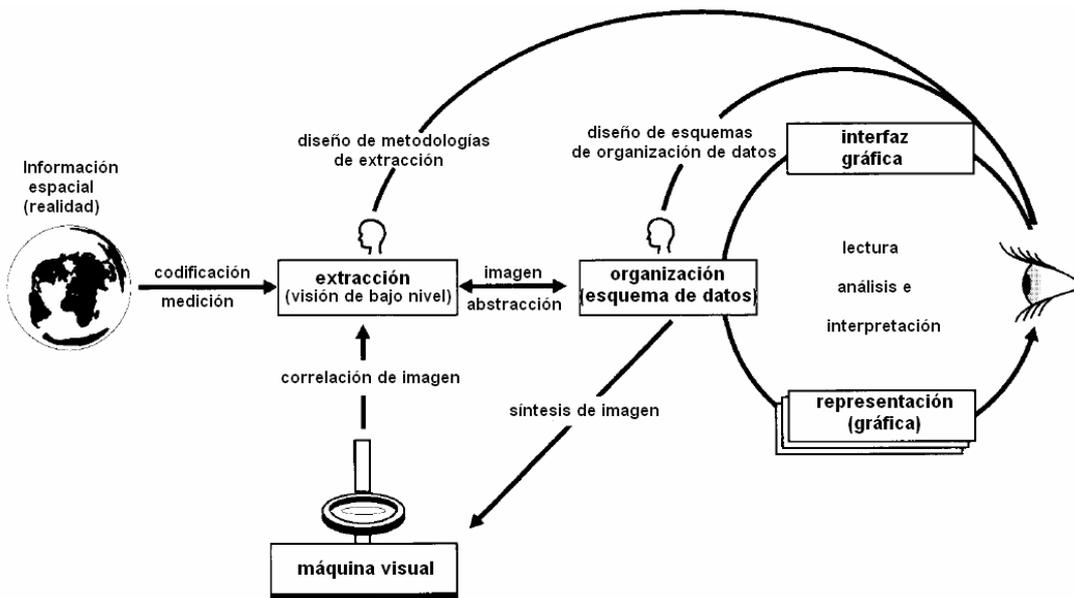


Figura 4. Disciplinas interrelacionadas en la investigación sobre visualización, según Buttenfield y Mackaness (1991)

Bertoline (1998) afirma la existencia de una ciencia visual, a la que define como aquella que estudia el efecto de producir imágenes en la mente, y sostiene que tiene una naturaleza interdisciplinar, donde el estudio de los gráficos, la ciencia de la computación y la psicología cognitiva tienen aportes fundamentales.

Kosara (Jankun-Kelly, Kosara, Kindlmann, North, Ware & Bethel, 2006) defiende la necesidad de establecer la existencia de una ciencia de la visualización, aunque sostiene que no será una ciencia “dura” por cuanto necesita del aporte de muchas ciencias diferentes, entre las que se puede mencionar de manera más obvia, los gráficos computacionales, la estadística, y la psicología cognitiva. Menciona además, como ejemplo de la diversidad y complejidad de su naturaleza, a ramas científicas posibles como la semiótica de la visualización, la estética de la visualización, la filosofía de la visualización, y la comunicación de la visualización, entre muchas posibles. Se puede pues analizar a la Visualización como una ciencia del comportamiento.

North (Jankun-Kelly et al. 2006) afirma que una ciencia de la visualización debería establecer métodos de medición y modelos que guíen el propósito fundamental y los objetivos de la visualización. Ambos aspectos están interrelacionados y sostiene que para avanzar en esta ciencia, es necesario primero invertir en investigaciones significativas en el desarrollo de

innovadores métodos de medición del *insight*, cuya obtención se considera la meta fundamental.

Ware (Jankun-Kelly et al. 2006), sostiene que aún no existen métodos suficientes que hagan de la visualización una ciencia, y afirma que es una disciplina científica emergente de las ciencias cognitivas, que se cruza con otros campos diferentes.

Por su parte, Van Wijk (2006), defiende a la visualización como disciplina científica, y sostiene que por tanto, ésta debe aportar un conjunto coherente de teorías, leyes y modelos que describen un rango amplio del fenómeno que estudia. Considera que cuenta en la actualidad con el desarrollo de muchas técnicas y algoritmos, aunque aún pocos conceptos y teorías debido a la complejidad de las diferentes perspectivas que se deben considerar: el punto de vista de los datos, las distintas soluciones propuestas a partir del incremento de conocimiento, las tareas que se realicen, el propósito o disciplina para la que se aplique, las imágenes en sí mismas, o aspectos tales como percepción y exploración. Recomienda además profundizar en los acercamientos descriptivos como el análisis de métodos y categorías, donde existe una serie de propuestas de taxonomías para mostrar cómo se relacionan y difieren unos de otros; en tal sentido plantea la necesidad de desarrollar taxonomías relacionadas con los diferentes tipos de conocimiento que son relevantes y útiles para el usuario final, y desarrollar una ontología de la visualización que proporcione unas bases más rigurosas a este campo.

Asimismo, este autor afirma que es importante investigar sobre la evaluación y la validación de diferentes métodos y técnicas que permitan medir y analizar adecuadamente las diferentes dimensiones de los fenómenos representados y estudiados. En tal sentido, valora el aporte de la investigación de los factores humanos en la visualización. Insiste además en la obtención de resultados genéricos (modelos y leyes) que permitan predecir el comportamiento del desempeño de determinadas propuestas, en el estudio de aspectos metodológicos que permitan orientar cómo diseñar las visualizaciones, y en cómo medir y evaluar la efectividad de varias soluciones y el valor de la visualización en general.

Erbacher (2007) analiza la naturaleza interdisciplinar de la investigación sobre Visualización, al afirmar que se necesita la integración de aportes de dominios como:

- Ciencia de la Computación y Ciencia de la Información, determinan la factibilidad de implementar las técnicas diseñadas, la representatividad de los parámetros de los datos, la retroalimentación con otros dominios, etc.
- Matemática y Estadística: aportan algoritmos asociados a las técnicas de visualización fundamentales

- Arte y Arquitectura, contribuyen fundamentalmente en diseño y estética
- Psicología Cognitiva, ayuda en el estudio de la percepción, identificando reglas intrínsecas al diseño de una buena visualización considerando la perspectiva humana,
- Expertos de dominio, identifican el tipo de visualizaciones que se necesita, así como la presentación, exploración análisis o síntesis

Por otra parte, Johnson et al. (2006) afirman que los avances de la Visualización, conducen al avance en aquellas disciplinas que en número creciente encuentra espacios de aplicación, enfocándose a ayudar a las personas a explorar o explicar los datos a través de sistemas de software que proporcionan representaciones visuales estáticas o interactivas; y extiende su utilidad integrándose además con otras técnicas y herramientas analíticas de otras disciplinas, como la estadística, la minería de datos (data mining), KDD (Knowledge Discovery in Databases)<sup>14</sup>, y el procesamiento de imágenes, para facilitar el análisis tanto desde una perspectiva cuantitativa como de una cualitativa.

Lo cierto es que, aunque no existe consenso, en general se acepta que a la Visualización como disciplina científica, puesto que se puede afirmar que tiene éste una comunidad académica asociada, un conjunto de modelos, métodos, principios, y prácticas aceptados desde distintas perspectivas y que sirven de referencia de forma generalizada, cuenta además con propuestas tecnológicas innovadoras que impulsan su desarrollo, y una serie de ramas o sub-disciplinas que se desarrollan en función de distintos dominios de aplicación, soportadas además por distintos cursos asociados que desde las universidades enriquecen su desarrollo. Por tanto, puede afirmarse que constituye una disciplina científica en evolución, dinámica, cambiante y experimentadora.

### 2.3. Modelos de Visualización

Un modelo es una abstracción de la realidad, una vía para comprender y solucionar problemas. Modelar un objeto de estudio conlleva “idear, diseñar y representar en el orden teórico, el conjunto de los elementos que se conciben y lo esencial de las relaciones entre

---

<sup>14</sup> *Data Mining* es un término genérico que engloba resultados de investigación, técnicas y herramientas usadas para extraer información útil de grandes bases de datos. Los algoritmos de Data Mining se enmarcan en el proceso completo de extracción de información conocido como KDD (*Knowledge Discovery in Databases*), que se ha definido como la extracción no trivial de información potencialmente útil a partir de un gran volumen de datos en el cual la información está implícita (aunque no se conoce previamente). KDD trata de interpretar grandes cantidades de datos y encontrar relaciones o patrones.

ellos. (...) Es siempre una mediación con la que se trata de hacer un conjunto de razonamientos que permitan interpretar el fenómeno que se está estudiando". No existe un modelo único, lo más que puede suceder es que sea útil y tenga vigencia un tiempo, pero es ajustable y no definitivo. (García & Baeza, 1996).

Butler, Almond, Bergeron, Brodlie y Haber (1993) analizaron algunas problemáticas en torno a la necesidad de contar con un modelo de referencia de la Visualización que permita, tanto a investigadores como a usuarios, analizar el conocimiento y las prácticas de este campo e identificar principios básicos y conceptos esenciales. Mencionaron entre los problemas a considerar su novedad y multidisciplinariedad, la esencia informacional del objeto o entidad a representar, la importancia de los objetivos de la aplicación determinados por el usuario, y la extracción y representación de los datos. En relación con las tareas orientadas por el usuario, consideraron tres categorías:

- Visualización *descriptiva*, cuando se conoce el fenómeno representado por los datos, pero el usuario necesita presentar (usualmente a otros), una verificación visual clara del mismo. Tiene pues un propósito comunicativo esencial.
- Visualización *analítica*, o búsqueda dirigida, como el proceso que seguimos cuando conocemos qué es lo que estamos buscando en los datos y la visualización nos ayuda a determinar si está presente.
- Visualización *exploratoria*, o búsqueda indirecta, cuando no conocemos lo que estamos buscando y la visualización nos ayuda a comprender la naturaleza de los datos demostrando sus patrones de comportamiento.

En tal sentido, afirmaron que un modelo de referencia de Visualización debe abarcar las necesidades de estos tres grandes objetivos, y representar un alto nivel conceptual funcional de abstracción de forma concreta.

MacEachren y Taylor (1994), mencionan las siguientes tareas u objetivos del usuario asociadas a la visualización:

- Presentación: para el descubrimiento de información en una forma significativa.
- Análisis: para ayudar en determinar el significado de un conjunto de datos particular
- Exploración: cuando se desconocen los detalles básicos de un conjunto de datos y los usuarios no conocen qué observar en particular, ayuda a descubrir anomalías, tendencias, etc., dentro de un conjunto de datos.

- Síntesis: Brinda una forma de fusión de los datos visuales, crítica para correlacionar conjuntos de datos e identificar significado basado en las interrelaciones.

Jankun-Kelly et al. (2006) afirma que para comprender la Visualización, es recomendable analizarla a partir de responder a tres preguntas claves: cómo se crea la visualización, qué sucede durante la visualización, y qué beneficio recibió el usuario o qué lo motivó para trabajar con la visualización. Estas preguntas sugieren tres tipos de modelos básicos:

- Modelo de transformación para describir el método de la visualización
- Modelo de exploración: para describir el uso de la visualización
- Modelo de diseño: para predecir/medir el éxito de un método o sesión de una visualización

Existen múltiples propuestas de modelos de Visualización desde distintas disciplinas (HCI, Psicología cognitiva, Ciencia de la Computación, entre otras), cuya complejidad ha ido variando en función del desarrollo del campo. En general, suelen partir de la adquisición de datos a partir de una realidad, que posteriormente sufren una serie de transformaciones para lograr una representación visual que pueda ser percibida por el ser humano. Para ilustrarlo se han escogido tres propuestas temporales de diferentes estudiosos del tema, considerando su generalidad, simplicidad, y la similitud en los procesos de transformación esenciales, mencionados con frecuencia como prácticas más aceptadas por la comunidad científica del campo.

### **2.3.1. Modelo de Owen**

Owen (1999), considera a la Visualización como un proceso de mapeo que va desde representaciones automáticas hasta representaciones perceptuales, por medio de técnicas de codificación utilizadas para maximizar la comprensión y la comunicación humanas, proceso que se muestra de forma simple en la figura que sigue:

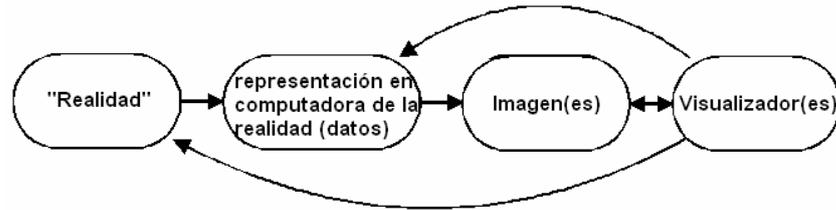


Figura 5. Modelo de visualización de Owen (1999)

En este modelo se sugiere que el usuario, desarrolla su percepción a partir de una comparación entre su “realidad” y la representación que, con la ayuda del ordenador, se genera a partir de los datos. El usuario “visualiza” a partir de interactuar con las imágenes generadas, y con las representaciones parciales de los datos considerando a la realidad de la que se parte. Tal vez el proceso más claro sea el de la interacción, reflejado a partir de las relaciones con la realidad, la representación y las imágenes generadas. No obstante le da poca importancia a los datos y sus transformaciones, así como al acto de crear un nuevo conocimiento.

### **2.3.2. Modelo de Ware**

Ware (2004), le da mayor importancia a la participación del usuario a partir de sus capacidades cognitivas, y plantea que la Visualización es un proceso altamente interactivo, que puede describirse a través de cuatro etapas fundamentales:

1. Colección y almacenamiento de los datos
2. Pre-procesamiento diseñado para transformar los datos en algo que pueda ser entendido
3. Producir una imagen en pantalla a partir del hardware y los algoritmos gráficos
4. El sistema perceptual y cognitivo humano (el perceptor)

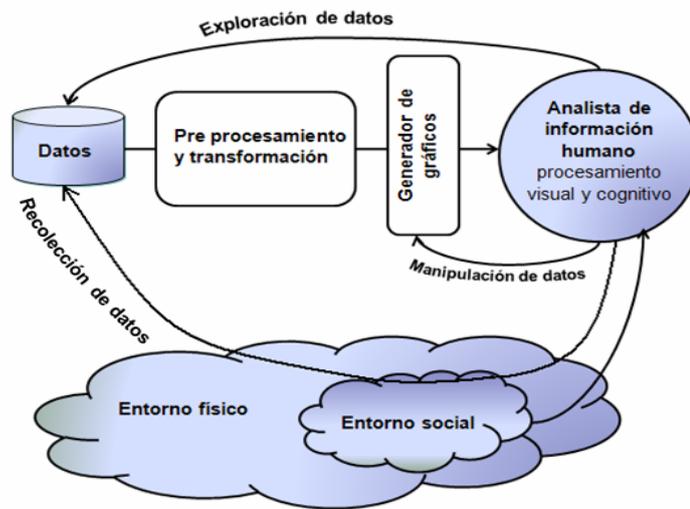


Figura 6. Modelo de visualización, adaptado de Ware (2004)

En este modelo se representan las transformaciones, la exploración y, con mayor importancia, el análisis, en función de que el usuario no sólo visualiza, sino que además ejerce un rol de analista de la información, que realiza a partir de la manipulación de los datos (interacción) en la imagen gráfica, considerando su experiencia de acuerdo al contexto en que se desarrolla, y desarrollando el procesamiento visual y cognitivo. En este caso, el entorno físico es la fuente de los datos, y el entorno social determina la forma en que los datos se colectan y cómo se interpretan.

### 2.3.3. Modelo de Van Wijk

El modelo genérico de Visualización de Van Wijk (2006), más complejo que los anteriores, describe el contexto en que la visualización opera.

El proceso central es la Visualización (V), los datos (D) se transforman de acuerdo a la especificación (S), la imagen (I) es percibida por el usuario, con un incremento en conocimiento (K) como resultado. Los círculos denotan procesos que transforman entradas en salidas (visualización, percepción, exploración), y los cuadros denotan contenedores (Figura 7). Concede además especial importancia a las exploraciones interactivas de la imagen visualizada, para obtener un nuevo conocimiento: a partir de una especificación inicial  $S_0$ , el usuario puede cambiar la especificación de la visualización a partir de una imagen  $I$ , que es percibida por un usuario (con un conocimiento inicial  $K_0$ ), el cual obtiene un incremento del

conocimiento  $K$  como resultado.  $K(t)$  es la suma del conocimiento inicial ( $K_0$ ) y todo el conocimiento ganado a partir de las imágenes vistas, y  $S(t)$  representa los continuos cambios en la especificación que realiza el usuario a partir del conocimiento que va adquiriendo al explorar los datos. La cantidad del conocimiento obtenido depende de tres factores esenciales: la imagen, el conocimiento actual del usuario, y las habilidades perceptuales y cognitivas del mismo.

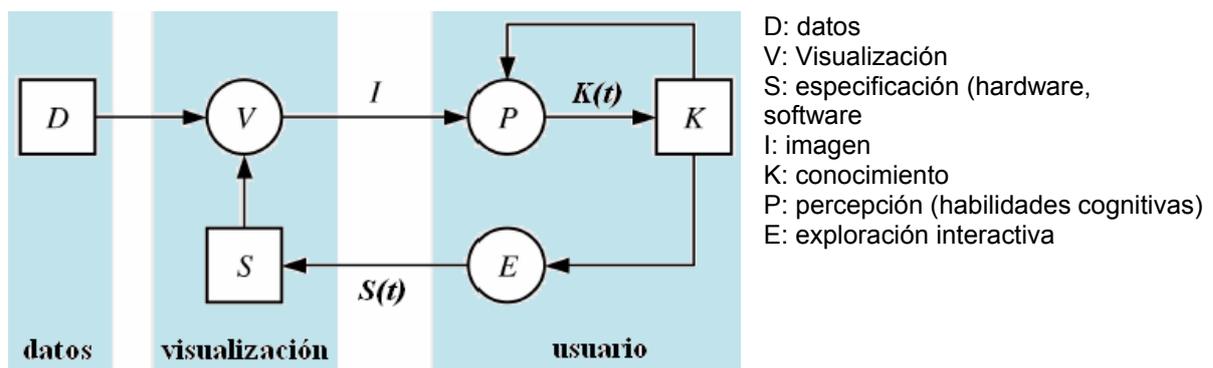


Figura 7. Modelo de visualización, adaptado de Van Wijk (2006)

El modelo se complementa además con los principios propuestos por Araya (2003), quien los elaboró apoyándose en el propósito fundamental de la Visualización, ilustrado en la introducción de Card, McKinlay y Schneiderman (1999) como el “uso de la visión para pensar” (donde se considera al pensamiento como un elemento crucial para la cognición, entendiéndose como que la visualización es una de las formas de pensamiento), y en la investigación realizada por Friedhoff y Benzon (1989). Los principios se relacionan a continuación, así como su correspondencia con el modelo de Van Wijk (2006):

1. *Principio de pensamiento con visualizaciones*: orientado a “refrescar” un pensamiento que es asistido, mediado, y llevado a cabo a través de la interacción con visualizaciones en un “espacio” soportado por el ordenador (en el modelo de arriba, primera iteración que a partir de la percepción sobre la imagen visualizada, implica una adquisición de conocimiento)
2. *Principio de fusión*: noción de que las capacidades cognitivas pueden ser amplificadas y aumentadas a través de la integración, e incluso, la fusión de humanos y

ordenadores a través del uso de visualizaciones interactivas (en el modelo se visualiza a través de la exploración interactiva)

3. *Transformación del principio de pensamiento* o principio de la posible transformación del pensamiento por el uso de visualizaciones: posibilidad de que usando visualizaciones interactivas con propiedades que puedan activar procesos visuales pre-conscientes que desencadene un nuevo pensamiento (en el modelo, nuevas iteraciones a partir del *insight* obtenido con la finalidad de mejorar el análisis, la interpretación, y por tanto incrementar la cognición).
4. *Principio de objetivación*: orientado a hacer visible lo que no es
5. *Principio del naturalismo*: complementario al anterior, se esfuerza en dar un alto grado de realismo al resultado visualizado.

Los principios 4 y 5 se corresponden con el descubrimiento de un conocimiento oculto y con garantizar los objetivos del usuario en las tareas de interacción que emprende, en la búsqueda de una comprensión mayor. Se complementan además con la segunda etapa del modelo de Ware.

#### **2.3.4. Modelo de Williams, Sochats y Morse**

Estos autores basan su modelo en un análisis racional de un proceso de visualización genérico (Figura 2.5). Lo describen a partir de un conjunto de *datos* que se *modelan* usando un *sistema* automatizado, y se presentan a través de una *interfaz* a un *usuario*, el cual evalúa su *utilidad* en función del logro de sus objetivos establecidos en los marcos de los límites que establece su cultura comunicativa o el contexto en que se desarrolla (Williams, Sochats & Morse, 1995).

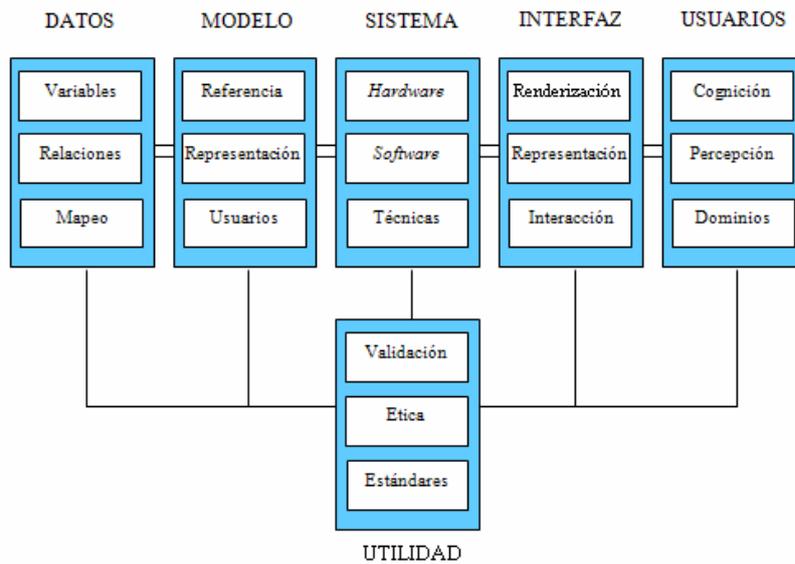


Figura 8. Modelo de visualización de Williams, Sochats y Morse (1995)

Cada uno de estos seis componentes principales, está formado por tres elementos más específicos, resumidos en la tabla que sigue:

Componente	Descripción	Elementos que la integran
<b>Datos</b>	Material crudo de la visualización, procedente de distintas fuentes (naturaleza, experimentos de laboratorio, simulaciones o abstracciones generadas por humanos o máquinas)	Representan <i>variables</i> seleccionadas, <i>relaciones</i> y valores de los objetos y procesos que se visualizan El <i>mapeo</i> de los datos a construcciones geométricas necesita de una previa definición del tipo y estructura de los datos, con métodos provenientes de la Ciencia de la computación
<b>Modelo</b>	Abstracción que describe un objeto o procesos, sus componentes y conductas, interacciones e interfaces par un proceso	<i>Modelo de referencia</i> , para estandarizar terminología, componentes principales y restricciones y limitaciones <i>Modelo de dato</i> , que incluya descripción genérica de los tipos de datos y su semántica para un amplio rango de aplicaciones <i>Modelo de usuario</i> , basado en los dominios de aplicación, los tipos de herramientas visualización necesarias, los métodos para utilizarlas, y su nivel de experiencia informática. Mencionan además: <i>Modelo de tiempo</i> , para formalizar la variable tiempo y sus relaciones con los procesos que intervienen <i>Modelo de dispositivos</i> , para especificar los

		tipos de datos que los dispositivos pueden aceptar, así como la funcionalidad en el procesamiento de éstos.
<b>Sistema</b>	Plataforma tecnológica de las aplicaciones de visualización	Incluye <i>software</i> para visualización, y <i>técnicas</i> gráficas asociadas a las facilidades del <i>hardware</i> disponible, y al dominio de aplicación
<b>Interfaz</b>	Interfaz humano-ordenador, que brinda la presentación y posibilidades de interacción, que se correspondan con las capacidades humanas cognitivas y perceptuales para soportar las necesidades del usuario al explorar una visualización	<i>Renderización</i> , como técnica de proyección gráfica que debe lograr calidad, realismo e integridad en la generación de presentaciones visuales. La <i>representación</i> , dependiente del contexto para facilitar una mejor construcción de un modelo mental, apoyada por atributos visuales de las variables de los datos relacionadas con las propiedades reconocibles de los objetos o fenómenos a visualizar. La <i>interacción</i> , dependiente de la manipulación visual y de las tareas y necesidades del usuario.
<b>Usuarios</b>	Aportan la visión como el sentido humano desarrollado para recibir, reconocer, y comprender la información	El conocimiento sobre la <i>percepción visual</i> y la <i>cognición</i> como principales instrumentos humanos para analizar los datos representados, así como el conocimiento sobre el <i>dominio</i> para el cual se aplica y diseña la visualización.
<b>Utilidad</b>	Condiciones y calidad al usar soluciones de visualización	<i>Validación y verificación de los datos</i> , de la generación de imágenes a partir de éstos, y los errores de percepción al interpretar una misma visualización entre distintos usuarios <i>Ética</i> , cuando se usa la visualización para tomar decisiones críticas que afecten la vida humana, así como la salud financiera, social y política de individuos, organizaciones, y comunidades. <i>Estándares</i> , relacionados con la necesidad de estandarizar aspectos como la comunicación entre investigadores, usuarios y desarrolladores, la terminología utilizada, la tecnología, los formatos de los datos, entre otros.

Tabla 1. Componentes y elementos del modelo de Visualización de Williams, Sochats y Morse (1995)

Este modelo es, posiblemente el más abarcador, pues otorga igual nivel de análisis a cada componente principal del sistema de visualización sin obviar los procesos cognitivos del usuario. Además, con el componente Utilidad, otorga una especial importancia a la evaluación

de cada uno de los procesos y elementos que intervienen, aportando una dimensión cualitativa importante.

### **2.3.5. Procesos esenciales según los modelos de referencia**

De las distintas propuestas de modelos para la Visualización, se puede inferir que ésta, como proceso, necesita de una adecuada recolección de los datos, técnicas de transformación de los mismos, así como especificaciones entendibles que puedan ser utilizadas para una representación visual manipulable. Debe permitir además realizar las necesarias exploraciones en los datos con el fin de explotar adecuadamente el procesamiento cognitivo natural del usuario quien, a través de las acciones de interacción con las imágenes obtenidas, y de acuerdo a sus objetivos de aplicación, obtiene nuevas perspectivas acerca del fenómeno que está analizando. Es un proceso complejo, donde la obtención del conocimiento depende no sólo de la calidad de los datos, la integración de los mismos, sino también de la especificación utilizada (hardware, software, algoritmos, parámetros), las habilidades perceptuales del usuario (su capacidad de abstracción) y su conocimiento experto.

Los procesos fundamentales que intervienen pues, representan acciones relacionadas básicamente con: la identificación de datos que caractericen a una realidad compleja, la especificación de los mismos a partir de una representación que contribuya a una reducción dimensional, la visualización a partir de una imagen y su manipulación, la exploración en los datos representados, la percepción sobre la base de un conocimiento experto para un mejor análisis e interpretación, y la interacción con la finalidad de ajustar, transformar y mejorar el pensamiento y por ende, el conocimiento adquirido.

Teniendo en cuenta la dependencia de estos elementos, Van Wijk (2006) afirma que existe el riesgo de obtener visualizaciones dudosas de las que no se puedan obtener resultados útiles. Recomienda usarlas para analizar datos complejos e inspirar nuevas hipótesis, no para probar verdades planteadas; considera además que se debe permitir a los usuarios un uso cuidadoso de la interacción, para asegurar la transferencia de tanto conocimiento como sea posible.

## **2.4. Áreas de conocimiento o subcampos de la visualización**

La Visualización suele ser clasificada de acuerdo a un enfoque de aplicación, donde las categorías no son mutuamente exclusivas y tienen fronteras sumamente borrosas y superpuestas, debido tal vez a objetivos comunes relacionados con la comunicación visual, la presentación y exploración de los datos, conceptos, relaciones, y procesos. Las categorías que mayormente se mencionan, son (Zhu y Chen, 2005):

- Visualización Científica, destinada a comprender de manera más eficiente los fenómenos físicos a partir de grandes volúmenes de datos (Nielson, 1991), generalmente parte de datos cuyas variables son intrínsecamente espaciales. (Card y Mackinlay, 1997).
- Visualización del Software, destinada a comprender y usar el software con efectividad (Stasko, Domingue, Brown & Price, 1998), investiga dos tipos fundamentales: herramientas de visualización de programas (código fuente), para mantener, comprender, optimizar y depurar el software; y algoritmos de animación, usados fundamentalmente en la educación para motivar el aprendizaje.
- Visualización de Información, destinada a identificar patrones, correlaciones o agrupamientos de un volumen grande de información compleja, estructurada o no.

Esta clasificación se puede asociar, de acuerdo al criterio de Kosara (2007), a la Visualización pragmática, por su carácter muy técnico, orientado al análisis de los datos, y que prevalece sobre los objetivos comunicacionales.

Rhynne (2007), asegura que la investigación y publicaciones asociadas a la Visualización, definen de manera general los subcampos de la Visualización Científica y la Visualización de información. Estas categorías genéricas se solapan, pues aunque los datos difieren las técnicas utilizadas tienen mucho en común al combinar pistas visuales para descubrir patrones de comportamiento, involucrar la percepción humana para el entendimiento, y requerir un dominio de conocimiento (Zhu y Chen, 2005).

Por otra parte, el mismo nivel de imprecisión que en general existe acerca del uso de los conceptos datos, información y conocimiento<sup>15</sup>, se ha extendido al campo de la Visualización.

---

<sup>15</sup> Zins (2007b) explora las definiciones actuales sobre dato, información y conocimiento en la BCI, aportadas por distintos autores en un estudio Delphi, y recopila distintos enfoques sobre estos conceptos

Este comportamiento se ejemplifica además al nombrar las áreas de investigación Visualización de Datos, Visualización de Información y Visualización del Conocimiento que identifican distintos propósitos, sin dejar claras aún las fronteras entre ellas.

### **2.4.1. Visualización Científica**

Se desarrolló como disciplina a finales de los años '80, con el interés de aprovechar las potencialidades de los ordenadores para el procesamiento de la información científica, pero con alcances muy reducidos al centrarse exclusivamente en un enfoque "fiscalista".

Börner, Chen y Boyack (2003) afirman que además del propósito de la representación, la Visualización Científica se concreta en representaciones de fenómenos físicos, y no suelen ser interactivas (ya sea en dos o tres dimensiones), puesto que los datos sobre fenómenos u objetos físicos dependen de una cartografía espacial natural que delimitan las dimensiones de su visualización.

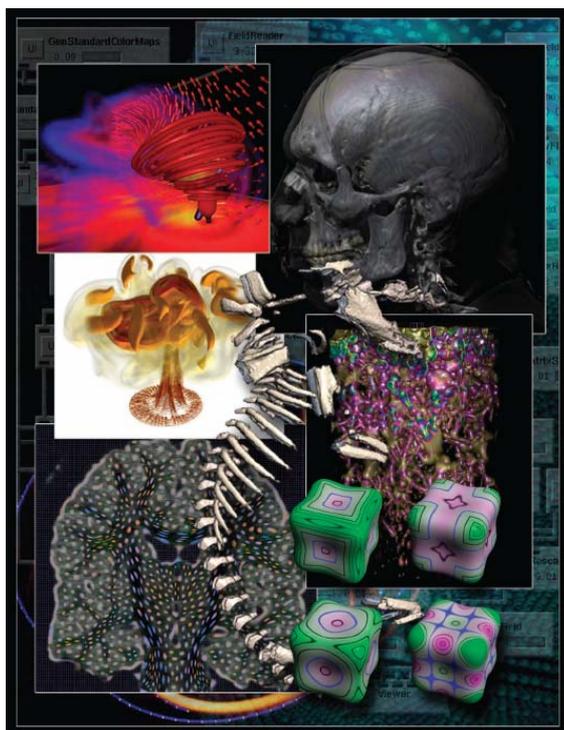


Figura 9. Ejemplos de visualización científica. Resultados del *Scientific Computing and Imaging Institute* de la Universidad de Utah (<http://www.sci.utah.edu>). Tomado de Johnson (2004)

Johnson (2004) afirma que para evolucionar en sus resultados, los científicos de la visualización necesitan comprender y usar el método científico, a partir de:

- La observación y descripción de un fenómeno o grupo de fenómenos
- La formulación de una hipótesis para explicar el fenómeno
- El uso de las hipótesis para predecir la existencia de otros fenómenos o para predecir cuantitativamente los resultados de nuevas observaciones
- La evaluación de los métodos propuestos y cuantificación de la efectividad de sus técnicas.

Estos pasos de alguna manera reflejan los principales usos de la Visualización Científica, en campos de conocimiento como la Medicina, Meteorología, Biología, Física, entre otras. Investigaciones acerca de cómo aplicar la simulación y la animación también caracterizan a este campo.

#### **2.4.2. Visualización del Software**

Roman y Cox (1992) consideraron a la Visualización en el entorno informático como un nuevo campo o área de investigación destinada a estudiar los programas a partir de su mapeo hacia representaciones gráficas.

La Visualización del Software investiga las técnicas para la representación gráfica, dinámica o estática, de algoritmos, programas (códigos), y datos procesados, en el análisis de los programas y su desarrollo. Busca una mejor comprensión de los artefactos de *software*, y se involucra también en propósitos como mantenimiento, ingeniería inversa, y desarrollo colaborativo. Zhu y Chen (2005) le reconocen dos ramas subordinadas: la programación visual, dedicada a extraer aspectos del programa y presentarlos de forma gráfica (útil para la optimización del software); y la visualización de programas, dedicada a la especificación gráfica de programas (código fuente, estructuras de datos, etc.)<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> En <http://www-static.cc.gatech.edu/gvu/softviz/> se puede ampliar sobre las distintas líneas de investigación de la Visualización del Software.

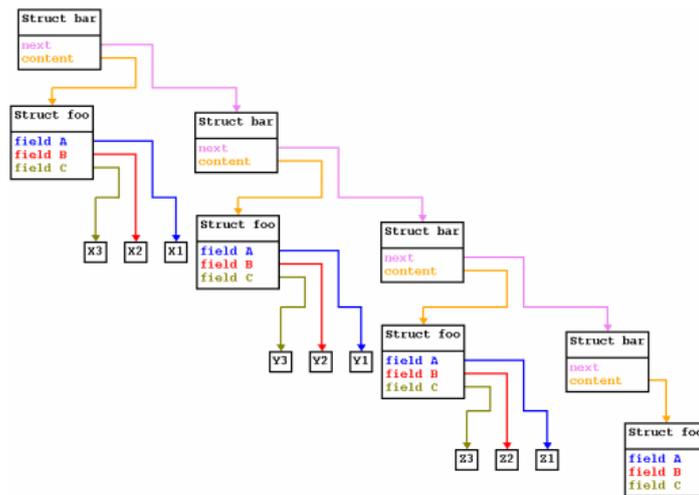


Figura 10. Ejemplo de visualización de software. Tomado de: *Absint Angewandte Informatik GmbH* (2005)

Aunque suele usar dos dimensiones (2D) para la representación, este campo ha progresado hacia la tridimensionalidad y más recientemente los ambientes virtuales. La Visualización del Software combina conocimientos de áreas como la minería de datos, la ingeniería de software, los lenguajes de programación, la visualización de la información y la interacción humano-ordenador.

### 2.4.3. Visualización de Datos

En la bibliografía consultada, es frecuente encontrar definiciones de la Visualización de Datos donde la consideran análoga a la Visualización de Información, aplicable al análisis estadístico en el dominio científico y en la gerencia.

Friendly y Denis (2006) definen la Visualización de Datos como “la ciencia de la representación visual de los datos”, entendidos como la información que se resume a partir de alguna forma esquemática que incluye atributos o variables de unidades de información. Según estos autores, se enfoca en dos vertientes fundamentales: los gráficos estadísticos, y la cartografía esquemática o visualización cartográfica (mapas de localización, ecosistemas, etc.). Los gráficos estadísticos son aplicables a cualquier dominio y se usan para representar modelos y tendencias, mientras la visualización cartográfica está restringida a un dominio espacial. En ambas se comparte el interés por la exploración y el descubrimiento de nuevas perspectivas en la información representada.

Si se tiene en cuenta que la información es el “contenido semántico del dato” (Pérez-Montoro, 2004), se podría considerar a la Visualización de Datos como un subcampo de la Visualización de Información que se solapa con la Visualización Científica.

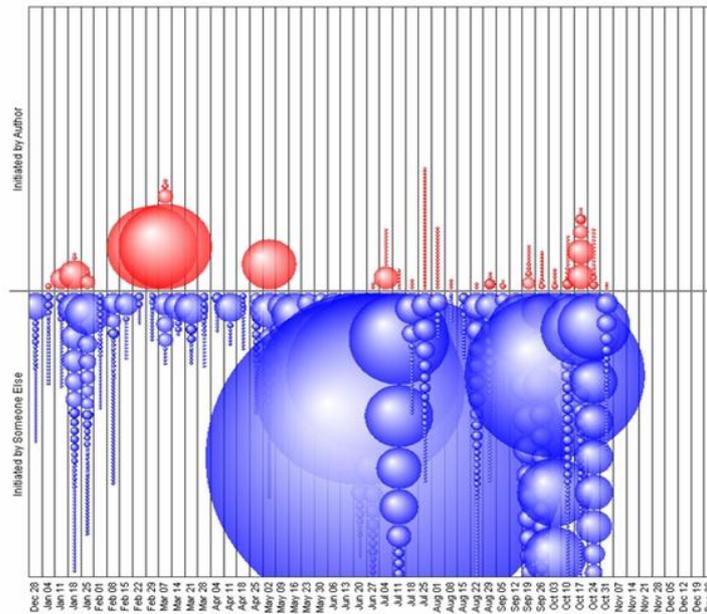


Figura 11. Ejemplo de visualización de datos, sobre los roles de los autores en una discusión online. Tomado de Welter, Gleave, Fisher & Smith (2007)

Dentro de la Visualización de Datos, la aplicación de técnicas de minería de datos y minería de textos para el análisis visual exploratorio de los datos y de la información, resultan ser tópicos de especial interés. (Keim, 2002; Fallad, Grinstein & Wierse, 2002)

#### **2.4.4. Visualización de la Información**

Entendida como el uso de representaciones visuales, interactivas, soportadas por el ordenador, de datos abstractos para amplificar la cognición. (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999). Surge y se desarrolla a partir de los 90 como un campo organizado, aprovechando las experiencias en la visualización científica, y motivado por extender la visualización de lo real (fenómenos físicos) a lo abstracto (información no física, como datos financieros, información de negocio, colecciones de documentos, etc.). Encuentra ámbitos de aplicación destacados en la información geográfica, la cienciometría, la bibliometría, y otros campos como el periodismo digital.

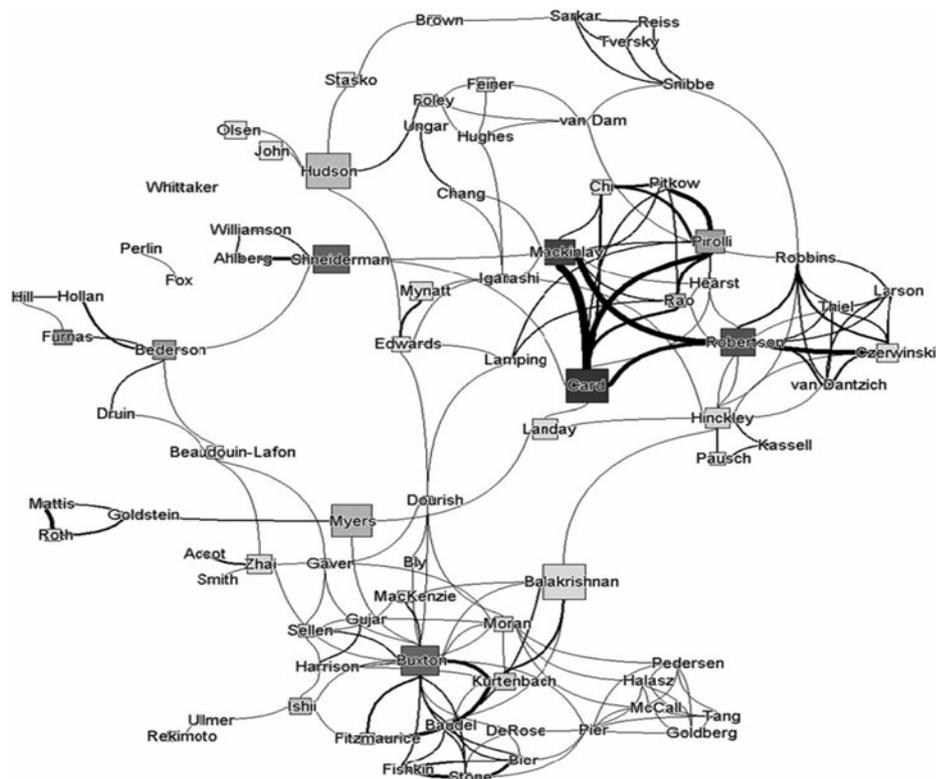


Figura 12. Ejemplo de visualización de información: Colaboración en la HCI (coautoría). Tomado de Henry, Goodell, Elmquist y Fekete (2007)

Entre sus propósitos esenciales suelen mencionarse los de encontrar, organizar y relacionar información, así como descubrir patrones que no son usualmente evidentes. Encuentra ámbitos de aplicación destacados en los relacionados con la recuperación de la Información, hipertextos y WWW, bibliotecas digitales, y HCI (Chen, 2006, p.1). En caso de información estructurada, se apoya en la representación gráfica para revelar patrones con la ayuda de técnicas de minería de datos; si la información no está estructurada, necesita una identificación de variables para construir estructuras visualizables.

Kosara (2007) nombra a la Visualización de Información la *tercera cultura de la Visualización*, después de la pragmática y la artística, pues requiere de una mayor integración de saberes, potenciando el intercambio de ideas de las personas pertenecientes a distintos campos.

Entre el 2004 y el 2005 emana de la Visualización de la Información una nueva iniciativa: la *Análítica Visual (Visual Analytics)*, que ha asumido el eslogan "*Detectar lo esperado, Descubrir lo inesperado*", y destina las interfaces visuales a la exploración y análisis de los datos asociados a problemas tales como ataques terroristas y desastres naturales. Ha sido

definida por Thomas y Cook (2005) como la ciencia del razonamiento analítico facilitado por interfaces visuales interactivas y técnicas de visualización apropiadas.

#### **2.4.5. Visualización del Conocimiento**

Burkhard (2004) señala que la definición de Visualización de Información más difundida (propuesta por Card, McKinlay & Schneiderman, 1999) “desatiende el potencial de las visualizaciones como un medio para transferir conocimiento complejo” e introduce el término de Visualización del Conocimiento para suplir esta carencia. Considera que la Visualización del Conocimiento se enfoca en la creación, transferencia y comunicación del conocimiento, en mejorar su transferencia entre dos o más personas y aumentar la comunicación intensiva entre individuos, abarcando distintos niveles (entre individuos, entre individuos y grupos, entre grupos y de los grupos e individuos hacia toda la organización). Tiene además en cuenta el tipo de conocimiento a visualizar, el objetivo de la visualización y cómo representar el conocimiento, usando fundamentalmente metáforas, mapas conceptuales, y diagramas. De hecho está más cercana a la organización y representación del conocimiento, y suele usarse para compartir conocimiento, tomar decisiones y resolver problemas.

El conocimiento es información asimilada y se asocia a procesos mentales. Debe ser construido por y en los individuos a partir de la comunicación, la interacción con la información y la asimilación de ésta, para permitir a las personas tomar decisiones y actuar. La información es, por tanto, un producto del conocimiento y viceversa. Se podría considerar entonces que la Visualización del Conocimiento incluye la aplicación de las técnicas y herramientas de la Visualización de Información para fortalecer procesos de Gestión del conocimiento.

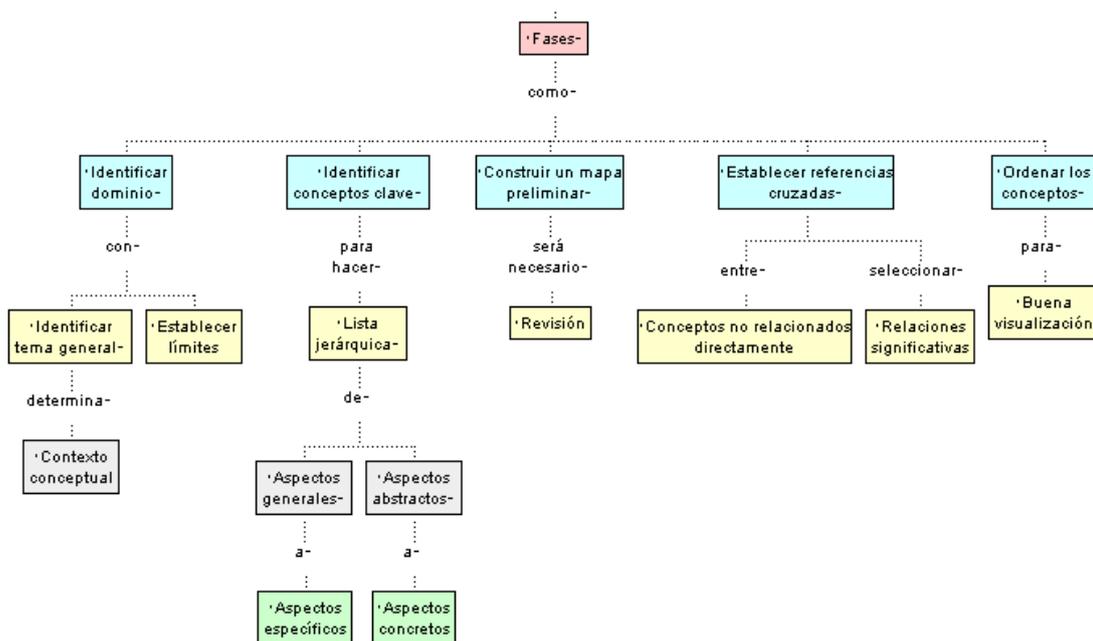


Figura 13. Ejemplo de visualización del conocimiento. Mapa conceptual sobre las fases de creación de un mapa conceptual. Rovira (2003)

Zhu y Chen (2005) opinan que la Visualización puede apoyar la Gestión del Conocimiento al permitir representar, crear y compartir conocimiento, y que se puede comenzar a mover la Visualización de Información hacia una Visualización del Conocimiento.

La frontera entre ambos campos es también dudosa en ocasiones, incluso la Visualización de Información de un dominio de conocimiento científico es calificada frecuentemente como Visualización del Conocimiento, y herramientas o representaciones como mapas conceptuales, propios de la visualización del conocimiento, suelen ser calificadas como visualización de la información. Más adelante, en el desarrollo del próximo capítulo se profundizará en esta problemática, partiendo del análisis sobre la Visualización de la Información y las sinergias/diferencias que establece con la Visualización del Conocimiento.

#### 2.4.6. Comparación entre los subcampos de la Visualización

Los distintos campos subordinados a la Visualización comparten tipos de tareas relacionadas con la descripción, el análisis, la exploración visual, el descubrimiento de patrones, la interacción, y la comunicación visual de los datos relacionados con una realidad compleja. Todas se interesan en general por la naturaleza de los objetos a ser visualizados

(distinguibles básicamente por su dimensionalidad y objetivos de análisis), el contexto en el que éstos se visualizan, y los medios que se usan para hacerlo.

Ahondar en los fundamentos de cada subcampo de la visualización, y estudiar las relaciones y sinergias que entre ellos se establecen, podrían ayudar a comprender los alcances y fronteras (todavía difusas) que permiten realizar una distinción dentro del ámbito ambiguo de la Visualización de la Información. La siguiente tabla relaciona los propósitos y características de la representación de cada una, para poder inferir una primera aproximación:

Tipo de Visualización	Propósito de la representación	Características de la representación
<b>Visualización Científica</b>	Fenómenos físicos, espaciales	2 o 3 dimensiones No suele ser interactiva Depende de una cartografía espacial natural que limita las dimensiones
<b>Visualización del Software</b>	Objetos de software tales como programas, algoritmos y procesos paralelos.	Esquemática, con dos ramas: Programación visual, dedicada a extraer aspectos del programa y presentarlos de forma gráfica; y la visualización de programas, dedicada a la especificación gráfica de programas
<b>Visualización de Datos</b>	Análisis estadístico en el dominio científico y en la gerencia	Representaciones de fenómenos físicos en dos o tres dimensiones que típicamente no son interactivas Parte de datos cuyas variables son intrínsecamente espaciales
<b>Visualización de la Información</b>	Fenómenos abstractos y no espaciales Estructuras, relaciones y patrones de la información	Interfaces interactivas Manipulación directa para el análisis visual de datos multidimensionales La representación puede ser de 1, 2 o 3 dimensiones, temporal, multidimensional, en árbol, o en red.
<b>Visualización del Conocimiento</b>	Creación, transferencia y comunicación del conocimiento	Tiene en cuenta el tipo de conocimiento a visualizar, el objetivo de la visualización y cómo representar el conocimiento, Usa fundamentalmente metáforas, mapas conceptuales, y diagramas Suele usarse para compartir conocimiento, toma de decisiones y resolución de problemas

Tabla 2. Comparación entre áreas de la visualización según el criterio de representación

La Visualización Científica, se aplica a datos científicos no abstractos (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999), sin embargo, no se puede decir que no sea informativa, ni que la visualización de información no sea científica. La distinción de nombres tal vez se deba a la

propia evolución histórica de ambos campos, que fue delimitando de alguna forma alcances y propósitos de la investigación de cada uno por separado. La Visualización Científica ha tenido mayor interés en la representación de fenómenos físicos, y ha estado por tanto, más cercana al campo de los gráficos, con interpretaciones espacio-temporales de los problemas investigados. La Visualización de la Información, por su parte, se ha interesado más por los temas cognitivos al interactuar con grandes volúmenes de información, y ha estado más cerca de la HCI.

La Visualización del software no se relaciona hasta el momento de manera importante con la Visualización de la Información, aunque existen intentos de integración. Se encuentra más cercana a la Visualización de Datos, por la esquemática en su representación, la integración visual con las bases de datos, y por las propias características de los lenguajes de programación.

La Visualización de Datos esencialmente investiga la minería de datos visual, y aporta a la Visualización de la información las técnicas y algoritmos provenientes de la estadística relacionados con la minería de datos. La Visualización de la Información, por su parte, enriquece las investigaciones sobre la integración de la visualización con las bases de datos, y posibilita nuevas dimensiones de análisis a los grandes volúmenes de información contenidos en las mismas, a partir de nuevas posibilidades de interacción, navegación y exploración.

La Visualización de la Información y la Visualización del Conocimiento, exploran las habilidades humanas de procesar las representaciones visuales, pero la vía de uso de estas habilidades es diferente en ambos dominios: en la primera, el conocimiento se deriva de nuevas percepciones a partir de la exploración de grandes volúmenes de datos expuestos de forma más accesible, apoyando una recuperación y acceso de la información más eficiente; en la segunda, la transferencia y la creación de conocimientos entre las personas, se apoya en el conocimiento de medios que expresan lo que debe ser conocido y comunicado de manera intensiva entre las personas (Eppler & Burkhard, 2004). Por tanto, se puede afirmar que la Visualización de la Información ayuda a la interacción humano-ordenador, y la Visualización del Conocimiento esencialmente se usa para la comunicación entre individuos. Desde una perspectiva representacional, ambas visualizan estructuras, ya sea de conocimiento o de información. Organizan además la información y el conocimiento de manera tal que puedan ser accedidos fácil y exhaustivamente, y combinan estructuras de conocimiento extraídas automáticamente de los textos con estructuras de conocimientos

creadas por expertos humanos, proveyendo varias funciones interactivas para facilitar la interacción visual coherente del usuario con los conceptos y los documentos (Lin, Bui & Zhang, 2007). Existe pues un interés común en ambos campos por facilitar la accesibilidad y obtener el sentido de los conocimientos y elementos de información representados desarrollando artefactos visuales. (Keller & Tergan, 2005)

La Visualización de la Información se concentra en las visualizaciones bidimensionales tanto como tridimensionales (o pluridimensionales), mientras que la Visualización del Conocimiento se restringe principalmente a las visualizaciones bidimensionales. Sin embargo, en la Visualización del Conocimiento existe la tendencia actual de integrar en las representaciones conceptos de conocimiento, contenidos de conocimiento y recursos de conocimiento (Novak & Wurst, 2004), por tanto, las representaciones pluridimensionales comienzan a tener utilidad en la Visualización del Conocimiento.

Las herramientas utilizadas por la Visualización del Conocimiento y la Visualización de la Información, constituyen elementos a considerar para el análisis de las sinergias entre ambos campos de estudio. Desde esta perspectiva de las herramientas se analiza que los mapas de manera general constituyen una herramienta común a ambos dominios, aunque con tipologías específicas para cada campo. En la Visualización del Conocimiento se usados específicamente los mapas de conocimiento, mapas conceptuales y mapas mentales, entre otros, mientras que la Visualización de la Información pueden ser de uso frecuentes los mapas, pero relacionados con los estudios métricos: co-citación para mapas de dominio; o basados en la indización: mapas auto-organizativos (*Self Organizing Maps*, SOM), aplicación de redes neuronales. De igual manera las metáforas visuales son utilizadas en la Visualización del Conocimiento y la Visualización de la Información para ampliar las habilidades de percepción y cognición del usuario y facilitar el descubrimiento de datos o nuevos conocimientos, de acuerdo a su utilización.

Existen pues puntos convergentes que identifican que ambos campos están estrechamente relacionados y utilizan de manera provechosa las representaciones visuales para aumentar los conocimientos de los usuarios a los cuales están dirigidos de forma general.

#### **2.4.7. Dato, información y conocimiento en la Visualización**

La distinción entre los conceptos de dato, información y conocimiento es una pieza clave a nivel conceptual que es necesario analizar en este entorno, con el fin de esclarecer las relaciones que entre los distintos subcampos de la Visualización se establecen.

Los términos dato, información y conocimiento, tan importantes para la Ciencia de la Información, permanecen igualmente ambiguos en la comunidad de la Visualización, aunque varios investigadores han propuesto taxonomías en función de las distintas perspectivas. Áreas de estudio como la Psicología, la Administración, la Ciencia de la Computación, y la Epistemología, entre otras, han brindado consistentes definiciones sobre dato, información y conocimiento. Al respecto suele existir un consenso general de que dato no es información, y ésta no es conocimiento.

La jerarquía dato-información-conocimiento-sabiduría (Data-Information-Knowledge-Wisdom, DIKW), es un modelo muy utilizado para explicar estos conceptos en un espacio cognitivo y perceptivo, que ha derivado en un principio citado frecuentemente en la literatura relacionada con la gestión de información, sistemas de información y gestión del conocimiento (Rowley, 2007). Esencialmente se relaciona con las nociones más compartidas acerca de la naturaleza de la información y del conocimiento.

La tabla que sigue muestra una comparación a partir de tres aproximaciones diferentes sobre estos conceptos relacionados con distintos espacios de referencia, perceptivo-cognitivo, universal o computacional.

Categoría	Ackoff (1989) <sup>17</sup>	Zins(2006)	Chen et al. (2009)
	Espacio perceptivo y cognitivo	Dominio universal	Espacio computacional
<b>Datos</b>	Símbolos	Conjunto de símbolos que representan las percepciones empíricas o materia prima empírica	Representaciones computarizadas de modelos y atributos de entidades reales o simuladas
<b>Información</b>	Datos que son procesados para ser útiles, brindan respuestas a las preguntas “quién”, “qué”, “dónde”, y	Conjunto de símbolos que representan el conocimiento empírico	Datos que representan los resultados de un proceso computacional, tales como análisis estadístico, para asignar significado a los datos, o las

<sup>17</sup> Russell Ackoff, suele citarse como uno de los iniciadores de la jerarquía DIKW en el dominio de la Gestión del Conocimiento, y su propuesta explora los procesos de transformación entre estos elementos

	“cuándo”		transcripciones de algunos significados asignados por los seres humanos.
<b>Conocimiento</b>	Aplicación de datos e información, brinda respuestas a preguntas “cómo”	Conjunto de símbolos que representan pensamientos, que el individuo cree justificadamente que son verdad	Datos que representan los resultados de un proceso cognitivo simulado por ordenador, tal como percepción, aprendizaje, asociación, y razonamiento, o las transcripciones de algún conocimiento adquirido por los seres humanos.

Tabla 3. Visiones diferentes acerca de la jerarquía dato-información-conocimiento

Estas definiciones difieren esencialmente dadas por el medio y la dependencia de la actuación humana. El dato, como originalmente se entiende, carece de valor, es materia prima para construir información, y en el medio computacional necesita de una representación para ser formalizado. Es de destacar el análisis aportado por Zins (2006), quien considera a la información un tipo de conocimiento, no un sinónimo de éste, ni una fase intermedia entre datos y conocimiento. La información surge cuando se comienza a asignar significados a los datos y, de acuerdo con Belkin (1978a), puede ser vista desde un enfoque cognitivo como un estado del conocimiento que se comunica y transforma en forma de una estructura.

En los distintos modelos de la Visualización, se aprecia cómo la distinción dato-información-conocimiento se subordina a distintos niveles de abstracción, subordinados a los objetivos de la representación: se necesita de una infraestructura para coleccionar los datos para el proceso de visualización, y transferirlos hacia un estado de información en el espacio computacional, y a un estado de conocimiento en un espacio perceptivo y cognitivo, lo cual sugiere que los datos, información y conocimiento, podrían considerarse como entrada y salida de un proceso de visualización.

En las transformaciones que se realizan en la visualización a partir de los datos escogidos considerando una realidad concreta, está presente la información, ya sea orientada hacia la tecnología, u orientada hacia el conocimiento del sujeto. El conocimiento, por su parte, determina la habilidad para usar la información, y depende de un conocimiento base creado y aumentado sobre la base de la experiencia y el aprendizaje.

Desde el punto de vista de los propósitos de la visualización, la Visualización de datos y la Visualización del Conocimiento se asocian a la investigación sobre la Visualización de la Información. Desde el punto de vista histórico, ambas tienen precedentes anteriores a esta última, no obstante, dentro de la disciplina de la Visualización suelen confundirse y solaparse las fronteras entre ellas, aunque en el análisis técnicas y ámbitos de aplicación, pueden establecerse diferencias precisas.

## **Conclusiones parciales**

- Al abordar el estudio de la Visualización, debemos considerar distintas perspectivas, dadas por la naturaleza multidisciplinar del campo.
- La Visualización tiene tres grandes objetivos: describir, explorar, y analizar los datos, en función de descubrir o amplificar conocimiento. Obtener el *insight* es uno de los propósitos fundamentales.
- Se puede abordar el estudio de la Visualización como proceso, método, tecnología o disciplina.
- Los modelos de referencia existentes nos ayudan a comprender los procesos esenciales que ocurren al utilizar las tecnologías y métodos de Visualización, donde los elementos fundamentales que intervienen son los datos sobre un fenómeno de la realidad, la especificación tecnológica, la imagen, la visualización, el conocimiento y la percepción del usuario, y sus acciones interactivas de exploración.
- Los subcampos asociados se definen básicamente en función del enfoque de aplicación y se solapan en cuanto a determinados propósitos y técnicas. Los más citados son Visualización Científica, Visualización del Software, Visualización de Información, y Analítica Visual. Estas categorías se solapan, pues aunque los datos difieren, las técnicas utilizadas tienen mucho en común al combinar pistas visuales para descubrir patrones de comportamiento, involucrar la percepción humana para el entendimiento, y requerir un dominio de conocimiento.
- El mismo grado de imprecisión que en general existe acerca del uso de los conceptos datos, información y conocimiento, se ha extendido al campo de la Visualización, y se refleja en las áreas de investigación Visualización de Datos, Visualización de Información y Visualización del Conocimiento que identifican distintos propósitos, sin dejar claras aún las fronteras entre ellas.

## CAPÍTULO 3. GENERALIDADES SOBRE LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### 3.1. Definiendo la Visualización de Información

El uso de la frase “visualizar la información” al referirnos a esta disciplina, suele generar confusión, partiendo de que no existe una definición generalmente aceptada por los distintos campos. Las creencias más difundidas asocian a la visualización a un proceso cognitivo que permite formar en la mente imágenes visuales de conceptos abstractos, facilitado o no por ayudas externas, como métodos para la representación gráfica de la información o herramientas gráficas automatizadas, sin ser necesariamente dependiente de ordenadores.

La naturaleza interdisciplinar del campo de la Visualización de la información provoca cuestionamientos sobre cómo establecer una definición válida para todas las ciencias que se relacionan e investigan sobre este campo. Por esta razón se considera interesante para precisar una definición amplia, recorrer algunos de los propósitos considerados por investigadores del campo, a partir de las definiciones propuestas en el período comprendido desde la década del 90 hasta la actualidad (Tabla 3), e identificar los elementos distintivos que ayuden a enlazar criterios.

Autores	Definiciones
Robertson, Card y Mackinlay (1993)	Intentar <i>mostrar</i> las <i>relaciones estructurales</i> y el <i>contexto</i> , más difícil de descubrir de otra manera por demandas individuales.
Catarci y Cruz (1996)	<i>Comunicar</i> claramente al usuario la <i>estructura de la información</i> a partir de mecanismos visuales, y mejorar el costo de acceso a grandes repositorios de datos, como una subdisciplina cada vez más importante dentro del campo de la HCI.
Keim y Kriegel (1996)	<i>Comunicar abstracciones</i> a través del uso de interfaces interactivas
Card y Mackinlay (1997)	<i>Comprender</i> mejor la información a través del uso del procesamiento visual asistido por ordenador.
Card, Mackinlay, y Shneiderman (1999)	<i>Incrementar la cognición</i> a partir del uso de representaciones visuales, interactivas, apoyadas por el ordenador, de <i>fenómenos abstractos</i> .
Gershon y Page (2001)	<i>Transformar datos, información y conocimiento</i> en una forma que depende del sistema visual humano para percibir la información.

Eick (2001)	Crear interfaces visuales para ayudar a los usuarios a <i>comprender y navegar</i> a través de complejos <i>espacios de información</i> , como un área de investigación propia de la Ciencia de la Computación.
Dürsteler (2002)	Procesar la <i>interiorización del conocimiento</i> mediante la <i>percepción</i> de la información.
Börner, Chen y Boyack (2003)	<i>Diseñar</i> la apariencia visual de los objetos de datos y sus relaciones.
Chen (2003, p. 28)	<i>Revelar patrones, tendencias</i> y nuevos <i>insights</i> sobre un fenómeno. Su mayor reto es transformar la información no espacial y no numérica en una forma visual efectiva.
Hearst (2003)	Facilitar la <i>comparación</i> , el <i>reconocimiento de patrones</i> , detectar cambios y otras habilidades cognitivas para hacer uso del sistema visual, a partir de representaciones espaciales o gráficas de la información
Zhu y Chen (2005)	<i>Representar visualmente</i> espacios y estructuras de información que faciliten una <i>rápida asimilación y comprensión</i> , y la posibilidad de identificar y extraer patrones a partir de una gran cantidad de información, incrementando el valor
Ltifi, Ben Ayed, Lepreux, & Alimi (2009)	Explotar las aptitudes perceptivas naturales del usuario para <i>comprender cualitativamente</i> los volúmenes de información.

Tabla 4. Propósitos de la visualización de la información a partir de distintas definiciones

En las definiciones estudiadas los autores suelen referirse a la Visualización de Información como disciplina (Catarci & Cruz, 1996), como proceso (Card, Mackinlay & Schneiderman, 1999; Chen, 1999; Gershon, Eick, & Card, 1998; Spence, 2000) y como herramienta (Robertson, Card & Mackinlay, 1993), enfocando en general propósitos como:

- La representación de datos complejos u abstracciones de forma gráfica,
- la comunicación de información,
- el análisis de datos y el descubrimiento de relaciones entre ellos,
- la obtención de un nuevo conocimiento y la simplificación del proceso de la cognición,
- el diseño de interfaces adecuadas a las necesidades de los usuarios,
- la comprensión de la percepción humana,
- el estudio y las facilidades en la interacción del usuario con la información,
- la aceleración en el reconocimiento de patrones,
- el enfrentamiento a la complejidad de la información, y
- la comprensión cualitativa de la información

La definición más difundida y aceptada en la literatura científica consultada y en la que se apoyan la mayoría de las definiciones posteriores, es la de Card, McKinlay & Schneiderman (1999), quienes sostienen que el objetivo fundamental de la Visualización de Información es ampliar la cognición a partir de representaciones visuales de las estructuras contenidas en la información y de la interacción con ellas. Nótese que en las definiciones ofrecidas, sólo Gershon y Page (2001) incluyen al conocimiento en la transformación hacia una representación visual, y el contexto sólo se tiene en cuenta en el enfoque inicial de Robertson, Card y Mackinlay (1993).

Las ideas anteriores se pueden resumir en la siguiente definición: la Visualización de la Información investiga el diseño de representaciones visuales interactivas, usualmente apoyadas por herramientas informáticas, que supuestamente permitan una rápida asimilación y comprensión cualitativa de un volumen grande de información, buscando optimizar la carga cognitiva en la representación visual de las estructuras, relaciones y patrones de información, y obtener visiones analíticas diferentes.

El significado de “visualizar” pues, en la visualización de la información, no se corresponde con la acción de “ver” asociada a percibir algo a través de los sentidos y la comprensión, sino con hacer perceptible a la visión lo que no es naturalmente visible (Ltifi, Ben Ayed, Lepreux, & Alimi, 2009). Para esto, asume como estrategia fundamental convertir los datos a una forma visual que explote las habilidades humanas de percepción y manipulación interactiva (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999, p 35).

Tres dimensiones fundamentales se incluyen en la Visualización de la Información: la representación, la interacción y el análisis.

Descubrir, comprender, comunicar y educar, se mencionan frecuentemente en sus propósitos más generales, aunque en los últimos años éstos se han sintetizado en dos, descubrir y explicar: un descubrimiento asociado a solucionar novedosos problemas, a identificar fenómenos desconocidos, y a la comprensión, como otra forma de descubrimiento; y el uso explicativo de la visualización, con funciones comunicativas y educacionales (Hook, 2007). Estas funciones se hacen posibles con nuevas e innovadoras posibilidades para revelar estructuras emergentes dentro de los datos (patrones contenidos en la información), e interactuar y explorar de forma intuitiva, ampliando la perspectiva del usuario acerca de las relaciones que se establecen entre los elementos asociados a la temática particular que está estudiando.

### **3.2. Modelos de Visualización de Información**

El usuario, la interfaz y la interacción son elementos de estudio esenciales en la investigación de la HCI y en la Visualización de Información. El usuario, con sus capacidades de procesamiento de información y de comunicación (lenguaje, comunicación, interacción), interactúa con las características tecnológicas del ordenador que a través de la interfaz soportan la interacción, sobre la base de determinadas técnicas de diálogo sustentadas en elementos de diseño (metáforas), la arquitectura de la información y las técnicas gráficas computacionales.

Moreiro (1998, p. 20) señala cómo en los sistemas de información, informarse exige particularmente una combinación de esfuerzo mental y procesamiento tecnológico, en su propósito de agrupar, almacenar, recuperar, analizar y facilitar el acceso a objetos potencialmente informativos. En este proceso lo más importante es comprender los aspectos humanos y cognitivos que determinan la actuación del usuario y que permitan crear interfaces cada vez más adaptables a sus características. Estos elementos se consideran también en las diferentes propuestas de Modelos de Referencia para la Visualización de Información, los que describen cómo trabajan los sistemas de visualización como un todo. Tres de los modelos más representativos del campo son los de Card, McKinlay y Schneiderman (1999), Chi (2000) y Wünsche (2004), los cuales se presentan y analizan a continuación.

#### **3.2.1. Modelo de Card, McKinlay y Schneiderman (1999)**

Es el modelo más conocido, nombrado Modelo de Referencia para la Visualización. Detalla los pasos básicos para visualizar la información sobre la base de una serie de transformaciones de los datos donde interviene la acción del usuario: al transformar los datos iniciales sin procesar, éstos pueden clasificarse u ordenarse de forma diferente; luego, al proyectar los datos hacia una estructura visual se pueden seleccionar diferentes formas visuales; y finalmente, al alterar las vistas resultantes se obtienen diferentes perspectivas.

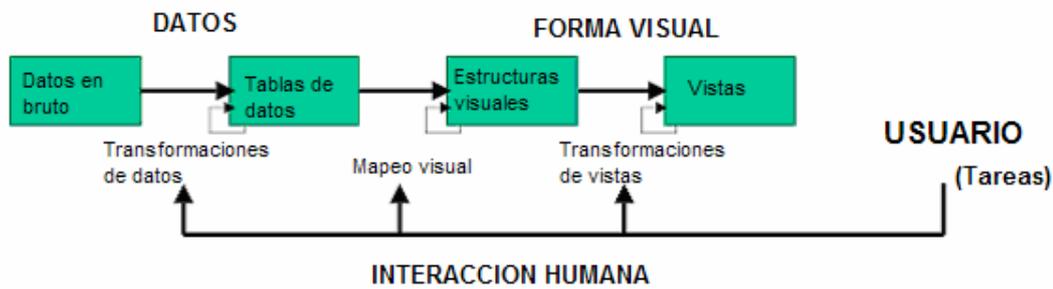


Figura 14. Modelo de Referencia para la Visualización de Card, Mckinlay & Schneiderman (1999)

Aunque los datos en su estado original, sin tratar, pueden ser visualizados directamente, en el proceso de visualización se transforman primeramente en una relación o conjunto de relaciones estructuradas que sean fáciles de mapear a formas visuales, dígame una tabla de datos. En éstas los datos presentan cierto significado, con una definición de variables y metadatos apropiados para describir de relaciones entre ellos (estructura visual simple).

Las tablas de datos se transforman a su vez, a partir de un mapeo o correspondencia visual a estructuras visuales que producen una representación gráfica (estructura visual compleja), que preserve los datos y sea fácil de interpretar.

Finalmente, las transformaciones a vistas modifican y aumentan las estructuras visuales y convierten una visualización estática en dinámica. El usuario puede disponer de diferentes perspectivas sobre los datos (estructura visual interactiva), a partir de acciones que modifican la nueva representación, como: una apreciación global (*overview*), enfoques (*focus*), navegación por estructuras (*browsing*), etc., incrementando la cantidad de información a ser visualizada y creando espacio para la toma de decisiones.

Aunque en este modelo, no se representan explícitamente las tareas del usuario en las transformaciones, en el texto explicativo los autores reflexionan sobre el rol de la percepción humana y su relación con las acciones del usuario, para justificar la importancia de la interacción.

Las vistas, entendidas como procesos cognitivos relacionados con la formación de modelos mentales, y la visualización, como la realización externa de estas vistas a través de textos o gráficos, son los elementos sobre los que se sustentan las tareas de la interacción. Al comparar las vistas extraídas del modelo mental con la vista creada a partir de la visualización, se modifica el modelo mental, la vista, y/o la visualización. Este proceso

iterativo de comparación-modificación ayudado por las posibilidades de interacción en los sistemas de visualización, puede continuar hasta que el usuario lo considere suficiente.

### 3.2.2. Modelo de Chi (2000)

Este modelo, nombrado Modelo de Referencia de Estado de los Datos, extiende el de Card, McKinlay y Schneiderman (1999), dando mayor importancia a los distintos estados por los que pasan los datos al transformarse como consecuencia de la interacción con distintos operadores. Chi incluye las siguientes etapas dentro de las distintas transformaciones iterativas de los datos:

- Valor: el dato primario, sin procesar.
- Abstracción analítica (modelación de los datos): meta-información, información relacionada con los datos tales como su organización (jerárquica, secuencial, etc.).
- Abstracción de la visualización: información que es visualizable en la pantalla usando determinada técnica.
- Vista: el producto final del mapeo de la visualización, donde el usuario ve e interpreta la representación de la información.

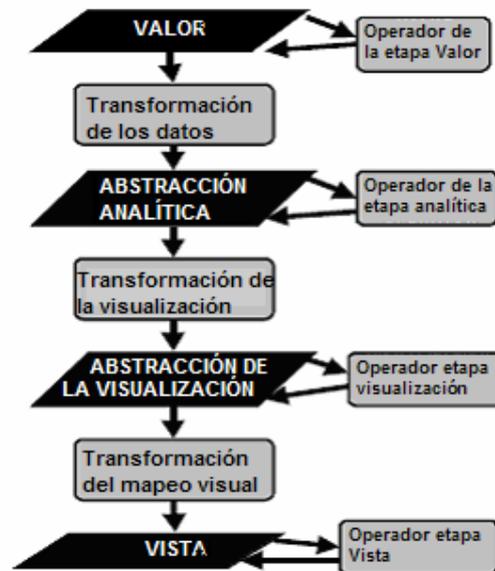


Figura 15. Modelo de Referencia de Estado de los Datos, de Chi (2000)

Las transformaciones pasan de una etapa a otra a través de tres tipos de operadores de transformación: la transformación de los datos, que genera alguna forma de abstracción analítica a partir de los valores de los datos; la transformación de la visualización, que toma una abstracción analítica y la reduce en alguna forma de abstracción de visualización (contenido visualizable); y la transformación del mapeo visual, que toma la información que está en un formato posible de visualizar, y la presenta gráficamente. En cada etapa, se especifican además operadores propios que no cambian la estructura de los datos.

Es un modelo que se apoya en la tecnología, orientado fundamentalmente a clasificar y agrupar las técnicas de visualización de acuerdo a las características del diseño en cada etapa.

### 3.2.3. Modelo de Wünsche (2004)

En este modelo el proceso de visualización es lineal y se divide en dos fases fundamentales: una donde se codifican los datos a partir de su transformación hacia una proyección visual (visualización), y otra donde se decodifica la visualización resultante a través de la percepción humana (interpretación visual) y se obtiene un conocimiento.

En la fase de codificación, los datos sufren una transformación y se convierten en información, estructurada adecuadamente para un mapeo visual, la cual se corresponde con la transformación visual en los modelos anteriores.

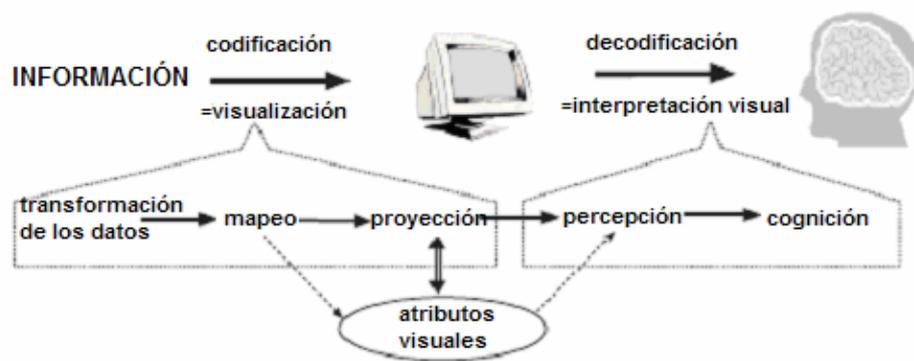


Figura 16. Proceso de visualización según Wünsche (2004)

La fase de decodificación, da mayor importancia a los procesos cognitivos que a las tareas de interacción al especificar como procesos que intervienen a la percepción y la cognición.

El enlace entre ambas fases se produce a través de los atributos visuales, referidos tanto a los atributos gráficos (forma, color, líneas de orientación, posición) como a los textuales (símbolos y textos), presentes en la proyección visual.

El autor considera que la decodificación puede ser efectuada de forma correcta y eficiente: correcta, cuando las cantidades y relaciones entre los datos percibidas se corresponden con los datos reales; y eficiente, cuando una máxima cantidad de información se percibe en un tiempo mínimo.

Las técnicas de visualización de la información en este caso se clasificarían de acuerdo a una diferenciación de los atributos visuales, según la dimensión de la información y los requerimientos espaciales.

La interacción en este modelo no se considera, la acción del usuario sólo se subordina a la interpretación visual. El énfasis radica en garantizar la calidad de la percepción.

#### **3.2.4. Análisis de los modelos**

Los modelos propuestos por Card, McKinlay y Schneiderman (1999), Chi (2000) y Wünsche (2004), coinciden en que para lograr una adecuada Visualización de la Información seleccionada, se necesita una serie de transformaciones a partir de los datos en función de establecer estructuras, relaciones, conceptos y una reducción dimensional (en caso que se requiera), para lograr una representación visual, usando un lenguaje gráfico previamente escogido y teniendo en cuenta la experiencia y el dominio del contexto, con la cual se pueda interactuar para obtener nuevas perspectivas y un nuevo conocimiento.

En general en las distintas propuestas se suelen reflejar los conceptos fundamentales de la HCI (la interfaz, el usuario y la interacción), pero desde perspectivas diferentes: el modelo de Card, McKinlay y Schneiderman (1999) da mayor importancia a la interacción; el de Chi (2000), prefiere enfocarse en las transformaciones que sufren los datos; y el de Wünsche (2004) da mayor importancia a la percepción.

La representación, la interacción y la percepción se revelan como los aspectos más importantes de la Visualización de la Información.

Los modelos son lineales, y aunque brindan aproximaciones centradas en los datos y sus transformaciones, reconocen también, aunque en menor medida, el rol del usuario en las distintas etapas. Evaden, no obstante, los procesos asociados a la extracción de los datos de

un fenómeno de la realidad, o de un conjunto documental determinado, paso importantísimo que puede determinar la veracidad del resultado final. Se apoyan además en la concepción tradicional de la Ciencia Cognitiva, que considera al usuario como una unidad de análisis y procesamiento de la información sin considerar, al menos explícitamente, la influencia del ambiente y del contexto en las dimensiones culturales y sociales de los usuarios, que proporciona un conocimiento con el que interactúan al desencadenar los procesos de inferencia que amplían efectivamente la cognición. Debería pues considerarse la distinción entre las propiedades cognoscitivas individuales al manipular las herramientas de visualización. Asimismo no incluyen además la posibilidad de que la visualización tenga una dimensión social, en el sentido de que no sólo depende de la relación usuario-ordenador; el usuario suele compartir las visualizaciones con otras personas, incluso a través de la posibilidad que ofrece la Web de diseminar la información, otorgando una naturaleza social al análisis de los datos visuales. Por tanto se revelaría como igualmente importante la dimensión socio-cognitiva.

Por su parte, Purchase et al. (2008), afirman que los modelos existentes se apoyan en los formalismos de la ciencia cognitiva y de la psicología perceptual, y no reflejan los problemas inherentes a la visualización. Proponen al respecto la necesidad de elaborar dos modelos específicos para este dominio: un modelo de exploración, que incorpore la interacción del usuario con la visualización, y los aspectos dinámicos de su análisis; y un modelo de diseño de transformación, centrado en los aspectos constructivos de la visualización.

### **3.3. Métodos y técnicas para la Visualización de Información**

Craft y Cairns (2008) alertan sobre un desarrollo metodológico limitado del campo frente a una abundancia de resultados orientados al diseño de herramientas. Sostienen que la teoría de la Visualización de la Información se apoya fundamentalmente en el análisis de soluciones a partir de ejemplos, categorizar artefactos a través de taxonomías, recomendar mejores prácticas con guías propuestas, y describir, mediante los Modelos de Referencia, cómo trabajan los sistemas genéricos de Visualización de Información.

Tales esfuerzos los consideran además insuficientes, y claman por la necesidad de elaborar metodologías que esclarezcan el conocimiento elaborado en el campo y describan los pasos necesarios para la utilización de las distintas herramientas. Con el siguiente diagrama de

conocimiento, ilustran de forma muy general los distintos aspectos en los que el desarrollo teórico del campo se ha concentrado:

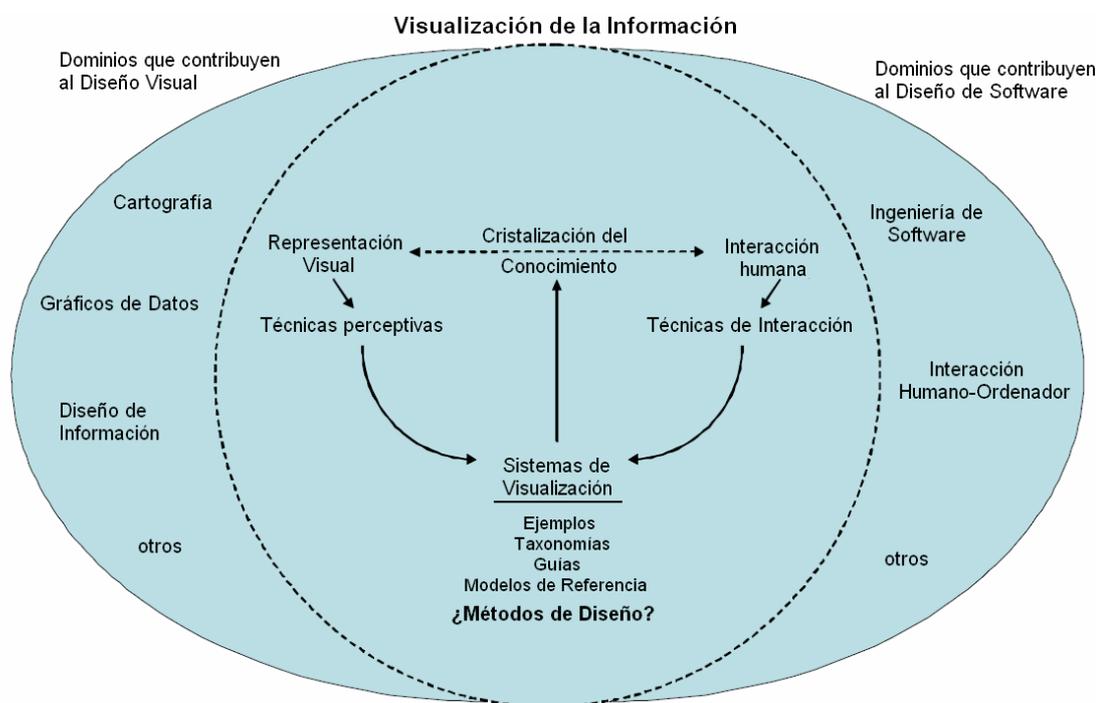


Figura 17. Desarrollo teórico en la visualización de la información (Craft & Cairns, 2008)

El componente central de esta conceptualización es la Cristalización del Conocimiento, descrito por Card, McKinlay y Schneiderman (1999) como el proceso de obtener conocimiento paso a paso con un objetivo predefinido, soportado por la interacción dinámica entre los usuarios y las representaciones visuales. Dominios como la Cartografía, los Gráficos de Datos, y el Diseño de Información contribuyen a comprender cómo los datos pueden representarse de forma visual. La ingeniería de Software y la HCI contribuyen al diseño de la interacción. El desarrollo de sistemas de Visualización de la Información en general se enfoca en los dos elementos básicos identificados por Shneiderman (1996): la representación y la interacción humana entre el usuario y la interfaz, apoyado por los ejemplos, taxonomías, guías, modelos de referencia y en general una serie de recursos relacionados con el diseño.

Erbarcher (2007) afirma que se trata de integrar aportes de múltiples dominio como:

- Ciencia de la computación, quien aporta a la viabilidad y conveniencia de las técnicas y aplicaciones propuestas, así como del desarrollo y implementación de las técnicas de visualización
- Matemática y estadística, que contribuyen a la transformación visual y a probar y diseñar algoritmos computacionales.
- Arte y arquitectura, cuyos expertos intervienen en muchos grupos de investigación para crear interesantes formas visuales.
- Psicología cognitiva, que identifica las reglas intrínsecas para diseñar una visualización considerando la percepción humana.
- Expertos de dominio, garantizan la efectividad de la visualización diseñada para el dominio específico al que pertenecen.

Un método de visualización suele considerarse un modo sistemático, basado en reglas, externo, permanente y gráfico, para representar la información de una forma apropiada, que permita adquirir y desarrollar una comprensión detallada y comunicar experiencias (Lengler & Eppler, 2007). Las técnicas de visualización, por su parte, no son métodos de diseño, son herramientas que se crean para apoyar la representación, la interacción, o ambas (Craft & Cairns, 2008)

Las técnicas aplicadas a la Visualización de la Información se interesan en tres aspectos fundamentales: la estructura de los datos, la representación, y la interacción, prestando especial atención a las metáforas visuales, los algoritmos de clasificación y distribución de los datos, y la transformación interactiva de la información visualizada de acuerdo a los criterios y tareas del (los) usuario(s). En general, se asocian además a las transformaciones de los datos principales asociadas al proceso de visualización, reflejadas claramente en el modelo de Card, McKinlay y Schneiderman (1999):

- **Transformación de los datos.** Los datos primarios asociados a fenómenos complejos de la realidad se transforman en una vista estructurada (que puede ser una tabla de datos), mediante la aplicación de técnicas estadísticas para el procesamiento de datos, con el fin de realizar una reducción dimensional de un conjunto de datos, computar parámetros, extraer características de la información, etc. Los datos se pueden corresponder con fenómenos físicos o abstractos, espaciales o temporales, y su complejidad, contexto y

propósitos determinará el tipo de representación que permita una eficaz comunicación de su esencia.

- **Mapeo visual.** Se definen las estructuras visuales apropiadas de los datos transformados para un dominio específico de aplicación. Para esto se considera una organización y distribución espacial de los datos, los objetos gráficos (puntos, líneas, áreas, volumen) a utilizar y sus atributos (posición, dimensión, orientación, color, textura, forma) que mejor se adapten a la percepción humana, y cómo representar las conexiones entre los distintos componentes visuales que se corresponden con las relaciones entre los datos. Éstos deben preservarse y la representación de las estructuras visuales no debe dar lugar a una interpretación ambigua. Las técnicas para la visualización de datos, la visualización estática de la información, y la visualización del conocimiento, son las más representativas de esta transformación.
- **Transformaciones de vistas.** Modifican interactivamente las estructuras visuales al establecer parámetros visuales dependientes de las tareas del usuario, con la finalidad de mejorar la percepción de los datos analizados. Algunas de ellas se corresponden con el llamado “mantra” de la búsqueda de la información visual, definido por Shneiderman (1996) como: “Vista general primero, filtra y amplifica, y entonces da detalles a discreción” (*Overview first, zoom and filter, then details-on-demand*), que sirve de guía para el diseño de muchas aplicaciones de Visualización de la información. Intervienen en esta transformación las técnicas interactivas, que no sólo permiten la manipulación directa de los objetos visuales, sino que además permiten a los usuarios seleccionar qué será proyectado (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999).

Herrero-Solana y Hassan-Montero (2006), detallan y comparan los diferentes pasos y algoritmos, clasificándolos según la etapa del proceso en la que intervienen, e insisten en la necesidad de nuevas investigaciones y exploraciones sobre combinaciones de técnicas, algoritmos y tipos de análisis que se experimentan en la generación de interfaces visuales, para la recuperación de la información:

Pasos	Técnicas
Análisis y transformación de los datos	Minería de datos: minería de contenido, minería de estructura, minería de uso
Aplicación de los algoritmos de clasificación y	En dependencia del tipo de metáfora visual: Jerarquías: <i>Clustering</i> o análisis de conglomerados, para preservar las relaciones de agrupación

distribución visual	Redes: <i>Pathfinder</i> o método de escalamiento, para preservar las relaciones locales más fuertes Dispersión: MDS ( <i>Multidimensional Scaling</i> ) o escalamiento multidimensional, para preservar la distancia entre los elementos Mapas: Mapas auto-organizativos o SOM ( <i>Self-Organizing Map</i> ), para preservar relaciones de vecindad
Aplicación de técnicas de transformación visual interactivas	Técnicas no orientadas a la distorsión visual: <i>Panning o scroll</i> <i>Zooming</i> Múltiples vistas ( <i>Detail+Overview</i> )  Técnicas orientadas a la distorsión visual: <i>Focus+Context</i>

Tabla 5. Pasos metodológicos para el desarrollo de interfaces visuales de recuperación de información, basados en Herrero-Solana y Hassan-Montero (2006)

Tres elementos de los mencionados merecen especial atención en la investigación del campo: las metáforas visuales, los algoritmos de clasificación y distribución visual, y las técnicas de transformación visual interactivas, por cuanto determinan en gran medida la elección de las herramientas para visualizar la información.

### 3.3.1. Metáforas visuales

Las metáforas son conceptos concretos conocidos que se usan para explicar conceptos abstractos. El uso de metáforas como un medio para organizar las ideas es un recurso con una larga historia, y su estudio es multidisciplinar. Tienen una influencia marcadamente cultural y social, y son esenciales para el aprendizaje, el desarrollo del pensamiento y la comprensión de un dominio.

En las visualizaciones, las metáforas se usan para ayudar a los usuarios a comprender los sistemas en términos conceptuales, acudiendo a su experiencia y familiaridad iniciales, explotando las habilidades humanas de cognición y percepción espaciales.

El diseño metafórico de interfaces es una tendencia en la Visualización de la Información, para facilitar el procesamiento, la cognición humana y la interacción a partir de ambientes visuales más amigables. En particular, se aplica en el desarrollo de interfaces visuales para la recuperación de la información, para reforzar la comprensión, aprendizaje y manipulación del

sistema de los usuarios finales, así como ayudar a la resolución de problemas de forma intuitiva.

Es destacado su uso en la infografía, asociado tanto a la Visualización de Datos y a la Visualización de Información, como a la Visualización del Conocimiento, con propuestas difíciles de categorizar por la interesante mezcla de recursos. Herrero-Solana (2000) propone una clasificación para este tipo de interfaces, en función de la estructura explícita de los datos a representar: jerárquicas, en red, de búsqueda, líneas de tiempo y multidimensionales.

### **3.3.2. Algoritmos de clasificación y distribución visual**

Los algoritmos de mayor popularidad son: técnicas de clustering o análisis de conglomerados (Hartigan; 1975); técnicas de poda como el método de escalamiento de red Pathfinder o PFNETs (Schvaneveldt; 1990), y de posicionamiento de los nodos como el de Kamada y Kawai (1989); técnicas estadísticas multivariantes tales como el Escalamiento Multidimensional o MDS (Multidimensional Scaling) (Kruskal & Wish, 1978); y técnicas de redes neuronales, como el modelo de mapas auto-organizativos o SOM (Self-Organizing Map) (Kohonen; 1989).

Estos métodos permiten la reducción de estructuras de datos multidimensionales a formas que se puedan representar en 2 y/o 3 dimensiones, lo cual conduce necesariamente a una pérdida de información respecto a la realidad estructural de los datos originales. En esta dirección, para preservar la estructura de los datos, *Clustering* se centra en las relaciones de agrupación, MDS se orienta a las distancias entre elementos, *Pathfinder* a las relaciones locales más fuertes, y SOM a las relaciones de vecindad. La preservación de un determinado elemento estructural (y por tanto la pérdida de otra información), condicionará la expresividad de la interfaz resultante, es decir, el grado de fidelidad con el que los datos originales se ven representados por la estructura visual de la interfaz. Al mismo tiempo, la elección de una u otra técnica condicionará la efectividad de la interfaz, la facilidad de interpretación y comprensión de ésta por el usuario (Hassan-Montero & Herrero-Solana, 2006). Pueden ser considerados complementarios ya que ofrecen diferentes soluciones para un mismo problema (Herrero-Solana; 2000).

### 3.3.3. Técnicas de transformación visual interactivas

Permiten facilitar la interacción con la representación gráfica obtenida en la etapa anterior, cuando ésta no resulta de fácil exploración, por su tamaño y complejidad. Este hecho no sólo depende de la cantidad de datos a resumir y representar en la interfaz, sino también del algoritmo o técnica de clasificación y distribución visual empleados (Herrero-Solana & Hassan-Montero, 2006):

- MDS: en sus representaciones es muy frecuente la aglomeración y solapamiento de elementos, lo que aumenta la necesidad de emplear técnicas interactivas de transformación visual que faciliten la exploración visual de la interfaz.
- PFNETs: en sus representaciones la aglomeración de elementos es menor, por lo que el empleo de técnicas de transformación visual normalmente sólo resulta necesario cuando el número de nodos y/o arcos a representar es muy elevado.
- SOM: es el que mejor aprovecha el espacio visual, ya que en su representación gráfica no existen zonas 'en blanco'. Esto significa que la aplicación de técnicas de transformación visual suele ser en la mayoría de casos innecesaria.

La Visualización de Información es aplicable a una gran variedad de datos, pero la transformación de los datos hacia una forma visual y la elección de una técnica específica, varía en dependencia de si los datos son estructurados, no estructurados o semi-estructurados. Skupin y Fabrikant (2003) recomiendan las siguientes técnicas para cada caso:

Características de los datos	Técnicas de transformación
Estructurados: Tienen variables bien definidas. Ej: bases de datos, formatos numéricos	Métodos de procesamiento estadístico como <i>scatter plots</i> o <i>multidimensional scaling</i> (MDS)
No estructurados: No tienen variables bien definidas. Ej: textos libres, páginas Web	Indización automática, procesamiento del lenguaje natural, técnicas de extracción de información
Semiestructurados: Usan un esquema para describir la estructura de los datos	XML

Tabla 6. Técnicas de transformación según características de los datos. Basado en Skupin y Fabrikant (2003)

Para reducir la complejidad inherente a escoger un tipo de visualización en un contexto de aplicación particular, se ha acudido a la definición de varias taxonomías que permitan comprender mejor la diversidad de herramientas, criterios y propuestas existentes en distintos dominios. Se mantienen en constante revisión y discusión, y pueden operar en distintos niveles de detalle con conjuntos de tareas específicas útiles para dominios particulares (Bertini, Plaisant & Santucci, 2007).

### 3.3.4. Taxonomías para la Visualización de la Información

La taxonomía de datos y tareas de Shneiderman (1996) es posiblemente la más citada. Se basa en una combinación de siete tipos de datos mutuamente exclusivos y siete tipos de tareas básicas, enfocadas fundamentalmente en la navegación y la recuperación de la información para evaluar funcionalidades<sup>18</sup>:

Taxonomía		Descripción
Tipos de datos	1 dimensión	tipos de datos lineales: documentos textuales, código fuente de un programa, lista alfabética de nombres
	2 dimensiones	datos planos o de mapas, uso de <i>Self-Organizing Maps</i> (SOM), aplicado a una colección grande de documentos textuales, donde la proximidad espacial representa la proximidad semántica de las categorías creadas
	3 dimensiones	uso de metáforas, representaciones de objetos del mundo real
	temporales	líneas de tiempo, usadas en registros médicos, gestión de proyectos o presentaciones históricas
	multidimensionales	bases de datos relacionales y estadísticas, como la visualización de relaciones entre tópicos de una colección de documentos o la visualización social
	árbol	representación de relaciones jerárquicas, como en las tablas de contenidos o en los índices
	red	se aplica cuando la estructura de árboles es insuficiente para representar relaciones complejas, como pueden ser las cocitaciones en los artículos académicos, la cocitación de autores o la representación de dominios de conocimiento
Tipos de tareas	<i>Overview</i>	Apreciación o perspectiva general de la colección
	<i>Zoom</i>	Vista enfocada a un ítem individual

<sup>18</sup> En los tipos de tareas, se ha preferido mantener los términos originales en inglés por ser los más conocidos, y referir sus acciones específicas en español.

	<i>Filter</i>	Filtrar ítems no deseados del conjunto mostrado
	<i>Detail-on-demand</i>	Brindar los detalles de un grupo, subgrupo o ítem seleccionado
	<i>Relate</i>	Advertir las relaciones entre un grupo, subgrupo o ítem seleccionado
	<i>History</i>	Historiar las acciones de deshacer, repetir y refinar las acciones
	<i>Extract</i>	Extraer un subgrupo o parámetros de un conjunto seleccionado

Tabla 7. Taxonomía de datos y tareas de Shneiderman (1996)

En 1997, alumnos de un curso impartido por Shneiderman desarrollaron una biblioteca virtual de técnicas de visualización de información (Reed & Heller, 1997) e incluyeron un nuevo tipo de datos en la clasificación: *workspace* (espacio de trabajo).

Por su parte, Chi (2000) utiliza su Modelo de Referencia de Estado de los Datos, para proponer una taxonomía que clasifique las distintas técnicas según la interacción entre los datos y operadores.

Otras taxonomías definidas por investigadores del campo, hacen mayor énfasis en las técnicas de interacción orientadas fundamentalmente a cambiar y ajustar las representaciones visuales (Shneiderman, 1996; Chuah & Roth, 1996; Zhou & Feiner, 1998; Keim, 2002; Amar, Eagan, & Stasko, 2005; Yi, Kang, Stasko & Jacko, 2007).

Yi, Kang, Stasko y Jacko (2007), a partir de una revisión exhaustiva de distintas propuestas, resumen los distintos criterios de clasificación de las técnicas de interacción: según sus dimensiones, los operadores, las tareas de usuario, o de bajo nivel; y proponen siete categorías generales, no exclusivas, basadas en los intentos del usuario:

1. Seleccionar: marcar algo que sea interesante
2. Explorar: examinar un subconjunto de los datos
3. Reconfigurar: cambiar la colocación o alineación de los datos, para tener perspectivas diferentes
4. Codificar: alterar la apariencia visual de los datos (color, tamaño, forma)
5. Resumir/Detallar: ajustar el nivel de abstracción de la representación de los datos
6. Filtrar: cambiar el conjunto de datos a presentar, sobre la base de condiciones específicas.
7. Conectar: resaltar asociaciones y relaciones entre datos representados, o mostrar datos escondidos relevantes para un elemento específico.

Pfizer, Hobbs y Powers (2001) aportan una taxonomía unificada bastante completa para facilitar la caracterización de las herramientas de Visualización de Información en términos de: nivel de habilidades y experiencia contextual del usuario, tipos de datos y sus dimensiones, tipos de tareas y de interactividad, elementos y atributos de la visualización en función de la percepción, y las relaciones entre estos aspectos, como se muestra en la figura que sigue:

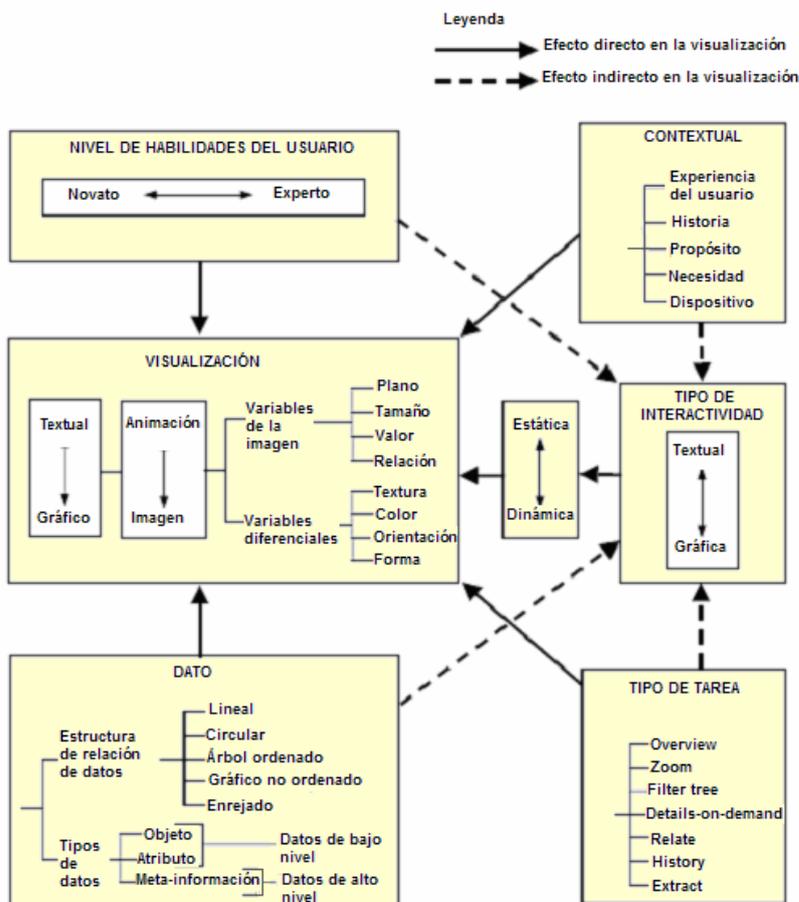


Figura 18. Taxonomía unificada propuesta por Pfizer, Hobbs y Powers (2001).

Las taxonomías para la Visualización, en general categorizan atributos de los sistemas, identificando elementos visuales e interacciones. Describen además los conceptos y características fundamentales, permitiendo la determinación de semejanzas y diferencias, la comparación de diferentes tipos siguiendo criterios pertinentes, y nuevas reflexiones e ideas encaminadas hacia nuevos propósitos. La abundancia de herramientas diversas dificulta la creación de categorías que sean claras y comprensibles para la mayor parte de los usuarios

que se encuentran en el dilema de escoger aquellas que respondan de forma más efectiva a propósitos y dominios específicos, por lo que el debate y la creación de nuevas propuestas taxonómicas es un tópico recurrente en la literatura científica del campo, relacionada específicamente la evaluación de herramientas.

### **3.4. Tópicos generales de investigación**

La investigación alrededor de la Visualización de Información ha mantenido un crecimiento sostenido en los últimos años<sup>19</sup> (Chen, 2002), por su generalizada aplicación en múltiples dominios. Se centra alrededor de tópicos variados, que tratan problemas relacionados fundamentalmente con el uso de metáforas visuales para representar la estructura y las relaciones existentes de un conjunto de datos abstracto, y cómo posibilitar una interacción que posibilite una navegación efectiva por las representaciones resultantes.

Chen (2006, xi) considera que en su evolución se pueden distinguir dos generaciones: la primera generación, en los años noventa y principios de los 2000, se enfocó en revelar estructuras que serían por otra parte invisibles de datos supuestamente no estructurados; y la segunda generación, extendida hasta la actualidad, se ha centrado en el cambio, en descubrir tendencias y cambios abruptos emergentes.

El número de revisiones y artículos en el período inicial tuvo un ascenso marcado, como se refleja en la gráfica que sigue, resultante de un estudio estadístico realizado por Chen (2002)<sup>20</sup> en la Web of Science:

---

<sup>19</sup> En <http://www.dcs.napier.ac.uk/~marting/links.html> se puede consultar una recopilación bastante completa de los principales eventos, publicaciones, libros, laboratorios, y recursos sobre este tema.

<sup>20</sup> Quien es el editor de la revista *Information Visualization* (<http://www.palgrave-journals.com/ivs/> )

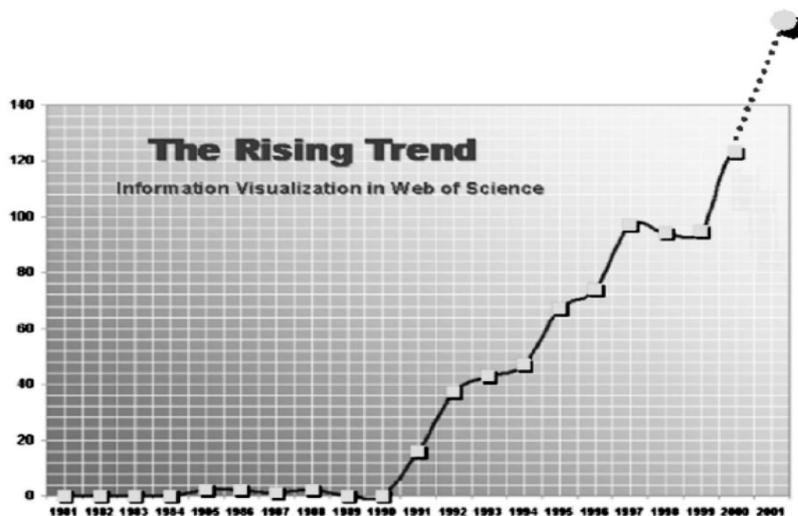


Figura 19. Crecimiento de los artículos sobre visualización de información en la década de los años '90, original de Chen (2002)

Este enfoque estructuralista de los primeros años, no fue exclusivo de la Visualización de la Información. El avance que ésta experimentó se benefició fundamentalmente del desarrollo y aplicación de algoritmos en distintas ciencias, lo que le permitió centrarse en incrementar el nivel de claridad y estética de las visualizaciones.

Ke, Börner y Viswanath (2004), identifican cómo la investigación del campo comenzó con los estudios sobre interfaces de usuario y factores humanos en la segunda mitad de los años '80. Posteriormente, dominan los trabajos sobre visualización de datos a mediados de los años '90, y la interactividad y la jerarquía son temas que mayoritariamente interesan entre 1999 y el 2002. Como campo distintivo, la visualización de la información se hace fuerte a partir de 1998 y continúa hasta el presente.

Entre las temáticas de investigación asociadas a la Visualización de la Información que frecuentemente se encuentran en la literatura científica, podemos mencionar las siguientes:

- Aspectos centrados en el usuario<sup>21</sup>: usabilidad, procesamiento de información, entrenamiento y educación, sobrecarga de información, verificación de hipótesis. (Koshman, 2004; Lohse, 1991; Bartram, 1997; Crapo, Waisel, Wallace & Willemain,

<sup>21</sup> La Visualización de información se apoya en una perspectiva centrada en el usuario, donde según Norman (1986, p. 61) el diseño da más énfasis al punto de vista del usuario que al de la tecnología, enfocándose en las necesidades, percepciones, modelos mentales y estructuras de procesamiento de información del usuario.

2000; Somervell, McCrickard, North & Shukla, 2002; Plaisant, 2004; Wünsche, 2004; Conti, 2005)

- Clasificación de la información: gráficos y redes, datos espaciales y no espaciales, estructurados y no estructurados. (Card, McKinlay & Schneiderman, 1999)
- Criterios para la representación visual: metáforas, estética, escalabilidad. (Yost, 2006)
- Técnicas de visualización e interacción: nivel de detalle, navegación, distorsión, enfoque, exploración, análisis visual. (Card, McKinlay y Schneiderman, 1999; Pfitzner et al, 2001; Kosara, Healey, Interrante, Laidlaw & Ware, 2003; Winckler, Palanque & Freitas, 2004, Ltifi et al., 2009)
- Métodos de evaluación: estudios empíricos, evaluaciones cuantitativas y cualitativas. (Pillat, Valiati & Freitas, 2005; Shneiderman & Plaisant, 2006; Ardito, Buono, Costabile & Lanzilotti, 2006; Zuk & Carpendale, 2006; Rester & Pohl, 2006; Bertini et al, 2007)
- Representaciones interactivas complejas: realidad virtual, visualización distribuida.
- Estructuras de dominios de conocimiento (Börner, Chen & Boyack, 2003; Chen, 2003, 2006)
- Aplicaciones ad hoc: visualización del software (Stasko et al., 1998; MacEachren et al, 1999) y geovisualización (Koua, MacEachren & Kraak, 2006).
- Recuperación de la información (Zhang, 2007)

Ltifi et al. (2009) apuntan el hecho de que el fuerte carácter interdisciplinar de la Visualización de la información conlleva a que en su investigación se nutra de técnicas de distintos campos relacionados como la HCI, la visualización científica, la cartografía, el análisis estadístico, la minería de datos, la imaginería y los gráficos.

Ejemplos de innovadoras aplicaciones en disímiles campos son los llamados sistemas de vigilancia sindrómicos (Yan, 2008) para el monitoreo de fuentes de información relacionadas con la salud pública y eventos adversos relacionados (epidemias, pandemias, etc.), los sistemas de inteligencia y seguridad (Chen & Xu, 2006), y el mapeo de especialidades de investigación (Morris, 2008). Intereses cada vez más retadores han contribuido al desarrollo de dos ramas específicas: la Visualización de dominios de conocimiento y la Analítica Visual.

### 3.5. Limitaciones de la Visualización de la Información

Sobre la base de los propósitos generales de la Visualización de la Información alrededor de la amplificación del proceso cognitivo, muchas de las disciplinas que investigan sobre el campo se enfocan mayoritariamente en los beneficios. Pero también es importante considerar las potenciales desventajas y riesgos asociados a visualizar la información, y que pueden provocar el rechazo por algunos usuarios en la aplicación de herramientas específicas.

Partiendo de la investigación en la literatura científica, Bresciani y Eppler (2008) apuntan que las áreas del conocimiento que han tratado algunos de los riesgos y desventajas de la visualización, se relacionan con las representaciones diagramáticas, la HCI, las representaciones gráficas estadísticas, el diseño gráfico y la arquitectura, la gestión, estudios socio-culturales, la educación y la instrucción, la ingeniería y la lógica. Identifican además como problemas esenciales:

- Percepción potencialmente engañosa de la fiabilidad de una visualización: pueden parecer más convincentes y legítimas de lo que en realidad son.
- Múltiples significados implícitos inherentes a las visualizaciones (ambigüedad en las interpretaciones).
- Altos prerequisites para la interpretación de la representación visual: la eficacia depende de la experiencia anterior del usuario y de su alfabetización visual.

Posiblemente una de las desventajas más evidentes sea la de la ambigüedad visual de la imagen, dependiente de tres categorías fundamentales: las propiedades visuales de la imagen, la persona que la interpreta, y la interacción con la representación visual. Eppler, Mengis y Bresciani (2008, pp. 391-396) discuten siete tipos de ambigüedad visual de acuerdo a tres categorías: ambigüedad icónica, simbólica e indexada (categoría visual); ambigüedad de las bases del intérprete y de familiaridad (categoría personas), y ambigüedad de enfoque y alcance (categoría de interacción).

A partir de las distintas opiniones de expertos, Bresciani y Eppler (2008) consideran las causas de los problemas (inducidos por el diseñador o el usuario), efectos (sociales, cognitivos y emocionales) y contramedidas o remedios (fundamentales vs. enfocados en los cambios, drásticos vs. cosméticos, sustanciales vs. mejoras rápidas).

A partir de su análisis proponen una clasificación de las desventajas y riesgos encontrados (Tabla 8), para ayudar a prevenir, reducir o eliminar amenazas tanto a los usuarios como a los diseñadores.

	Inducidas por el diseñador Intencionales no intencionales	Inducidas por el usuario
<b>Cognitivas</b>	Ambigüedad Ruptura de convenciones Confusión Costo de hacer explícito Codificación enigmática Desenfoque Esconder/disimular Significado implícito Inconsistencia Poca exactitud Percepción engañosa Principios de la <i>Gestalt</i> no respetados Determinismo exagerado Apariencia de alta o baja fiabilidad Demasiada complejidad Demasiada simplicidad Redundancia Manejo de la tecnología /plantilla Tiempo consumido para producir Vaguedad Desnivel	Ceguera ante el cambio Cauce del pensamiento Dependencia de habilidades perceptivas Dificultad para comprender Grandes requerimientos de recursos y entrenamiento Mal uso Sobrecarga Reificación relevancia equivocada
<b>Emocionales</b>	Distracción Aburrimiento Fealdad Uso equivocado del color	Estrés visual Preferencias personales Conocimiento previo y experiencia
<b>Sociales</b>	Conflicto permitido Jerarquía, ejercicio del poder Impedir la conversación Ritmo desigual de motivación Alteración Participación desigual	Conducta alterada Diferencias culturales Desinterés por la interacción no verbal Efecto armazón Diferentes perspectivas Esconder diferencias de opinión Gasto de tiempo para ponerse de acuerdo.

Tabla 8. Clasificación de las potenciales desventajas de la visualización de la información, según Bresciani y Eppler (2008)

Tal recopilación muestra una mayor incidencia de factores cognitivos, pues han sido los de mayor interés de estudio, minimizando los emocionales y sociales.

Como instrumento de trabajo, esta clasificación puede ayudar a los usuarios a determinar cuáles son sus posibles predisposiciones, a los diseñadores a chequear la calidad de su trabajo y a crear nuevas guías de diseño, y a los evaluadores de herramientas a enriquecer sus criterios para lograr una mayor efectividad en su uso. Puede ser una guía efectiva además para estudiar las características de los usuarios en un dominio determinado ante herramientas visuales específicas.

### **3.6. La evaluación en la Visualización de la Información**

Winckler et al. (2004) definen algunos principios básicos para la evaluación de las técnicas de visualización de información en escenarios específicos:

- Identificar las metas del usuario y verificar si el usuario puede alcanzarlas con una aplicación que utilice técnicas de visualización de información.
- Identificar qué mecanismos de interacción son útiles para apoyar las tareas del usuario.
- Identificar las funciones gráficas empleadas para mostrar la información.
- Relacionar las metas del usuario, los mecanismos de interacción y la representación gráfica.

Al analizar los principales modelos de referencia, se puede inferir que al abordar la evaluación no se deben separar los aspectos visuales de la representación de los datos y la interfaz gráfica de los mecanismos que ayudan al usuario a interactuar con dicha representación visual. Blackwell y Engelhardt (1998) consideran que las visualizaciones dependen de los objetivos de búsqueda de información de los usuarios y proponen las siguientes dimensiones taxonómicas según las representaciones diagramáticas. Por lo abarcadora que es esta propuesta, puede ser un recurso válido para analizar y evaluar los métodos y herramientas de Visualización de Información:

1. La representación (la proyección gráfica)
  - 1.1. El dominio gráfico (vocabulario gráfico)
  - 1.2. Estructura gráfica (relaciones espaciales/visuales)
2. El mensaje (la información representada)

- 2.1. El dominio de la información (categorías ontológicas)
- 2.2. Estructura de la información (propiedades relacionales)
3. Relación entre representación y mensaje
  - 3.1. Correspondencia pictórica (realista/abstracta)
  - 3.2. Correspondencia analógica (cartografía o mapeo de la estructura)
4. Tareas y procesos (interpretando y modificando las representaciones)
  - 4.1. Procesamiento de la información (percepción y resolución de problemas)
  - 4.2. Herramientas (interacción con la representación)
5. Contexto y convención (contexto cultural y comunicativo)
  - 5.1. Contexto comunicativo (roles en el discurso)
  - 5.2. Convenciones culturales (sociedad y representación)
6. Representación mental (diagramas en la cabeza)
  - 6.1. Imaginería mental (naturaleza de las representaciones internas)
  - 6.2. Variación interpersonal (diferencias entre personas)

Los estudios realizados sobre la evaluación de la Visualización de Información mencionan distintos métodos y la preocupación acerca de cuáles aportan mejores resultados sobre la base de la percepción de los usuarios, con qué métricas, con qué limitaciones y costos.

Rester y Pohl (2006) consideran que una evaluación sustentable de cualquier técnica de Visualización de Información interactiva debe incluir los siguientes aspectos, pero cada una de estas partes requiere métodos de investigación convenientes que pueden ser combinados o no:

1. Una evaluación de usabilidad para distinguir entre las debilidades de la aplicación y las de la técnica.
2. Un experimento para coleccionar los datos cuantitativos.
3. Un estudio de caso para asegurar la validez ecológica.
4. Una valoración de la generalización a otros contextos.

El uso combinado de métodos cualitativos (grupo de enfoque, entrevistas individuales) y cuantitativos (el estudio experimental) de la HCI es apropiado para evaluar las aplicaciones de Visualización de Información, “porque permite examinar datos recogidos de maneras diferentes y complementarias, establecer semejanzas o diferencias y proporcionar rigor al estudio.” [Mazza (2006)].

### 3.6.1. Métodos de evaluación

Plaisant (2004) afirma que la evaluación de las herramientas de Visualización de Información se aborda fundamentalmente desde cuatro áreas temáticas:

1. Experimentos controlados, que comparan elementos del diseño.
2. Evaluación de usabilidad de una herramienta, que proporcionan criterios de los usuarios que aporten a los diseñadores cómo perfeccionar el diseño.
3. Experimentos controlados, para comparar dos o más herramientas o “nuevas herramientas con el estado del arte” (estudio común).
4. Estudios de caso de herramientas en escenarios reales (el menos común), con la ventaja de demostrar la factibilidad en el contexto de los usuarios, y la desventaja de no ser “replicables ni generalizables”.

Para examinar la funcionalidad y facilidad de los sistemas de visualización, se mencionan en general los estudios de usuario (Kosara et al, 2003), las inspecciones de usabilidad (Tory & Möller, 2005) y la comparación empírica de técnicas (Chen & Yu, 2000). Algunos de estos métodos requieren de técnicas de validación analítica (heurística o por inspección) que verifican la ergonomía de la interfaz, buscando identificar posibles problemas en la interacción del usuario con el ordenador.

Tipo de evaluación	Método	Descripción
Experimentos controlados	Desempeño del usuario	Se cuenta con una lista de tareas que deben ejecutar los usuarios, mientras el evaluador observa y registra el tiempo de ejecución y la calidad de la solución del usuario. En general, se mide la exactitud (precisión, errores) y la eficiencia (tiempo invertido para completar las tareas). Este método puede usarse para verificar si una herramienta de la investigación en vías de desarrollo está sirviendo a las necesidades del propósito y ayuda a que los investigadores comparen una herramienta recientemente introducida con las herramientas existentes que se consideren estado del arte de la tecnología. (Wiss, Card & Johnsson, 1998; Juarez, Hendrickson & Garrett, 2000; Chen & Yu, 2000; Chen & Czerwinski, 2000; Plaisant,

		Grosjean & Bederson, 2002; Wang, Teoh & Ma, 2006)
	Comparación de dos o más herramientas	Se compara típicamente un número determinado de herramientas, sus respectivas características y elementos de diseño. Puede comparar una nueva herramienta o técnica con el estado del arte, resaltando las mejoras y diferencias entre las distintas herramientas. (Wiss et al., 1998; Kobsa, 2001; Plaisant et al., 2002)
<b>Evaluación de usabilidad</b>	Evaluación con usuarios	Se enfoca en aspectos de usabilidad relacionados con las interfaces, identificando problemas, da sugerencias y ayuda a diseñar una nueva solución. Los resultados dependen de la habilidad de los participantes y de sus opiniones, lo que aporta una subjetividad dependiente del conocimiento y experiencia de los participantes que puede conducir a un gasto de tiempo y dinero. (Kobsa, 2004; Freitas et al., 2002). Este método se ha conducido también en casos de atención limitada como en Somervell et al. (2002).
	Evaluación heurística	Entre las fundamentales se mencionan las de Baldonado et al. (2000), destinadas a visualizaciones de múltiples vistas; las de Amar y Stasko (2004) para un nivel cognitivo específico basado en las tareas y el conocimiento y “útiles para evaluar los procesos de descubrimiento”, las de Zuk y Carpendale (2006) “útiles para evaluar la percepción”, las de Shneiderman (1996) apoyadas en las tareas y la usabilidad, y las de Tory y Möller (2005) sobre guías de visualización y usabilidad (Zuk et al., 2006). Los resultados en la evaluación heurística pueden ser subjetivos y variar de acuerdo a la habilidad del evaluador de encontrar problemas.
	Evaluación métrica	Se mide la efectividad de una herramienta, de acuerdo a criterios de diseño y de evaluación (expresividad y efectividad, dependencia del dominio, multidimensionalidad, clasificación de la herramienta, escenario de tareas...). Se apoya básicamente en taxonomías de tareas de usuarios, incluyendo mecanismos de interacción. Necesita mejorar en sintetizar y unificar las taxonomías de tareas de los usuarios y mecanismos de interacción, en busca de identificar las tareas clave para un dominio determinado. (Mackinlay, 1987; Wehrend & Lewis, 1990; Brath, 1997b; Yang-Pelaez &

		Flowers, 2000; Winckler et al., 2004; Pillat et al., 2005)
<b>Estudios de caso de herramientas en escenarios reales</b>	Estudios longitudinales o estudios de campo	González y Kobsa (2003) y Plaisant (2004) ayudan a descubrir la efectividad, problemas y uso de una herramienta en un ambiente de trabajo real durante un largo período de tiempo. Parte de una necesidad expresada a través de un informe administrativo, donde se indica la dificultad de integrar un sistema de visualización a las prácticas laborales, y se expresa la necesidad de un rediseño. Se destaca la propuesta metodológica de Shneiderman y Plaisant (2006), inspirada en los métodos etnográficos y en la evaluación de herramientas de apoyo a la creatividad.
	Evaluación basada en la percepción	Es un método empírico reciente que permite a los evaluadores medir la efectividad a partir de cuantificar la percepción de los usuarios usando diferentes características. Aún se está valorando su factibilidad y se propone aplicar en los estudios longitudinales. (Saraiya, North & Duca, 2004, 2005)
<b>Uso de modelos cognitivos</b>	Arquitectura para evaluar aplicaciones de visualización CAEVA ( <i>Cognitive Architecture to Evaluate Visualization Applications</i> ) de Juárez-Espinosa (2003)	Permite a los usuarios simular el uso de la visualización, mientras los investigadores analizan sus acciones como estrategias de solución, control, fallos y limitaciones de memoria, y aprendizaje, obteniendo sus procesos de pensamiento a un costo relativamente bajo.

Tabla 9. Métodos para evaluar la visualización de la información

Los métodos de evaluación para la Visualización de Información basados en experimentos controlados y los de usabilidad son las más comunes y necesitan adecuarse en función de un dominio o trabajo dado. (Chen & Yu, 2000)

Los estudios con usuarios reales, aunque se consideran los métodos más completos, no suelen recomendarse en la literatura consultada por el gasto de tiempo que conllevan o la ambigüedad y subjetividad en los resultados (Ardito et al., 2006). No obstante, siguen considerándose en los estudios de caso controlados como, por ejemplo, en los que se les entrega una visualización impresa a los usuarios, se les pide que anoten libremente los descubrimientos y patrones y luego se analizan en conjunto los resultados agrupándolos por similitudes (Bertini et al., 2007).

Plaisant (2004) afirma que reportes informales de usuarios especializados a los diseñadores sobre el uso y desempeño de las herramientas también pueden aportar criterios sobre su potencial utilidad y usabilidad.

Winckler et al. (2004) consideran que la evaluación de las técnicas de Visualización de Información se debe apoyar en “pruebas empíricas de los mecanismos de representación visual y de interacción”, y para esto se debe disponer de una clasificación de las tareas del usuario, y considerar las tareas relacionadas con el uso de la visualización de información en distintos niveles de abstracción (presentación visual, interacción, abstracción, y metas del usuario).

Los estudios empíricos pueden mejorarse, pues se escoge un juego de tareas que “generalmente sólo incluye tareas sencillas” (Plaisant, 2004), para probar la actuación general de las herramientas que se comparan, pero puede favorecer a uno u otra creando un prejuicio. Se deben por tanto, seleccionar los datos y las tareas en un “proceso ad-hoc”, que puedan ayudar al desarrollo de taxonomías de tareas y repositorios de conjuntos de datos y tareas de referencia que puedan contribuir a la reutilización y evaluar la visualización desde perspectivas diferentes.

### **3.6.2. Criterios ergonómicos para la evaluación de la Visualización de Información**

Distintos autores han abordado sus investigaciones desde la Psicología y la Ergonomía Cognitiva para analizar la Visualización. Algunos ejemplos relevantes son los siguientes:

- Csinger (1992), quien elabora un modelo de visualización a partir de la Psicología.
- Ingram y Benford (1995), quienes proponen soluciones para lograr la legibilidad desde el diseño de la Visualización de Información para mejorar la navegabilidad.
- Brath (1997a), quien brinda una guía para herramientas tridimensionales de Visualización de Información, tanto desde la perspectiva de la interacción como de la visualización, e insiste en la necesidad de garantizar la calidad de los datos y su correspondencia con el objetivo.
- Bartram (1997), quien analiza las propiedades perceptivas e interpretativas del movimiento en la Visualización de Información.
- Card, McKinlay y Schneiderman (1999), quienes proponen “seis vías a partir de las cuales las visualizaciones aumentan la cognición: 1) incrementando la memoria y procesando los recursos disponibles de los usuarios; 2) reduciendo la búsqueda de información; 3)

usando representaciones visuales para reforzar el descubrimiento de patrones; 4) habilitando operaciones de inferencia perceptivas; 5) usando mecanismos perceptivos de atención para el monitoreo y 6) codificando la información en un medio manipulable”.

- Crapo et al. (2000), quienes analizan el proceso de modelación en la Visualización desde un punto de vista cognitivo.
- Kraidy (2002) quien analiza el impacto cognitivo de la Visualización de información en los medios digitales y en la Educación.

La Visualización de Información utiliza las representaciones gráficas como apoyo para suplir las limitaciones de la memoria de trabajo. La indización espacial en la imagen permite una rápida localización y acceso a los datos, y por tanto permite agilizar el razonamiento. Utiliza distintas formas de representación visual en la búsqueda de una comprensión más profunda y extensa de las relaciones implicadas entre los elementos contenidos y representados en la información y de sus relaciones intertextuales con otros conceptos y representaciones, y permite crear nuevas relaciones mentales y potenciar las inferencias.

Transforma, por tanto, lo abstracto (conceptos y relaciones lógicas, temporales, sintácticas) en concreto (objetos y relaciones visuales espaciales) para facilitar el razonamiento. El carácter concreto de la imagen induce al razonamiento a elegir una opción (o mantener una estrategia de discriminar vías de trabajo alternativas que se tratarán sucesivamente) y su carácter espacial obliga a una explicitud en las representaciones visuales, lo que puede favorecer el rápido acceso y la comprensión de la información, de personas con distintos niveles de conocimientos previos y experiencia.

Las posibilidades que brindan distintas herramientas de Visualización de Información de transformar la vista de la imagen representada partiendo de un panorama global en la representación y filtrar o enfocarse en algún detalle, entre otras, permite indagaciones o profundizaciones progresivas, y proporcionar sobre los mismos datos de partida la posibilidad de múltiples representaciones para apoyar el razonamiento.

La comprensión efectiva de la información visualizada depende de la percepción, la cognición, las tareas específicas de los usuarios y sus metas (Tory & Möller, 2004). Puede estar influenciada incluso por factores físicos (iluminación, entorno, etc.) o psicológicos (el usuario puede tener prisa o desviar su atención sobre algún detalle importante de la representación visual por priorizar otras tareas). Por esta razón, se considera imprescindible tener en cuenta

los conceptos de la Ergonomía Cognitiva en el diseño y evaluación de las herramientas de Visualización de Información para lograr que el usuario pueda interactuar de la forma más fácil posible con la información y para aprovechar al máximo las potencialidades del sistema.

Además de prestar la atención acostumbrada a los algoritmos de visualización por los diseñadores, se recomienda determinar previamente las guías, requerimientos funcionales y restricciones del sistema sobre la base del estudio de los usuarios y sus limitaciones, preferencias y valores, objetivos (generales y específicos), conocimiento y experiencia, procesos de pensamiento, ambiente físico, tareas que debe realizar, problemas que el sistema debería resolver y otras tareas a ser ejecutadas en función de la carga cognitiva del usuario, información que permite además disponer de determinados criterios ergonómicos para evaluar las distintas etapas de desarrollo de la visualización.

Para evaluar la efectividad de la representación de las herramientas de Visualización de Información en 3D, Brath (1997b) propone los siguientes criterios:

- Número de puntos de datos: Número posible de valores de datos que pueden representarse en una pantalla.
- Densidad de datos: Número de puntos de datos/número de píxeles.
- Complejidad: Mayor número de dimensiones que pueden mostrarse en la visualización.
- Efectividad del mapeo: Mide la efectividad del mapeo de cada dimensión de datos en una dimensión visual.
- Porcentaje de oclusión: Número de puntos de datos completamente ocultos/número de puntos de datos.
- Por ciento de puntos identificables: Número de puntos de datos visibles en relación con cada uno de los otros puntos de datos visibles/(número de puntos de datos visibles/número de visibles puntos de datos)

Freitas et al. (2002) definen los siguientes grupos de criterios para examinar la usabilidad de las representaciones visuales y de los mecanismos de interacción:

#### 1. Representaciones visuales

- Completitud: Representar todos los contenidos semánticos de los datos, teniendo en cuenta las restricciones de la representación visual (tamaño del despliegue, cantidad

máxima de elementos mostrados) así como su complejidad cognoscitiva (densidad y dimensiones de los datos, relevancia de la información desplegada).

- Organización espacial: Relacionado con el esquema de distribución de los elementos de información en la representación visual y la facilidad para localizarlos según su posición u orientación.
- Codificación de la información: Uso de símbolos adicionales o representaciones alternativas para ayudar en la percepción (ejemplo, grupos de elementos en racimos).
- Transición de estado: Relacionado con el tiempo usado para reconstruir la representación visual después de una acción del usuario, y los cambios realizados en la organización espacial

## 2. Mecanismos de interacción

- Orientación y ayuda: Funciones de apoyo al usuario (nivel de detalle, deshacer acciones, información adicional, etc.)
- Navegación e interrogación: Posibilidad de manipular las representaciones, indagando y preguntando por informaciones específicas.
- Reducción del conjunto de datos: Uso de filtros y enfoques para una mayor comprensión de la representación visual.

En este caso se infiere la necesidad de un modelado de usuarios para ajustar la usabilidad en función de cada tipo.

Luzzardi y Freitas (2004) se apoyan en los criterios de Bastien y Scapin (1993) y en las bases conceptuales de la HCI, para proponer nuevos criterios destinados a evaluar la representación visual en función de los mecanismos de interacción de las técnicas de visualización de información jerárquicas y proponen el uso de métodos heurísticos para evaluar los mecanismos de interacción:

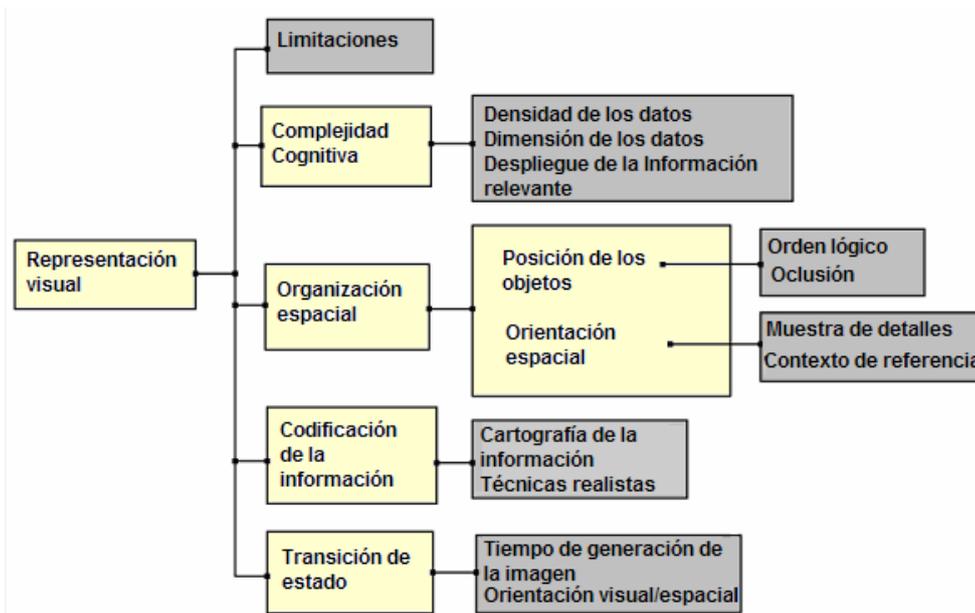


Figura 20. Criterios para evaluar la representación visual (Luzzardi y Freitas, 2004)

En su análisis sobre los retos de la evaluación de la Visualización de Información, Plaisant (2004) da particular importancia a no obviar la percepción de los usuarios teniendo en cuenta el contexto y sus distintos niveles de experiencia. Al respecto, señala que en la evaluación, se suelen usar usuarios principiantes a los que se les observa por un período corto de tiempo mientras usan una herramienta o componente particular. Como todavía están aprendiendo la sintaxis de bajo nivel de la interfaz, no pueden enfocarse en el significado de lo que ven, por lo que en estos casos se recomienda alargar el tiempo de observación para controlar las diferencias individuales y dirigir este proceso por expertos del dominio.

Otra reflexión se relaciona con el aprendizaje en la evaluación, en la necesidad de medir el impacto de componentes específicos de la visualización que exigen además a los usuarios manipular las representaciones textuales para hacer búsquedas de información adicional o minería de datos. En ocasiones, en experimentos controlados, la evaluación parte de un conjunto de preguntas que los usuarios no entienden, por lo que se recomienda que se formulen de forma simple para que pueda considerarse la medida del tiempo de la evaluación, o permitir previamente que los usuarios exploren libremente la visualización de los datos y pregunten al respecto, y tener en cuenta además ayudas alternativas que permitan la asimilación de la visualización no sólo a los usuarios principiantes, sino también a aquellos con algún tipo de discapacidad.

Plaisant (2004) señala además que los estudios del usuario normalmente señalan el tiempo para completar las tareas y las proporciones de error, medidas de satisfacción subjetiva que están volviéndose comunes al conducir el aprendizaje y que atentan contra la estimación de riesgos asociados a los errores y contra las oportunidades de descubrir tendencias o fenómenos en los datos.

A partir de lo investigado, se pueden hacer las siguientes recomendaciones para la evaluación de las herramientas de la Visualización de Información:

1. La evaluación debe estar presente en todas las etapas del desarrollo de las herramientas.
2. La usabilidad se debe considerar como calidad de uso, y analizar por niveles de complejidad, apoyándose en las distintas taxonomías definidas.
3. La evaluación debe apoyarse y ser controlada por principios heurísticos y criterios ergonómicos particulares que cubran las necesidades de la Visualización de Información.
4. Se deben utilizar distintos métodos y contextos, y contrastar resultados.
5. No se debe obviar la percepción del usuario participante en la evaluación, especialmente ante representaciones complejas.
6. Se debe prestar especial atención a los procesos de transformación de los datos y a las técnicas escogidas para ello.
7. Deben ser considerados los distintos niveles de complejidad en la evaluación de las tareas, prestar especial atención a la arquitectura de la información y a la conducta cognitiva del usuario ante la información, intentando para ello un acercamiento a situaciones reales.
8. Se deben escoger en los experimentos controlados usuarios con distintos niveles de conocimiento, experiencia y habilidades, asignando en cada caso un juego diferente de tareas adecuado a sus características, en busca de resultados más realistas
9. Considerar en la evaluación ayudas alternativas y facilidades de aprendizaje de la herramienta en cuestión.
10. Utilizar bases de conocimiento que apoyen el proceso de evaluación, y registrar los resultados para investigaciones futuras.

## **Conclusiones Parciales**

1. La Visualización de la información tiene un basamento interdisciplinar, y antecedentes importantes en investigaciones y enfoques aportados por otras disciplinas (como la Estadística, la HCI y la Psicología Cognitiva, entre otras) impulsados por los distintos cambios paradigmáticos.
2. El objetivo fundamental de la Visualización de Información es ampliar la cognición a partir de representaciones visuales de las estructuras contenidas en la información y de la interacción con y entre ellas.
3. La Visualización de Información se solapa en su alcance con otras áreas de estudio de la Visualización (Visualización de Datos, Visualización del Conocimiento, Visualización Científica) por la posibilidad de la representación gráfica y de descubrir patrones con ayuda de la interacción y la exploración visual.
4. Los modelos de referencia coinciden en representar como elementos fundamentales los datos, las transformaciones de los datos, la interacción y la percepción, y muestran que para lograr una adecuada Visualización de Información, se necesitan una serie de transformaciones a partir de los datos en función de establecer estructuras, relaciones, conceptos y una reducción dimensional (en caso que se requiera), usando un lenguaje gráfico previamente escogido y teniendo en cuenta la experiencia, el dominio y el contexto, básicos para interactuar y obtener nuevas perspectivas y nuevos conocimientos.
5. Aún se exploran nuevas técnicas para visualizar la información y se plantea por distintos autores la necesidad de nuevas investigaciones y exploraciones sobre combinaciones de técnicas, algoritmos y tipos de análisis en la generación de interfaces visuales para la recuperación de información.
6. Las taxonomías de las técnicas de la Visualización de la Información, priorizan la representación y la interacción.
7. En la evaluación de las herramientas de Visualización de Información se deben considerar tanto los aspectos visuales de la representación de los datos como los elementos de la interfaz gráfica.
8. Los métodos fundamentales que se usan al evaluar las herramientas de Visualización de Información son: los experimentos controlados, evaluación de la usabilidad, estudios de caso de herramientas en escenarios reales, uso de modelos cognitivos y la evaluación heurística.

9. Es importante tener en cuenta distintos niveles de complejidad y de experiencia, la percepción del usuario, el dominio para la cual fue creada la herramienta, y el contexto de trabajo en que se evalúa
10. Se deben tener en cuenta los enfoques de la Ergonomía Cognitiva y los potenciales riesgos y desventajas en la evaluación desde el diseño de las herramientas de Visualización de la Información, lo cual permitirá mejorar los criterios de selección de las herramientas y puede contribuir a diseñar herramientas más eficaces.
11. Por sus múltiples aplicaciones en el campo de la Ciencia de la Información, ésta debe explorar la factibilidad de las distintas herramientas y técnicas existentes y ampliar la investigación académica sobre la Visualización de Información desde sus distintas perspectivas interdisciplinarias.

## PARTE II. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CIENCIA DE LA INFORMACIÓN

### CAPÍTULO 4. ÁMBITO DE LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN

El interés por representar la información con el fin de obtener, preservar y transmitir conocimiento, ha estado siempre presente en la historia de la humanidad, subordinado esencialmente a las características sociales y culturales de contextos determinados, y a la importancia que al conocimiento científico se le ha dado en cada momento, vinculado o no, con la naturaleza del trabajo. Y fue precisamente el reconocimiento al uso y transmisión del conocimiento como una responsabilidad social de gran relevancia, el factor fundamental que, ante determinadas condicionantes históricas, determinó el surgimiento de la Ciencia de la Información a mediados del siglo XX, en el ámbito de la comunicación humana (Wersig & Neveling, 1975; Belkin & Robertson, 1976) y de la revolución de la computación o fenómeno de la “informatización”.

Múltiples enfoques se brindan con frecuencia en la literatura científica acerca de la naturaleza de este campo, su esencia y autonomía como ciencia social, destacándose los provenientes de la Filosofía y Sociología de la Ciencia (Brookes, 1980a; Hjørland, 2000, Abbott, 2004; Holland, 2008) y la Epistemología (Fallis, 2000, 2006; Hjørland, 2002a; Capurro, 2007). En particular, la comprensión del fenómeno informacional y de las interacciones interdisciplinarias, han requerido de un espacio analítico en las ciencias con múltiples visiones y aproximaciones, y su enfoque de análisis determina en gran medida la interpretación científica de la Ciencia de la información.

Las peculiaridades en su fundación y desarrollo, con múltiples perspectivas y contribuciones teóricas y prácticas provenientes de otros campos, han determinado además que en su desarrollo la disciplina reciba distintas denominaciones, como (en inglés) “*library science*”, “*information studies*”, “*library and information science*”, o “*library, documentation, and information studies*”. Hjørland (2000) analiza esta problemática y sostiene que su solución depende de clarificar teóricamente las cuestiones que aún existen acerca del significado de “*información*” y “*ciencia de la información*”, a partir de la comprensión de las diferentes aproximaciones o “paradigmas”. Otros análisis posibles podrían realizarse a partir del estudio

de la incorporación de contenidos interdisciplinarios en los programas educativos asociados a la disciplina, que fundamentalmente en escuelas de Bibliotecología bajo distintas influencias, han incorporado en distintos momentos históricos a los documentalistas, especialistas audiovisuales, científicos de la información, especialistas en sistemas de información, gestores de recursos de información, entre otros, provenientes de distintas disciplinas.

En particular se destaca la problemática que redundaba en si este campo se debe denominar “ciencias” o “ciencia” de la información”, dependiente de concepciones teóricas diferentes. En general, la primera opción se corresponde con una corriente europea y la segunda con la estadounidense.

A continuación se pretende mostrar un panorama general del ámbito de la Ciencia de la información, a partir de tres aproximaciones fundamentales: su evolución histórica, las principales relaciones interdisciplinarias que establece, y los cambios en su estructura, a partir de las investigaciones sobre su base intelectual por distintos autores.

#### **4.1. Apuntes sobre la evolución histórica de la Ciencia de la Información**

Como actividad disciplinar y profesional, la Ciencia de la Información emerge en medio de un súbito auge de la ciencia y la tecnología durante el período de posguerra a partir de 1945 orientado a apoyar el progreso económico, social y tecnológico. Se sustenta en una tradición investigativa y humanista de la Biblioteconomía y la Documentación; y se nutre de cuestionamientos y teorías sobre la información de gran influencia posterior, inspiradas en reflexiones relacionadas con el fenómeno de explosión de la información científica y su uso con fines pacíficos (Bush, 1945a; 1945b). La Cibernética (Wiener, 1948), la teoría matemática de la comunicación (Shannon & Weaver, 1949), la teoría general de los sistemas (Bertalanffy, 1951), los lenguajes naturales para recuperar información (Mooers, 1951) y las limitaciones acerca del procesamiento humano de la información (Miller, 1956), constituyeron referentes teóricos importantes de gran ascendencia.

Los avances tecnológicos, las crecientes necesidades de los usuarios, factores económicos, la dinámica de las ciencias (con procesos de especialización e interdisciplinariedad) y del cambio en todas las esferas sociales, son factores generales que motivaron un replanteamiento de una visión tradicional proveniente de la documentación y la

bibliotecología, y comenzara un interés por fenómenos más abstractos como la información y el conocimiento. En particular, la convergencia de varias ciencias y tecnologías relacionadas con la información, impulsadas por el acelerado desarrollo científico-técnico durante y después de la Segunda Guerra Mundial, condujo a un reconocimiento explícito de la importancia de disponer de individuos entrenados en el uso de tecnologías de información para el procesamiento de datos, el desarrollo de sistemas de información, y su uso para la toma de decisiones (Debons & Otten, 1969).

La intermediación mecánica y las técnicas introducidas en los procesos documentales, en relación directa con el surgimiento de las computadoras, y el desarrollo masivo de la información al servicio de la industria y la investigación bélica y militar, también determinaron una nueva conceptualización de la documentación en un contexto comunicativo y tecnológico diferente. Al respecto, Vannevar Bush, desde su posición de director de la Oficina de Investigación Científica y Desarrollo (*Office of Scientific Research and Development, OSRD*) de los Estados Unidos, alerta sobre el constante crecimiento exponencial de la información, y de los registros de información, esencialmente en ciencia y tecnología, y la problemática de facilitar su acceso, proponiendo como solución el uso de una tecnología emergente para combatir este problema (Bush, 1945a). Propone además un fortalecimiento de la relación academia-industria-gobierno para el desarrollo científico a través de una fundación nacional de la ciencia, que se dirigiera a potenciar el intercambio internacional de la información científica, su publicación, levantar las restricciones de seguridad para su diseminación, y apoyar la tecnología de información con la ayuda de técnicas bibliotecarias (Bush, 1945b). El gobierno norteamericano, que nota la necesidad estratégica de potenciar las investigaciones científicas y tecnológicas para el desarrollo económico de la sociedad y la seguridad militar, reconoce la importancia de disponer de los medios para suministrar información relevante a individuos, grupos y organizaciones comprometidos con estos temas. Aprueba entonces la propuesta de Bush y crea en 1950 la *National Science Foundation*, para ordenar e impulsar el desarrollo de infraestructuras que potenciaran el intercambio con otros países, y apoyaran la diseminación de la información científico-técnica de valor científico acorde al interés nacional. (Saracevic, 1992, 1999). Esta iniciativa pretendía básicamente canalizar todo el esfuerzo científico generado durante la guerra, en tiempos de paz.

En los años 50, investigadores de distintas ramas se interesan por solucionar el problema enunciado por Bush (1945a) y por los problemas derivados de la comunicación científica, revelándose un interés marcado por la información con un enfoque limitado a los sistemas de

almacenamiento y recuperación de la información (Salton, 1966; Ørom, 2000) y cruces disciplinares, lo que impulsa un cambio en una práctica profesional que hasta el momento no satisfacía las necesidades que el contexto social y científico demandaba.

No existe un consenso acerca de cuáles son las raíces disciplinares de la Ciencia de la información. Shapiro (1995), por ejemplo, considera que se encuentran en el estudio de los libros y las bibliotecas formalizados a partir de la bibliografía (*bibliography*), la biblioteconomía (*librarianship*), y la bibliotecología (*library science*); en los procesos de suministro de documentos a los buscadores de información acuñados por Otlet en 1903 como *documentación*; y en el uso de la información como equivalente de *referencia*, que condujo al término *recuperación de información*, introducido por Calvin N. Mooers en 1950. Harmon (1971) explica su emergencia a partir de una expansión y metamorfosis de la documentación y la recuperación de información, y de la incorporación directa o indirecta de objetivos y conceptos de las ciencias de la comunicación y del comportamiento. Por otra parte, la interpretación de Capurro (2003) sostiene que los orígenes de la Ciencia de la información se encuentran en la ciencia de los mensajes ligada a todos los aspectos sociales y culturales propios del mundo humano, en la bibliotecología clásica, y en el impacto de los ordenadores en el proceso de producción, recolección, organización, interpretación, almacenamiento, recuperación, disseminación, transformación y uso de la información, en especial de la información científica fijada en documentos impresos.

Debons y Otten (1969) describen una concordancia de intereses entre recuperadores de información y documentalistas, y científicos de la computación, ingenieros electrónicos, matemáticos, lingüistas y psicólogos, en relación con los problemas de procesamiento de información impulsados por actividades científico-técnicas relacionadas con el desarrollo inicial en el ámbito militar de los sistemas de información. Estos profesionales encontraban insuficiente el conocimiento disponible en sus disciplinas para enfrentar los problemas propuestos por el desarrollo de los sistemas de información. Se emprenden y priorizan entonces muchos programas de investigación relacionados con la información y teoría de sistemas, modelación, lingüística, inteligencia artificial, reconocimiento de patrones, teoría de la decisión, y lenguajes de programación; de los que emerge conceptualmente la Ciencia de la Información. El desarrollo de sistemas militares de información se extiende además a los sectores públicos y privados, ganando cada vez más importancia y complejidad al apoyar necesidades comerciales y de la comunidad (predicción del tiempo, actividades policíacas, diagnóstico médico, bancos de datos, centros de información); y posibilita una amplia base

para el empleo de investigadores de la información y especialistas de sistemas, quienes comienzan a interesarse en el fenómeno de la información y a conceptualizar programas para el entrenamiento de nuevos profesionales. Todo ello sugería la creación de un nuevo campo profesional, derivado del desarrollo de los sistemas de información, del fenómeno creciente de la información, y de los avances en las nuevas tecnologías de información y comunicación, con la incorporación de nuevas competencias en especialistas de distintos campos.

Saracevic (1999), resume los tres aspectos generales más importantes que caracterizan el surgimiento de la Ciencia de la Información: su naturaleza interdisciplinar, producto de la colaboración entre diversas disciplinas que llevaron a la creación del nuevo campo; una conexión inexorable con la tecnología de información, presente desde el principio, e influenciando la recuperación y transferencia de información; y una participación activa en la evolución de la sociedad de la información, producto del rol vital de la información en la subsistencia de los individuos y de la sociedad, que le otorga una fuerte dimensión social y humana.

#### **4.1.1. Período fundacional: enfoque “físico” en la disciplina**

Shapiro (1995) identifica a Farradane (1955) como el primero en utilizar el término “ciencia de la información”, en su propuesta de una disciplina académica asociada a un nuevo perfil profesional: el científico de la información (*information scientist*), término que sustituyera a los de documentalista y bibliotecario, que fuera más aceptado en su entorno, y tuviera un perfil más amplio, cubriendo varios campos científicos.

Su registro oficial corresponde al primer concepto formulado específicamente para la Ciencia de la Información durante la 2da. Reunión del *Georgia Institute for Technology*, realizada entre el 12 y 13 de abril de 1962, donde fue definido el *científico de la información* como aquel que estudia y desarrolla la ciencia del almacenamiento y recuperación de la información, diseña nuevos acercamientos al problema de la información y se interesa en la información en sí. Se anunciaba de esta forma la emergencia de una nueva disciplina y la intención de posicionar un nuevo profesional, diferente al de los bibliotecarios y documentalistas, pero con fuerte influencia de éstos. Consecuentemente, en 1968, el *American Documentation Institute* cambia su nombre por *American Society for Information Science* (ASIS). Es importante notar que aunque los Estados Unidos jugaron un rol prominente en el desarrollo de la nueva disciplina, ésta no era exclusiva de este país, y fue evolucionando en distintas regiones, con

diferentes prioridades, en la medida en que el interés por el problema de la información fue haciéndose global (Saracevic, 1992).

Los primeros esfuerzos se encaminan a formar al nuevo profesional a partir de especializaciones y se imparten cursos fundamentalmente en institutos tecnológicos y en escuelas de bibliotecología de forma no coordinada, posibilitando la confusión entre Ciencia de la información (*Information Science*), centrada en el estudio de los procesos de la información; e información de la ciencia (*Science Information*), relacionada con la bibliografía de la ciencia y los servicios de información científicos (Donohue, 1966; Hayes, 1969). Se producen además otros cuestionamientos sobre su carácter científico y relación con la bibliotecología: Kent (1964), por ejemplo, partía de que la nueva ciencia se consideraba una rama de estudio involucrada con la observación y clasificación de hechos, destinada al establecimiento de las leyes generales comprobables que traten el conocimiento que se deriva de la lectura, observación o instrucción, especialmente desorganizado o no, relacionado con hechos o datos; pero en la práctica no se correspondía la actividad profesional con este propósito, por lo que propone denominar la disciplina en los distintos niveles educacionales como “ciencia de la comunicación” o “ciencia bibliotecológica”, a partir de las indefiniciones sobre el alcance del término información. Según Froehlich (1989), en la conceptualización de la naturaleza de la ciencia de la información, cuatro orientaciones disciplinares dominaron provenientes de los departamentos de: ciencia de la computación, ciencia de la gestión, comunicación, y escuelas de bibliotecología. Lo cierto es que el carácter diverso de los enfoques disciplinares de las instituciones educacionales que conformaron los primeros programas de la nueva Ciencia de la Información, influyeron en las divergencias conceptuales acerca del alcance del nuevo campo, y contribuyeron a conformar escuelas emergentes de la especialidad orientadas al diseño, implementación y evaluación de sistemas particulares asociados a especialidades, como en el ámbito de la medicina, la geografía, la química, entre otras.

Resulta interesante la temprana definición de Kent (1964), quien relaciona a la nueva ciencia con la observación y clasificación de hechos, para el establecimiento de leyes generales verificables que traten el conocimiento derivado de la lectura, la observación o la instrucción; especialmente desorganizado, o no relacionado con hechos o datos. Propone esta generalización a partir de la ambigüedad conceptual del término “información” incluido en el nombre del nuevo campo, que contrasta con la praxis existente en el momento, cercana más a la ciencia de la Comunicación o a la Bibliotecología. Su pensamiento la asocia más con el

estudio del conocimiento adquirido a partir de la interpretación, que con el estudio de la información científica registrada.

A partir de las primeras definiciones y experiencias educacionales, fundamentalmente en el ámbito bibliotecológico, se realizan a finales de los años '60 distintos intentos por conceptualizar el campo como una ciencia y como una profesión, a partir de discusiones iniciales y de cuestionamientos acerca de los problemas a solucionar (Borko, 1967; Lowry, 1968; Hillman, 1969; Hoyt, 1969; Schlueter, 1969; Yovits, 1969; Klempner, 1969; Giuliano, 1969).

Desde una perspectiva de los sistemas, Borko (1967), afirmaba que la *tarea de la ciencia de la información* era reexaminar los métodos existentes de adquirir, almacenar, indizar, y recuperar información a la luz de la tecnología avanzada; y derivar nuevos conceptos y principios que pudieran ser usados en el diseño, y sistemas de almacenamiento y recuperación de información más eficientes, apoyando la relación usuario-sistema de información.

Al año siguiente, este autor reelabora y expande las definiciones existentes hasta el momento, y esboza una definición general para la disciplina que se establece en los siguientes 40 años. En su nueva definición explicita que el interés de este emergente campo radica en investigar (Borko, 1968):

- las propiedades y comportamiento de la información,
- las fuerzas que gobiernan el flujo y uso de la información,
- la accesibilidad, usabilidad y técnicas (manuales y mecánicas) de procesamiento de información para su almacenamiento, recuperación y diseminación óptimos.
- el origen, colección, organización, almacenamiento, recuperación, interpretación, transmisión, transformación y utilización de la información
- representaciones de la información en sistemas naturales y artificiales
- el uso de códigos para la transmisión eficiente de mensajes
- artefactos de procesamiento y técnicas como las computadoras y sus sistemas de programación.

En este esclarecedor artículo, Borko insiste además en la importante función social de la nueva ciencia, no exclusiva de una organización, y en su vínculo estrecho con la tecnología, caracterizándola además como:

- Ciencia interdisciplinar, identificando como campos relacionados a la Matemática, la Lógica, la Lingüística, Psicología, Computación, Operaciones, Artes Gráficas,

Comunicación, Biblioteconomía, Gestión, y otros; y considerando a Bibliotecología y la Documentación como áreas de aplicación.

- Ciencia pura y aplicada, a partir de la relación inexorable entre teoría y práctica, entre investigación y aplicación.

Harmon (1971) brinda un análisis de las principales propuestas realizadas en la segunda mitad de los 60, y en general identifica en estos años estrechas relaciones con las ciencias de la comunicación y del comportamiento, especialmente la cibernética, la teoría de los sistemas y la toma de decisiones, en los distintos intentos por generalizar el alcance del campo.

Las discusiones acerca de la educación del especialista de la nueva ciencia (Artandi, 1969; Giuliano, 1969; Debbons & Otten, 1969), se debaten entre un enfoque teórico (más cercano a la Bibliotecología y la Documentación), y otro práctico (más cercano a la Computación), en el contexto de los programas de Ciencia de Información especializados. Hoyt (1969) ilustra claramente este fenómeno a partir del análisis de los programas de Ciencia de la Información en instituciones educacionales en Estados Unidos y Canadá, y relaciona las interpretaciones fundamentales que acerca del alcance de la Ciencia de la Información existían:

- El manejo de la información como una función de la biblioteca, involucrando la manipulación documental
- Un campo interdisciplinar de instrucción, apoyándose fuertemente en conceptos provenientes de campos relacionados
- Ingeniería de la información concerniente al diseño y operación de sistemas de información experimentales
- Una disciplina de naturaleza científica con bases en la matemática y la lógica.

Identifica además, cómo la divergencia en los objetivos educacionales producto de distintos factores, afectaban los programas de instrucción que usualmente se asociaban a los de Bibliotecología, Documentación y Computación; con entrenamiento mayoritariamente asociado a ésta última, debido a las similitudes estructurales de ambos programas, organizados en tres niveles: el estudio de la información, de los procesos de información y de los sistemas de información.

Por su parte, Debbons y Otten (1969), complementan esta visión con la propuesta de algunas premisas para el entrenamiento de los nuevos profesionales, a partir de las experiencias prácticas obtenidas de los primeros programas educacionales, afirmando que:

- El conocimiento acumulado en los sistemas de información y en la teoría de información en general, no debe pertenecer a ninguna disciplina particular. Colectivamente sugieren una nueva ciencia que debe tratar el fenómeno de la información en la sociedad, sobre todo, de cara a las instituciones,
- El fenómeno de la información tiene un carácter interdisciplinar, por tanto, los individuos que se entrenen deben:
  - tener un marco interdisciplinar amplio,
  - ser capaces de aplicar técnicas analíticas cuantitativas para estudiar y solucionar los problemas de información,
  - comprender y comunicar, y en general, tratar con colegas con distinta preparación y habilidades;
  - ser capaces de pertenecer a un equipo y a una comunidad de científicos provenientes de disciplinas físicas, relacionadas con el comportamiento, e ingenieriles, que consideren las funciones y procesos de información desde muchos puntos de vista.
- En relación con el fenómeno de información deben considerarse dos polos: la máquina y el hombre, éste último el más importante por ser el usuario final de la información.

Los inicios de los 70 se caracterizan por debates acerca del alcance del nuevo campo, confusiones terminológicas y cierta crisis disciplinar (Goffman, 1970, 1975; Kunz, 1972), como esfuerzos por delimitar un terreno investigativo propio (Harmon, 1971; Williams & Kim, 1975; Wersig & Neveling, 1975; Belkin & Robertson, 1976). Al respecto, Goffman (1970) apunta que el objetivo de esta disciplina debe ser establecer una aproximación científica unificada para estudiar los fenómenos que se relacionan con la información, presente en procesos biológicos, en la existencia humana, o en las máquinas; a partir del estudio del comportamiento de los procesos de comunicación y sus sistemas de información asociados.

En general, el enfoque de investigación en los primeros años es estrecho, se centra esencialmente en el sistema tradicional de recuperación de la información, dominando el llamado *paradigma físico* en la nueva Ciencia de la Información (Capurro, 2007) con la información científica como objeto de estudio, y considerando al conocimiento científico como el único verdadero y absoluto, con un carácter universal y neutral, no influenciado por los procesos sociales y cognitivos (Ørom, 2000). Se destacan asimismo las distintas aproximaciones a la noción de relevancia relacionados con los problemas de la comunicación científica (Hillman, 1964; Goffman, 1964; Cooper, 1971; Saracevic, 1975). Vega-Almeida,

Fernández-Molina, y Linares (2009), enmarcan la ocurrencia de este paradigma entre los años 1945-197?, y afirman que su importancia esencial radica en su contribución a la configuración de la disciplina, al establecer los cimientos teórico-metodológicos fundacionales de la misma. Caracterizan en este período a la Ciencia de la Información como una ciencia empírica, con una investigación focalizada en la naturaleza de la información y en las leyes empíricas que la gobiernan.

Su desarrollo posterior, manifiesta cambios paradigmáticos, reflejados en cuestionamientos continuos acerca de su alcance como disciplina o profesión, en los estudios sobre la naturaleza de su objeto de estudio, y en la incorporación de otras teorías, métodos y herramientas, producto de diversas interacciones interdisciplinarias.

Un ejemplo de la evolución del pensamiento acerca de la relación entre la información y el conocimiento ante el cambio paradigmático, puede observarse en Farradane (1976, 1979, 1980), quien en 1976 apoyaba el paradigma de la teoría matemática de la comunicación (o paradigma *fisicalista*) al considerar a la información como una forma física de representación, un sustituto del conocimiento, o un pensamiento particular usado para la comunicación, a partir del argumento central de que todas las otras etapas de comunicación son mentales por naturaleza y no pueden ser directamente examinadas (Farradane, 1976). En 1979, insiste en la idea de ver a la información como sustituto físico del conocimiento, aunque considerando que los estados mentales y las posibles acciones producto de la información pueden ser examinadas, definidas y posiblemente medidas en términos de los cambios que involucran (Farradane, 1979), y en 1980, se involucra con el enfoque cognitivo al examinar las estructuras del conocimiento.

#### **4.1.2. Enfoque cognitivo en la Ciencia de la Información**

La gestación del enfoque cognitivo en la Ciencia de la Información, comienza en los años fundacionales, cuando se reconocía la importancia de la Comunicación y de la Psicología cognitiva en los procesos informacionales de búsqueda y recuperación. Weinberg (1963) afirmaba: “la mente humana es un vínculo esencial en la ‘cadena de transferencia de información’. La *Información* no se transfiere a menos que lo que se presente a la mente humana se asimile”. Dividía el problema de la información en dos problemas separados igualmente importantes: identificar, indizar, almacenar y recuperar documentos (recuperación documental), y cómo transferir los contenidos de los documentos a la mente del usuario

(recuperación de información). Parker y Paisley (1966), por su parte sostenían la necesidad de que la psicología investigara la naturaleza de la búsqueda de información humana y del comportamiento del procesamiento de la información, para conocer cómo los científicos obtienen la información que necesitan. Harmon (1971) sugería que la Ciencia de la información debería luchar por superar las limitaciones de la memoria a corto plazo para incrementar la comprensión humana.

En los 70, el desarrollo complementario entre la Computación y las tecnologías de la Comunicación, contribuye a que se consideren los sistemas y procesos de recuperación de información más dinámicos e interactivos, en un contexto más amplio. Las investigaciones sobre la interacción con un enfoque humano toman mayor importancia, con énfasis en criterios para el desarrollo de interfaces; y se le da mayor importancia a las concepciones teóricas provenientes de la Psicología, la Lingüística, y la Comunicación (Foskett, 1973).

Como manifestaciones de la introducción de un enfoque cognitivo en este tipo de investigaciones, se desarrollan distintas investigaciones acerca del comportamiento mental humano en su interacción con la información (Belkin, 1990), destacándose las propuestas teóricas sobre el rol transformador de la información en las estructuras de la mente (Belkin & Robertson, 1976), y el *estado anómalo del conocimiento* (*Anomalous State of Knowledge*, ASK) en el proceso de búsqueda de información (Belkin, 1978b; Belkin & Oddy, 1979, Belkin, Oddy & Brooks, 1982).

Belkin y Robertson (1976), se apoyan en la teoría de la comunicación de Shannon, e introducen la cognición y el contexto para analizar la información como transformador de estructuras en un contexto amplio. De acuerdo a una perspectiva física y cognitiva consideran una escala estructural donde la información actúa: infra-cognitiva (herencia, incertidumbre, percepción), individual-cognitiva (formador de conceptos individual, comunicación inter-humana), social-cognitiva (estructuras conceptuales sociales), y metacognitiva (conocimiento formalizado); y a partir del concepto de estructura definen dos conceptos básicos para la Ciencia de la información: el texto y la información. A partir de este análisis afirman que el fenómeno fundamental de la disciplina es el texto y su estructura (la información asociada), así como la relación de éstos con el emisor y el receptor.

Por otra parte, el *estado anómalo del conocimiento* (*Anomalous State of Knowledge*, ASK) se basa en la comprensión de las necesidades de información como un estado mental individual, y es descrito como una anomalía del receptor en su estado de conocimiento que sólo puede solucionarse por la comunicación (Belkin & Oddy, 1979). Farradane (1980) apoya esta teoría

y sugiere utilizar las bases teóricas de la psicología para analizar la relación entre información y conocimiento a partir de los conceptos sobre el procesamiento de la información (como memoria a corto y largo plazo), considerando al conocimiento como un conjunto estructurado de conceptos relacionados en la mente, con un vínculo estructurado incompleto con la necesidad del usuario.

Con su Ecuación Fundamental de la Ciencia de la Información, Brookes (1975, 1980a) presenta a la información como agente de cambio de las estructuras del conocimiento objetivo y subjetivo, y se convierte en iniciador de la perspectiva cognitiva en la disciplina (Linares, 2004). Intenta además con un enfoque filosófico establecer un basamento teórico para la Ciencia de la Información, y reclama para ésta la exploración del mundo del conocimiento objetivo (Brookes, 1980a), extensión no considerada por la Bibliotecología y la Documentación, e inspirada en el enfoque filosófico de los tres mundos de Popper (Bawden, 2007):

- Mundo 1: Mundo físico (abstracción derivada del mundo percibido)
- Mundo 2: Mundo del conocimiento humano subjetivo o “estado mental” (percibido)
- Mundo 3: Mundo del conocimiento objetivo (cultural, determinado por la experiencia humana)

Con la ayuda de la taxonomía popperiana, logra otorgar un territorio propio a la Ciencia de la Información asignándole el estudio de la interacción entre los Mundos 2 y 3, con la mediación del Mundo 1, con la finalidad de organizar el conocimiento para su uso efectivo. Analiza además la posibilidad de crear bases de datos con información objetiva estructurada como conocimiento objetivo, y representar estructuras de éste a través de mapas de la ciencia o mapas cognitivos. Resume además el cambio de paradigma a partir de los siguientes elementos (Brookes, 1981):

- a) Rol de la Ciencia de la Información: exploración y organización del conocimiento objetivo (Mundo 3)
- b) Carácter científico del estudio, a partir de datos públicamente observables
- c) Reconocimiento de la información como conocimiento fragmentado y a éste como estructuras coherentes de información, considerando a estos dos conceptos no como entidades físicas, sino extra-físicas, existentes sólo en espacios cognitivos
- d) La posibilidad de adaptar las técnicas de análisis cuantitativo derivadas de las ciencias físicas, para el uso de datos disponibles relacionados con el espacio cognitivo humano, con el fin de desarrollar nuevas teorías en las ciencias sociales.

Wersig (1993) ubica en los años 80 el cambio de la orientación centrada en el sistema técnico, hacia un interés por el humano/usuario, incluyendo el enfoque cognitivo que se aproxima a las características de nuevos sistemas a partir de la observación de los humanos.

El enfoque cognitivo en la disciplina se establece y desarrolla entre los años 80 y los 90, enfocado casi exclusivamente en el usuario individual de la información en términos de sus modelos mentales, estrategias y estructuras cognitivas (Hjørland, 1997), así como en las interfaces e interacción entre el usuario y el sistema (Belkin, 1984; Jacob & Shaw, 1998). En la búsqueda de sistemas de recuperación más efectivos se concentra en los aspectos cualitativos de las interfaces de usuario, y de la interacción en la recuperación de la información, con énfasis en la investigación interdisciplinar y en una integración teórica, que enfrentara la fragmentación del conocimiento y la diversificación de las necesidades de información (Farradane, 1980; Ingwersen, 1992, 1996; Ørom, 2000; Vakkari, 2003). Las influencias más fuertes provienen de la Inteligencia artificial y la Psicología cognitiva, con diferentes aproximaciones teóricas y metodológicas sobre el estudio y optimización de los sistemas de información, estrechamente interrelacionado con un enfoque orientado al usuario, orientando la investigación hacia conceptos como estructuras individuales de conocimiento, procesamiento individual de la información, y memoria a corto y largo plazo, entre otros.

Vega-Almeida, Fernández-Molina, y Linares (2009) describen el campo en este período como una ciencia social focalizada en el sujeto cognoscente (usuario) y sus necesidades, así como en la intermediación entre problemas y usuarios, con énfasis en la comprensión psicológica, reflejando y expresando un cambio social e intelectual más radical. Se reconoce además la importancia de la información para la gestión organizacional (Blake, 1985).

#### **4.1.2. Enfoque sociocognitivo en la CI**

A partir de los años 90 se desarrollan y discuten un número de teorías alternativas como la cibersemiótica (Brier, 1992, 1998) y el análisis de dominio (Hjørland & Albrechtsen, 1995) en la Ciencia de la Información, alrededor de un análisis y conceptualización de los procesos de información, y la formación y uso del conocimiento en un contexto socio-cultural. El enfoque cognitivo está bien establecido, y la complejidad del crecimiento del conocimiento y la diversificación de las necesidades de información se consideran de una naturaleza social (Ørom, 2000).

Se destaca el pensamiento de Birger Hjørland, quien ataca la perspectiva cognitiva por su inherente subjetividad e individualismo metodológico, así como por excluir el entorno socio-cultural en el que se desarrolla el individuo; aunque reconoce su contribución a la comprensión de los procesos relacionados con la generación, representación, organización y recuperación del conocimiento (Hjørland, 1992). Como alternativa, aboga por la incorporación de una perspectiva sociocultural e histórica (nivel *externo-contextual*) a la investigación psicológica de los individuos (nivel *interno-individual*). Introduce entonces la formalización teórica del análisis de dominio en la Ciencia de la Información (Hjørland, 1993), que desarrolla junto a Hanne Albrechtsen (Hjørland & Albrechtsen, 1995).

Esta teoría sostiene que el objeto de la Ciencia de la información es el estudio de las relaciones entre discursos, áreas de conocimiento y documentos en relación a las posibles perspectivas o puntos de acceso de distintas comunidades de usuarios (Hjørland 2002b), asociando a la información no sólo a estructuras de conocimiento individuales, sino a dominios de discurso y comunidades de conocimiento (una especialidad, una disciplina, oficio o materia).

Hjørland & Albrechtsen (1995) proponen además que la investigación en la Ciencia de la Información estudie las estructuras de información en diferentes dominios, apoyándose en la sociología del conocimiento y la teoría del conocimiento; y se oriente hacia conceptos como la comunicación científica y profesional, los documentos (incluyendo bibliografías), disciplinas, especialidades, temas, estructuras de información, paradigmas, etc.; siendo la clasificación y la representación de tópicos una de las aplicaciones más destacadas. Consideran igualmente que la Ciencia de la Información debe descubrir algunas leyes ocultas, principios o regularidades que pueden usarse para diseñar sistemas de información, y construir tales principios como instrumentos para optimizar ciertas prácticas sociales de una naturaleza informativa, siendo el principal problema de los sistemas de información reflejar el dominio y no los usuarios individuales. Analizan también el nuevo enfoque desde perspectivas filosóficas y sociológicas, concluyendo que la Ciencia de la Información como disciplina debe:

- Suministrar conocimiento generalizado sobre paradigmas, metodologías, tendencias en la producción de conocimiento, y analizar el conocimiento en su contexto más grande: histórico, social, organizacional, político, etc.
- Aplicar la sociología del conocimiento y de la ciencia, en la investigación de la estructura de comunicación de muchas disciplinas distintas, y explorar y comparar los patrones de comunicación entre diferentes dominios de conocimiento existentes.

Hjørland (2002b) amplía el acercamiento analítico al dominio especificando once enfoques para caracterizar una perspectiva única para la Ciencia de la Información que fortalezca su identidad y la relación entre la investigación y la práctica en la disciplina. Al ubicar al paradigma cognitivo en un contexto social, conformado por distintos grupos sociales y laborales, esta propuesta logra un importante impacto en las investigaciones de la disciplina (Jacob & Shaw, 1998), e introduce la perspectiva sociocognitiva en la Ciencia de la información con una fuerte dimensión social y humana, una orientación social de sus fundamentos científicos (reconoce las bases sociales del conocimiento), y una indisoluble relación con las tecnologías de información y comunicación (Vega-Almeida, Fernández-Molina, & Linares, 2009). Se trata de considerar las dimensiones socio-culturales del ambiente de uso de la información.

#### **4.1.3. La búsqueda de una concepción uniforme de la Ciencia de la Información**

Es este uno de los esfuerzos fundamentales de la investigación en la disciplina, iniciado por Borko (1968) y Brookes (1980a, 1980b, 1980c, 1981). Garrison (1988) analiza el interés por la búsqueda de un campo unificado que brinde una visión amplia de la información y líneas de investigación distintivas, a partir de la histórica dinámica profesional reflejada en la expansión curricular de distintas disciplinas a través de sus respectivos programas educacionales, entre las que destaca a la Bibliotecología y Ciencia de la Información, Negocios, Ciencia de la Computación, Ingeniería, y Comunicaciones.

El *Manifiesto de la Ciencia de la Información* (Soergel, 1997), resume algunos de los criterios discutidos desde los inicios del campo, cuando en su definición apunta que a la disciplina le concierne:

- la investigación y el diseño (*carácter teórico y práctico*);
- el estudio de la naturaleza de la información y los procesos de creación, organización, uso e impacto (*objeto de estudio, e influencia de la comunicación*);
- el estudio de las necesidades de información y la interacción entre las personas y la información (*recuperación de la información*);
- la combinación de estructuras conceptuales con tecnología apropiada en el diseño de sistemas para compartir información, recuperación, y acceso, así como asimilación, procesamiento y aprendizaje de la información (*vínculo con los sistemas y la tecnología*);
- la estructura del conocimiento y la estructura de los problemas (*enfoque cognitivo*)

- la resolución de problemas y la toma de decisiones, y su sinergia con la información externa (*influencia de la gerencia*)
- el procesamiento de información, aprendizaje y razonamiento por las personas y las máquinas (*enfoque cognitivo*)
- el rol de la información en grupos sociales y organizaciones (*reconocimiento de la importancia del contexto social*)

Esta definición le asigna como ámbito de actuación la actividad humana, y declara nuevamente su *carácter interdisciplinar*, al especificar el amplio intercambio de ideas, métodos y resultados, con disciplinas como matemática y estadística, ciencia de la computación, inteligencia artificial y HCI, psicología cognitiva, lingüística, epistemología y filosofía del conocimiento; comunicación y periodismo; educación, economía, antropología, sociología, y ciencia política, y finalmente, administración y gerencia.

Pero la frecuente aparición de múltiples discursos dentro de la misma Ciencia de la Información y la ausencia de una teoría integradora acerca de su objeto de estudio, sigue dificultando el diálogo entre las comunidades científicas y enturbiando el panorama de la disciplina. Ante esta necesidad, en los años 2000, la búsqueda de un concepto unificado del campo se ha mantenido, y se evidencia en propuestas basadas principalmente en la revisión de concepciones anteriores, como las siguientes:

- Zins (2006, 2007a, 2007b), a partir de un análisis conceptual de la jerarquía dato-información-conocimiento-mensaje y de 50 definiciones sobre la disciplina, propone redefinirla como *ciencia del conocimiento*. Justifica esta idea al considerar que la Ciencia de la Información investiga las bases del conocimiento humano y de la información como un tipo de conocimiento, y que por tanto, se interesa esencialmente por los aspectos mediadores y tecnológicos del conocimiento objetivo (producción, representación, organización, procesamiento, almacenamiento, diseminación y recuperación), explorando fenómenos, objetos y condiciones que faciliten su accesibilidad. Pretende además expandir el alcance de la Ciencia de la Información más allá del conocimiento humano individual asignándole seis dominios de actuación (o modelos) divididos en dos grupos: modelos intermediarios (Hi-tech vs. tecnología vs. cultura/sociedad) y modelos incluidos (humanos vs. organismos vivos vs. organismos vivos y objetos físicos).

- Bawden (2007), propone un enfoque unificado del concepto de información en los dominios físico, biológico y humano, e intenta posicionar a la Ciencia de la Información en un contexto mayor.
- Robinson (2008), propone un modelo conceptual simple de la Ciencia de la información a partir de los seis componentes iniciales de la cadena de información (creación, diseminación, organización, indización, almacenamiento y uso) como foco de interés, examinados por los 11 enfoques del análisis de dominio (Hjørland, 2002b) en contextos específicos o generales (Hjørland, 2007a).

Estas tres propuestas se caracterizan por el interés por ampliar el dominio de actuación de la disciplina más allá del dominio del conocimiento humano, acercándose al resto de los sistemas naturales con la posibilidad de considerar perspectivas tanto generales como específicas. Se puede apreciar cierta dinámica en el enfoque socio-cognitivo con fuerte influencia de la Sociología de la Ciencia y el interés por un acercamiento a las Ciencias Naturales, centrada en la conceptualización del objeto de estudio: la información y su cadena de transferencia desde su generación al usuario.

## **4.2. Estructura de la disciplina**

Como se ha visto, desde los años fundacionales la Ciencia de la Información mantiene en su núcleo de desarrollo el estudio de los procesos que intervienen en la transmisión de la información registrada, de un autor al usuario, denominados en la literatura “cadena de la información”, “ciclo de vida de la información”, o “flujo de información”. Ingwersen (1992), sostenía que la noción crucial es la información *deseada*, de la que se derivaba el énfasis en la calidad de la interacción entre generadores y usuarios de la información registrada. Basado en esta problemática, opinaba que las más importantes subdisciplinas de la Ciencia de la información eran: Infometría, Gestión de información, Diseño de sistemas (de recuperación) de información, e Interacción en la recuperación de información.

Pero posteriormente, la diversidad de enfoques y criterios encontrados que suele presentarse al tratar de definir el objeto y alcance de la ciencia de la información, se ha extrapolado a los contenidos y divisiones principales de la disciplina, siendo necesario acudir a distintos métodos para revelar áreas de interés comunes que prevalezcan en la investigación de la disciplina sobre la base de analogías teóricas esenciales.

Hjørland (2000), afirma que diferentes visiones (cognitivistas, hermenéuticas, sociológicas, etc.) en la disciplina, enfatizan en fundamentales conceptos y categorías, mencionando a:

- comunicación,
- conceptos y significado (semántica),
- documentos/textos y su recuperación,
- dominios de conocimiento, disciplinas
- información, tecnología de información, sistemas de información, búsqueda de información, recuperación de información
- conocimiento, representación del conocimiento
- literatura (especialmente literatura temática)
- medios
- relevancia
- usuarios

Asimismo, constata que en la búsqueda de una especialización en el campo, aparecen en distintos contextos sub-áreas de la disciplina, en las que menciona a: almacenamiento y recuperación multimedios, infometría, comunicación científica, bibliotecas digitales, estudios de usuario, etc. Pero recalca, no obstante, que para clasificar este dominio de conocimiento se necesitan mezclar cuatro métodos de clasificación fundamentales: empíricos, racionalistas, históricos y pragmáticos.

Por su parte, Bates (1999) considera que tres grandes cuestionamientos con enfoques diferentes, caracterizan a la Ciencia de la Información:

- Cuestión física: determinar las características y leyes del universo de la información registrada.
- Cuestión social: comprender cómo las personas usan todo tipo de información y se relacionan con ella en sus contextos sociales
- Cuestión de diseño: cómo lograr que el acceso a la información registrada sea más rápido y efectivo

Insiste además en que para resolver estos problemas se necesita una mezcla metodológica donde menciona a las técnicas bibliométricas, y otras estadísticas, así como aproximaciones filosófico-analíticas enfocadas en resolver la primera cuestión; para el segundo aspecto, menciona técnicas cuantitativas y cualitativas de la ciencia social; y para el último

cuestionamiento, distingue el uso de técnicas provenientes de la ingeniería, destacándose las relacionadas con la recuperación de la información.

Esta idea subyace en los resultados de distintas investigaciones que, sobre la naturaleza y organización intelectual de la disciplina, se han realizado por distintos autores que, en la búsqueda de una aproximación a la estructura del campo, utilizan técnicas bibliométricas aplicadas a la literatura científica para visualizar y analizar mapas de la ciencia (White & Griffith, 1981; Lenk, 1983; Persson, 1994; White & McCain, 1998; Moya-Anegón, Herrero-Solana & Jiménez-Contreras, 2006; Astrom, 2007; Zhao & Strotmann, 2008; Yang, 2009; Ibekwe-SanJuan & San Juan, 2009). La comparación de sus resultados, evidencia la dinámica paradigmática anteriormente analizada, aunque con cierta estabilidad en el núcleo de la estructura del dominio.

White y Griffith (1981) se apoyan en las investigaciones de Small y Griffith para mapear la literatura científica, y analizan la cocitación entre 39 autores de artículos relevantes del campo, en el período entre 1972 y 1979. Identifican cuatro subcampos principales hacia los que se dirigía el interés de la disciplina: comunicación científica (comunicaciones en la ciencia y la tecnología), bibliometría (relacionada con las propiedades de la literatura analizada), generalistas (estudios teóricos), y recuperación de la información (análisis de documentos, evaluación de la recuperación, sistemas, etc.) como muestra la figura que sigue:

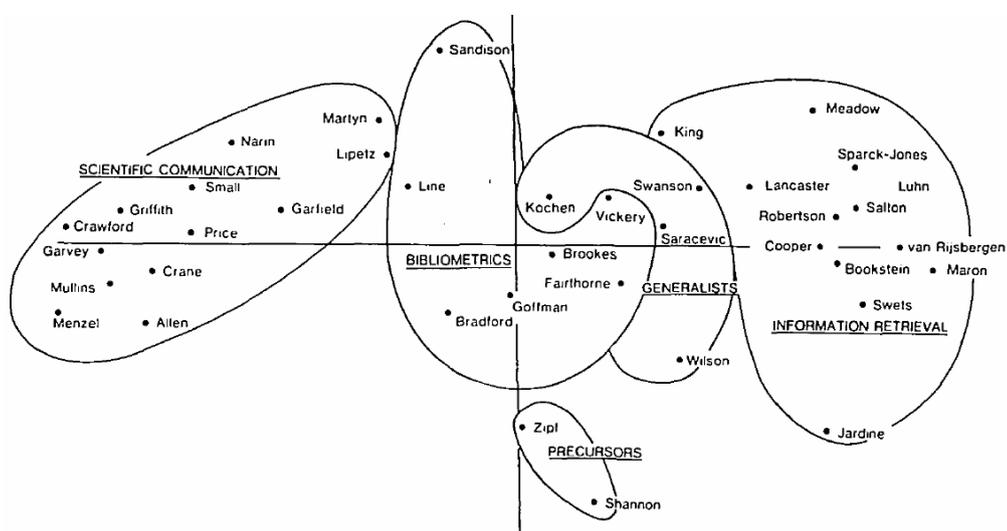


Figura 21. Mapa de la Ciencia de la Información según White & Griffith (1981)

Nótese la posición relevante de los autores Price en comunicación científica, Brookes en Bibliometría, Saracevic en teoría general, y Saltan en recuperación de la información.

También resulta interesante cómo aparece la comunicación científica a la izquierda y la recuperación de la información a la derecha, en extremos bien opuestos. Estos resultados son posteriormente avalados por Lenk (1983), quien obtiene esencialmente la misma estructura del campo, con pequeños cambios en la distribución de autores, utilizando una técnica de análisis de conominaciones.

Persson (1994) se guía por el método utilizado por White y Griffith, para analizar los artículos publicados en *Journal of the American Society for Information Science* (JASIS) en el período 1986-1990, destacando en sus resultados como ramas principales de la disciplina a la bibliometría (dividida en análisis de citas y distribución bibliométrica) y a la recuperación de la información (dos veces mayor), con dos partes identificadas: una “hard”, concerniente a los algoritmos, y otra “soft”, concentrada en la relación usuario-sistema.

Tal vez el más esclarecedor y referenciado estudio sea el de White y McCain (1998), quienes estudian el campo a través del análisis comparado de cocitación de autores en tres períodos enmarcados entre 1972-1979, 1980-1987, y 1988-1995. A partir de una muestra de 12 revistas escogidas consideradas por los autores como las más representativas, identifican los 100 autores que más influyentes en cada período, la estructura de estas influencias y su desarrollo. Los mapas resultantes a partir de la cocitación de autor, revelan la dinámica de dos grandes intereses fundamentales de la Ciencia de la información en el intervalo de tiempo estudiado, relacionados con la recuperación, y con los estudios sobre literatura y la comunicación, conformando dos subespecialidades principales descritas en la siguiente tabla de acuerdo al análisis de esta investigación por Saracevic (1999):

Subcampo	Propósito	Alcance
Análisis de información ( <i>cluster</i> del dominio)	Estudio de las manifestaciones y comportamiento fundamentales de los fenómenos y objetos de los que trata la ciencia de la información. Centrado en el fenómeno de la información y sus manifestaciones en la literatura.	Estudio analítico de literaturas, sus estructuras Estudios de textos como objetos orientados al contenido Comunicación en varias poblaciones, particularmente comunicación científica Contexto social de la información Usos de la información Búsqueda y comportamiento de la información Varias teorías de la información y tópicos relacionados
Estudios aplicados ( <i>cluster</i> de la	Abarca una gran variedad de implementaciones, y estudios sobre la conducta y efectos de	Teoría de la recuperación de la información y algoritmos de recuperación Procesos y sistemas prácticos de

recuperación)	las interfaces entre literaturas, a un nivel práctico y teórico.	recuperación de la información Interacción humano-computadora Estudios de usuario Sistemas de biblioteca OPACs Tópicos relacionados
---------------	--	--

Tabla 10. Subcampos de la Ciencia de la Información según estudio métrico de White y McCain analizado por Saracevic (1999)

Esta división en dos grandes grupos revelaba que las indefiniciones en las bases conceptuales del campo a fines de los años 90 se mantenían, así como los intereses marcados desde un inicio: los cuestionamientos sobre el uso y comportamiento de la información, la recuperación óptima de la información, y su estrecho vínculo con la tecnología. Saracevic (1999) llega a plantearse la existencia de dos ciencias de la información: una basada en la Ciencia de la Computación, enfocada en la recuperación de la información, bibliotecas digitales, mecanismos de búsqueda y similares; y otra basada en la Ciencia de la Información, más armonizada con la interacción, los usuarios y el uso, con una conexión directa con el desarrollo de sistemas. Buckland (1999), se acerca a esta idea al afirmar que en la disciplina coexisten dos tradiciones o mentalidades: una proveniente de la Documentación (basada en lo concerniente a los documentos y sus registros significativos: archivos, bibliografía, documentación, bibliotecología, *records management*), y otra de la Computación (basada en técnicas mecánicas o matemáticas: equipos de procesamiento de datos, algoritmos, técnicas de reconocimiento de patrones, computadoras digitales). Tal aproximación confirma la teoría de que la naturaleza de la disciplina oscila entre lo tecnológico y lo social/humano. El trabajo de White y McCain fue significativo además para comprender cómo se puede observar visualmente una aproximación a la dinámica de una comunidad científica y seguir el desarrollo de una disciplina.

Más recientemente, la identificación del desarrollo de la estructura de la Ciencia de la información a partir de su base intelectual continúa siendo de gran interés, y se aborda con una variedad de métodos y mayor complejidad.

Moya-Anegón, Herrero-Solana y Jiménez-Contreras (2006) presentan un análisis del dominio de la bibliotecología y ciencia de la Información (*library and information science, LIS*) basado en el análisis de cocitación de autores y el análisis de cocitación de revistas, utilizando métodos conexionistas (SOM) y multivariados (MDS). En el primer caso, corroboran los dos frentes identificados por White y McCain, mientras que en el análisis de la cocitación de

revistas, revelan cuatro áreas distintivas de investigación en el dominio: ciencia de la información, con un núcleo asociado a la recuperación de la información; bibliotecología (*library science*), que incluye la gestión de bibliotecas y el desarrollo de colecciones; los estudios de la ciencia; y la gestión.

Åström (2007) estudia el campo a partir del análisis de cocitación de documentos que influenciaron significativamente a la Ciencia de la Información durante tres períodos de 5 años entre 1990 y 2004. Para esto escoge como muestra 21 revistas representativas del dominio, y realiza un conjunto de análisis de cocitación para determinar la base de investigación de la disciplina, su contexto y los cambios que en los frentes de investigación se produjeron en 15 años. En los resultados identifica dos áreas principales, consistentes con la estructura encontrada en análisis anteriores (Persson, 1994; White & McCain, 1998), pero con ciertos matices diferentes: la bibliometría se convierte en infometría y la recuperación de la información, en búsqueda y recuperación de la información. Los cambios producidos en la investigación de la disciplina, ocurren esencialmente en estos dos subcampos, y se analizan en tres períodos con los resultados siguientes:

- **1990-1994:** Predomina la búsqueda y recuperación de la información relacionados con las bibliotecas y servicios de información, especialmente desde una perspectiva de usuario, y considerando además la interacción usuario-sistema.
- **1995-1999:** Domina el subcampo de la búsqueda y recuperación de la información, y dentro de él la perspectiva de usuario, en relación con las bases de datos online y con la búsqueda de información como un concepto amplio. Los aspectos relacionados con los sistemas ganan mayor importancia, y se establecen fuertes conexiones con el campo de la organización del conocimiento.
- **2000-2004:** Dos tercios de los documentos se relacionan con la WWW, a partir de los estudios de cómo los grupos de usuarios usan la Web para la búsqueda de información, y desarrollando métodos para analizar los factores de impacto de los sitios web. La infometría se convierte en webmetría, y ésta en el campo dominante. En el área de búsqueda y recuperación de la información, la mayoría de los documentos se enfocan en Internet, y los aspectos relacionados con el comportamiento del usuario se citan más frecuentemente, relacionados con la búsqueda de información, y no con sus procesos.

El fuerte impacto de Internet en la disciplina se comprueba además por Zhao y Strotmann (2008), quienes emplean un método de cocitación de autores enriquecido, para comparar la estructura de las influencias intelectuales en la investigación de la disciplina durante la

primera década de la Web (1996-2005) con el comportamiento reportado por White y McCain (1998).

Yang (2007) usa un análisis de citación para identificar los 40 artículos clásicos publicados en el *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)* entre 1956 y 2007, para ilustrar el desarrollo histórico de la disciplina y futuras líneas de investigación. Identifica cómo durante la última mitad del siglo XX el interés por las teorías básicas de la Ciencia de la información y por la Recuperación de la Información, determinaron que las publicaciones en la disciplina se enfocaran en el estudio de la investigación básica de la información, la recuperación de información, la bibliometría y otros tópicos. Constata además la influencia directa del desarrollo de las tecnologías de la información en la evolución de la disciplina, e identifica en la actualidad como estudios destacados en la disciplina sustentados en los clásicos, los siguientes:

1. Investigación sobre la Web Semántica (gramática natural para procesar idiomas, índices semánticos, clasificaciones sistemáticas, etc)
2. Arquitectura de Información (cómo organizar la información simplificando datos complejos, para satisfacer expectativas y necesidades de los usuarios)
3. Investigación sobre Gestión del Conocimiento (organizar conocimiento, descubrir conocimiento, bases de datos, minería de datos, etc.)
4. Utilización de la Tecnología de información (tecnología de info-visualización, de recuperación de la pronunciación, de recuperación de redes, clasificación automática, ontologías, etc.)
5. Estudios cuantitativos (análisis cuantitativo de unidades de literatura y de información, estimación de información en unidades de conocimiento, estudios cuantitativos de redes, etc.), con una fuerte tendencia en la disciplina.

Por último, Ibekwe-SanJuan y San Juan (2009), analizan el comportamiento de la disciplina en los últimos años a partir de registros recuperados del *ISI Web of Science*, dividen su investigación en dos períodos, 1996-2005 y 2006-2008, y aplicando una metodología de minería de textos, visualizan distintas redes de variantes semánticas basadas en relaciones lingüísticas con los siguientes resultados:

- 1996-2005: se definen como subcampos dominantes, sin interacción significativa, la recuperación de la información automatizada, y los estudios web y de co-citación. La recuperación de información presenta como subespecialidades más importantes los

estudios de usuario, colección de documentos, creación y gestión de conocimiento, y procesos de búsqueda online. Los estudios web se centran en la webmetría y los estudios de co-citación priorizan el impacto de revistas, la coautoría, y la cocitación.

- 2006-2008: la recuperación de la información sigue dominando, pero se diversifica al incluir nuevos tópicos de investigación relacionados con la minería automatizada de textos. Los estudios web continúan creciendo, pero cambiando su orientación de la webmetría al comportamiento en la búsqueda orientada al usuario. Los estudios de citación constituyen el segundo subcampo en importancia, pero con algunos cambios en su enfoque: investigaciones relacionadas con distintas bases de datos, e impacto de autores vía análisis de cocitación; la aparición de los modelos de espacio de vectores y open source, con la expansión de la tecnología *Google* con *Google scholar*, quien aparece como rival de las bases de datos de citación de ISI para elaborar nuevos indicadores; y un reconocimiento del índice h. Esto revela el interés de la disciplina por mapear dominios de conocimiento a partir de la publicación de contenidos usando relaciones lingüísticas.

El comportamiento relativamente estable en el núcleo de la estructura de la Ciencia de la Información a partir de su base intelectual, confirma el predominio de dos subcampos enfocados a la recuperación de la información y al análisis de información (análisis de citas). Podríamos afirmar, por tanto, que su objetivo permanece dirigido a la solución de problemas prácticos, con un fuerte vínculo con la tecnología, en especial a partir del gran impacto de la Web en la investigación de la disciplina.

### **4.3. Principales relaciones interdisciplinarias**

La investigación interdisciplinar es una de las más visibles tendencias en el ámbito académico, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX. Se sustenta en el flujo natural de ideas entre dominios de conocimiento que ha caracterizado históricamente el desarrollo de las ciencias en general. Requiere de una integración activa de conocimiento y/o métodos (información, datos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y teorías) a partir del esfuerzo conjunto de varias disciplinas dirigido hacia la comprensión o la solución de problemas (Holland, 2008), cuya solución está más allá del alcance de una sola disciplina o campo de práctica de investigación.

Como se ha constatado, la Ciencia de la información declara su naturaleza interdisciplinar como una condición natural en su fundación, fundamentándose esencialmente en la multidimensionalidad y amplio alcance de su objeto de estudio: la información. Esta característica es aceptada por la generalidad de los autores, y permanentemente debatida desde múltiples enfoques, destacándose los provenientes de las teorías filosóficas y sociológicas, con descripciones de alto nivel sobre la dinámica de la ciencia en general y de las fronteras científicas en particular; y la aplicación de las técnicas bibliométricas a la literatura científica, para extraer y explicar patrones asociados a la comunicación científica y a las estructuras intelectuales inherentes a una dinámica disciplinar.

Martha E. Williams, al asumir el cargo de presidenta de la American Society for Information Science (ASIS) en su 50 aniversario, definía muy acertadamente a la Ciencia de la Información como una “amalgama de disciplinas” que agrupa y utiliza teorías, principios, técnicas y tecnologías de una variedad de disciplinas en la solución de problemas de información, entre las que menciona a las ciencias de la computación, ciencia cognitiva, lingüística, economía, psicología, matemática, lógica, teoría de información, electrónica, comunicaciones, ciencia de la clasificación, ciencia de los sistemas, ciencia de la biblioteca (o bibliotecología), y ciencia de la gestión; y caracteriza al campo como multidisciplinar con un carácter interdisciplinar esencial (Williams, 1987/88).

De forma más sintética, Cronin y Pearson (1990) la consideraron un campo ecléctico, “importador neto de las ideas de otras disciplinas”, mencionando como ejemplos a la ciencia de la computación, la lingüística, y la ciencia de la gestión (Cronin & Pearson, 1990). No obstante notan que el flujo entre disciplinas no es recíproco, puesto que unas son altamente independientes y ofrecen gran cantidad de información a otras disciplinas (como la filosofía, psicología, historia y lingüística), mientras que otras son menos independientes al obtener mucha información de otras disciplinas (como la educación y la sociología).

Hjørland & Albrechtsen (1995) mencionan la influencia en la CI de campos como las ciencias cognitivas, lingüística, psicología, investigación educativa, ciencia de la computación, sociología y filosofía; y analizan cómo en ocasiones estas influencias son indirectas y determinan tendencias en la disciplina.

Rayward (1996) examina distintas aproximaciones históricas e historiográficas de la Ciencia de la información, y en particular analiza los problemas relacionados con su definición e interdisciplinariedad. Al respecto considera al campo como un campo compuesto por pedazos de distintas disciplinas que entran en su ámbito, entre las que menciona a la

cibernética, la ciencia de la computación, la ciencia de la biblioteca, las ciencias cognitivas, inteligencia artificial, la teoría general de los sistemas, la lingüística, la teoría de información y así sucesivamente.

Saracevic (1992, 1995) analiza la condición interdisciplinar del campo a partir de sus orígenes en un momento histórico particular, con un esfuerzo masivo de la sociedad por enfrentar el fenómeno de la explosión de información aprovechando el desarrollo científico-técnico existente, centrando su mayor interés en la recuperación de la información, y heredando una importante fuente de relaciones interdisciplinarias. Menciona como fundamentales, las relacionadas con la Bibliotecología, la Ciencia de la Computación, la Ciencia Cognitiva, y la Comunicación, con intereses compartidos resumidos en la siguiente tabla:

Disciplina relacionada	Principales intereses compartidos
Bibliotecología	Rol social y problemas de la efectiva utilización de registros (gráficos o no)
Ciencia de la Computación	Aplicación de la computación en la recuperación de la información, asociada a productos, servicios y redes. Inteligencia Artificial
Ciencia cognitiva	Innovación en sistemas de información (sistemas expertos, hipertextos, bases de conocimiento, interfaces inteligentes, e interacción humano-computadora)
Comunicación	Comunicación humana, información como fenómeno, comunicación como proceso

Tabla 11. Disciplinas con mayores relaciones interdisciplinarias con la Ciencia de la información, según Saracevic (1992)

Por otra parte, Holland (2008) considera que la interdisciplinariedad y la multidisciplinariedad coexisten en el campo, e investiga con una mirada filosófica la naturaleza y el valor de la colaboración del trabajo de múltiples disciplinas en la Ciencia de la información. Menciona como ejemplos la colaboración de la filosofía y la sociología, y en particular toma como caso de estudio la frecuente relación entre la Ciencia de la Información y la Ciencia cognitiva, presente con fuerza desde al menos 1977, aportando con su naturaleza multidisciplinar, técnicas y teorías de otros campos interdisciplinarios como la Psicología experimental, Ciencia de la Computación, neurociencia, Filosofía, Lingüística, Matemática e Ingeniería.

Con la finalidad de comprender cómo algunos saberes se aproximan, otros autores analizan relaciones particulares de la Ciencia de la Información con alguna disciplina en específico. Por ejemplo, con la Comunicación (Rice & Crawford, 1992; Borgman y Rice, 1992), los Sistemas

de Información (Ellis, Allen, & Wilson, 1999; Monarch, 2000), la informática social (Kling, Rosenbaum, & Hert, 1998; Sawyer & Rosenbaum, 2000), la Epistemología Social (Dick, 2002; Fallis, 2000, 2002, 2006), la minería de datos (Chen & Liu, 2004), la Ciencia cognitiva (Borém-Lima, 2003; Holland, 2008), la filosofía de la ciencia (Hjørland, 2005), y la semántica (Hjørland, 2007b), entre otras.

Las disciplinas relacionadas con la Ciencia de la información pueden ser también identificadas empíricamente a partir de mapas obtenidos a través del análisis de cocitación. Hjørland (2000) aclara que no hay que obviar que la interpretación de tales resultados visuales depende de las orientaciones teóricas de los investigadores y los paradigmas dominantes en el campo. Menciona como relaciones más relevantes, las que se establecen con la Ciencia de la Computación (incluyendo a la Inteligencia Artificial), a la Comunicación, Epistemología, Lingüística, Matemática y Estadística, Psicología y Ciencia cognitiva, estudios de la ciencia, Semántica, Semiótica, y Sociología (especialmente Sociología de la Ciencia).

Abundantes investigaciones se han realizado sobre las conexiones del campo con otras disciplinas a partir de estudios bibliométricos. Presentan siempre limitaciones en cuanto a la fuente y volumen de los datos seleccionados, el período de tiempo abordado, o las técnicas utilizadas, pero su análisis resulta interesante por las “pistas” que acerca de los cambios de estas relaciones, pueden aportar los mapas visualizados. Como ejemplos, se destacan los siguientes:

- Rice y Crawford (1992), y Borgman y Rice (1992), examinan la relación entre las disciplinas de Comunicación y Ciencia de la información, a partir de un estudio bibliométrico en el Social Sciences Citation Index (SSCI), enmarcado entre 1977 y 1987.
- Buttlar (1999), estudia la citación en 61 disertaciones doctorales de la disciplina entre 1994 y 1997, y concluye que es definitivamente un campo interdisciplinar con estrechas relaciones con los campos de la Educación, Ciencia de la Computación, Medicina, Sociología, Comunicación, y negocios, entre otros.
- Ellis, Allen, y Wilson (1999), se centran en delimitar la relación entre la Ciencia de la información y los Sistemas de Información a partir de un análisis de cocitación, concluyendo que ambas son disciplinas separadas que establecen una fuerte colaboración en el campo profesional, en lo concerniente al logro de sistemas de información más efectivos que apoyen mejores servicios de información. Proponen incluir en la educación de la disciplina concepciones integradas que consideren, en el diseño y uso de sistemas de información y servicios, un componente de las ciencias sociales

concerniente a la comprensión de cómo las personas buscan, obtienen, evalúan, usan y categorizan información.

- Holmes (2001), utiliza el análisis de citas para analizar las disciplinas que contribuyen a la Ciencia de la información en una muestra de 6 años: 1973, 1978, 1983, 1988, 1993, y 1998. A partir de sus resultados, identifica en primer lugar a la Bibliotecología como la que más contribuye; en segundo lugar, a la Ciencia de la Computación y la Gestión; y en tercer lugar, seis disciplinas con contribuciones menores: Ingeniería, Medicina, Sociología y Antropología, Economía, Educación y Psicología.
- Tang (2004a, 2004b), realiza un análisis de citación en 150 publicaciones en la disciplina, escogiendo una muestra de 25 artículos en cada uno de los años 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, y 2000, y compara sus resultados con los de Buttlar (1999). Identifican 18 disciplinas que contribuyen al amplio espectro interdisciplinar del campo: Ciencia de la Computación, Educación, Comunicación, Negocios, Matemática, Medicina, Ciencia Política, Historia, Geografía, Psicología, Economía, Ingeniería, Química, Leyes, Sociología, Artes, Literatura, y Biología. En particular, destaca el creciente interés en la Ciencia de la Computación desde 1990, la Comunicación desde el 2000, y una orientación de la aplicación de la tecnología en áreas altamente especializadas.
- Chua y Yang (2008), analizan tendencias de colaboración de autores, principales autores y su afiliación como un patrón de coautoría entre ellos, y palabras clave que identifican subdisciplinas emergentes; a partir de todos los artículos publicados en *Journal of American Society for Information Science and Technology (JASIST)* divididos para su comparación en dos períodos: 1988-1997 y 1998-2007. Afirman que en las últimas décadas la Ciencia de la Información ha transitado hacia la multidisciplinariedad a partir de la creciente diversidad de autores, relacionados con áreas como Tecnología de la computación (software, hardware, almacenamiento, hipertexto, internet, seguridad), Comunicación (comunicación académica y organizacional, visualización, video, texto, discurso), Ciencia del sociocomportamiento (Ergonomía, HCI, factores Humanos, psicología, colaboración, políticas), Bibliotecología (tipos de bibliotecas, educación/entrenamiento, bibliotecas digitales, gestión y operaciones de bibliotecas) , Estadística (bibliometría, ciencia de la información, análisis de citación), Leyes y Gobierno (aspectos legales relacionados con patentes, privacidad, contratos), entre otras.
- Cronin (2008), afirma que la interdependencia entre disciplinas se puede demostrar bibliométricamente, con técnicas de cocitación, observar la ruta intelectual del campo a

partir del análisis de sus comunidades científicas, y se apoya en un análisis de los mapas generados por White y McCain (1998) para demostrar la fuerte influencia sociológica en la disciplina.

La siguiente tabla resume 28 propuestas, ya mencionadas, de distintos autores que han considerado utilizando múltiples teorías y técnicas aplicadas, para ilustrar las disciplinas que se relacionan a la Ciencia de la información:

Autores	Disciplinas propuestas relacionadas con la Ciencia de la Información
Borko (1968)	Matemática, Lógica, Lingüística, Psicología, Computación, Investigación de operaciones, Artes Gráficas, Comunicaciones, Biblioteconomía, Gestión, y "otros campos similares"
Garrison (1988)	Comunicaciones, Computación, Ingeniería, Gestión
Williams (1987/88)	Ciencia de la Clasificación, Ciencia cognitiva, Comunicaciones, Ciencias de la computación, Economía, electrónica, Teoría de la Información, Bibliotecología, Lingüística, Lógica, Ciencia de la gestión, Matemática, Psicología, Ciencia de los sistemas
Rice y Crawford (1992), Borgman y Rice (1992)	Comunicación
Saracevic (1992, 1995)	Bibliotecología, Ciencia de la Computación, Ciencia Cognitiva, y Comunicación
Hjørland & Albrechtsen (1995)	Ciencias cognitivas, Lingüística, Psicología, investigación educacional, Ciencia de la Computación, Sociología y Filosofía
Rayward (1996)	Inteligencia artificial, Ciencias Cognitivas, Ciencia de la Computación, Cibernética, Teoría general de los sistemas, Teoría de la Información, Bibliotecología, Lingüística
Buttler (1999)	Educación, Ciencia de la Computación, Medicina, Sociología, Comunicación, y Negocios, entre otros
Ellis, Allen, & Wilson (1999) Monarch (2000)	Sistemas de Información
Kling, Rosenbaum, & Hert (1998); Sawyer & Rosenbaum (2000)	Informática social
Hjørland (2000)	Ciencia de la Computación (incluyendo a la Inteligencia Artificial), Comunicación, Epistemología, Lingüística, Matemática y Estadística, Psicología y Ciencia cognitiva, estudios de la ciencia, Semántica, Semiótica, y Sociología (especialmente Sociología de la Ciencia).
Holmes (2001)	Bibliotecología, Ciencia de la Computación, Gestión
Tang (2004a, 2004b)	Ciencia de la Computación, Educación, Comunicación, Negocios, Matemática, Medicina, Ciencia Política, Historia, Geografía, Psicología, Economía, Ingeniería, Química, Leyes, Sociología, Artes, Literatura, y Biología
Chen & Liu (2004)	Minería de datos

Dick (2002); Fallis (2000, 2002, 2006)	Epistemología social
Borém-Lima (2003)	Ciencia cognitiva
Hjørland (2005)	Filosofía de la ciencia
Hjørland (2007b)	Semántica
Chua y Yang (2008)	Tecnología de la computación (software, hardware, almacenamiento, hipertexto, internet, seguridad), Comunicación (comunicación académica y organizacional, visualización, video, texto, discurso), Ciencia del sociocomportamiento (Ergonomía, HCI, Factores Humanos, Psicología, colaboración, políticas), Bibliotecología (tipos de bibliotecas, educación/entrenamiento, bibliotecas digitales, gestión y operaciones de bibliotecas), Estadística (bibliometría, cienciometría, análisis de citación), Leyes y Gobierno (aspectos legales relacionados con patentes, privacidad, contratos)
Cronin (2008)	Sociología
Holland (2008)	Filosofía, Sociología, Ciencia cognitiva (con aportes de psicología experimental, ciencia de la computación, neurociencia, filosofía, lingüística, matemática e ingeniería)

Tabla 12. Disciplinas relacionadas con la Ciencia de la Información según distintos autores

La muestra escogida incluye propuestas distribuidas en un período de 40 años, que consideran con mayor frecuencia las relaciones establecidas con la Computación, la Comunicación, la Ciencia cognitiva, la Biblioteconomía/Bibliotecología, la Matemática, la Sociología, la Gestión, la Psicología y la Lingüística. A partir de los 2000, evidencian una expansión y diversificación de las conexiones disciplinares en el ámbito científico y social, siendo interesantes los resultados de las investigaciones de Tang (2004a, 2004b) y de Chua y Yang (2008), quienes reafirman el interés por las ciencias naturales y sociales, con la fuerte influencia de la tecnología de información, manifestaciones del ya mencionado paradigma sociocognitivo. Nótese el hecho de que las disciplinas mencionadas a su vez tienen relaciones interdisciplinares entre sí, por ejemplo, la Comunicación, las Ciencias cognitivas y la Ciencia de los Sistemas establecen relaciones con la Psicología, la Lingüística, la Sociología, la Ciencia de la Computación, la Semiótica, entre otras, estableciendo un sistema de conexiones cruzadas en las ciencias relacionadas con la información en diferentes contextos.

La Ciencia de la Información toma conocimientos de diversas disciplinas científicas y tecnológicas, variando los tipos de disciplinas año tras año; y sostiene la investigación de su objeto de estudio fundamental a partir de las fuertes relaciones interdisciplinares que alrededor del estudio de la información se establecen, enriqueciéndose de métodos y teorías

provenientes de múltiples campos (Tang, 2004a, 2004b). Cronin y Meho (2008) investigan el comportamiento del intercambio intelectual del campo con otras disciplinas, y comparan sus resultados con los anteriores de Cronin y Pearson (1990), concluyendo que es en la actualidad un exportador de ideas más exitoso y menos introvertido que en el pasado reciente, mostrando también un aumento en las importaciones provenientes de la Ciencia de la Computación y la Ingeniería, Negocios y Gestión, y las ciencias de la Salud/Medicina, debido en gran medida a los avances en las tecnologías de información en general y a Internet (Web) en específico.

Se puede afirmar entonces que la interdisciplinariedad en la disciplina es un proceso dinámico y en construcción, que coexiste con la multidisciplinariedad a partir de la evolución entre disciplinas cercanas que construyen nuevos conocimientos para la resolución colectiva de problemas complejos (Holland, 2008). No obstante, las relaciones interdisciplinarias iniciales anunciadas por Borko (1968) siguen manteniéndose con fuerza alimentando el núcleo de la disciplina, sujetas a una evolución particular y a la presencia de influencias dadas por los distintos cambios paradigmáticos en las ciencias.

### **Conclusiones parciales**

- La Ciencia de la información estudia el fenómeno de la información y su ciclo de vida completo (de la creación al uso), con énfasis en la usabilidad y accesibilidad. Se nutre de campos científicos, sociales y psicológicos para la resolución de problemas humanos.
- Como actividad disciplinar y profesional, la Ciencia de la Información emerge en medio de un renacimiento científico-técnico orientado a apoyar el progreso económico, social y tecnológico, y con tres características esenciales: naturaleza interdisciplinar, conexión con la tecnología de la información y una participación activa en la sociedad.
- En gran medida, la comprensión del fenómeno informacional y de las interacciones interdisciplinarias determina su interpretación científica, aunque esencialmente se considera una ciencia social.
- Su evolución y desarrollo histórico revela la influencia de cambios paradigmáticos en las ciencias, en cuestionamientos continuos acerca de su alcance como disciplina o profesión, en los estudios sobre la naturaleza de su objeto de estudio, y en la incorporación de otras teorías, métodos y herramientas, producto de diversas interacciones interdisciplinarias.

- Tres enfoques fundamentales ayudan a identificar los cambios paradigmáticos en la disciplina hasta el momento: el enfoque físico centrado en los artefactos, el cognitivo centrado en las personas, y el sociocognitivo, que considera el ambiente de uso.
- En los años fundacionales domina el paradigma físico en la disciplina, con un enfoque centrado en el sistema tradicional de recuperación de la información; considerando a la información como una forma física de representación, un sustituto del conocimiento, o un pensamiento particular usado para la comunicación; y al conocimiento científico como el único verdadero y absoluto, con un carácter universal y neutral, no influenciado por los procesos sociales y cognitivos.
- El enfoque cognitivo en la disciplina se establece y desarrolla entre los años 80 y los 90, enfocado casi exclusivamente en el usuario individual de la información en términos de sus modelos mentales, estrategias y estructuras cognitivas, así como en las interfaces e interacción entre el usuario y el sistema. Se concentra en los aspectos cualitativos de la interacción en la recuperación de la información, con énfasis en la investigación interdisciplinar y en una integración teórica.
- A partir de los años 90 se desarrollan y discuten un número de teorías alternativas, destacándose la del análisis de dominio, que ubica al paradigma cognitivo en un contexto social, e inicia el enfoque sociocognitivo en la disciplina, inspirado en las estructuras de información en diferentes dominios, así como en la sociología del conocimiento y la teoría del conocimiento
- La búsqueda de una concepción uniforme de la Ciencia de la Información, continúa siendo uno de los esfuerzos fundamentales de la investigación en el campo, que expande actualmente su estudio más allá del dominio del conocimiento humano acercándolo al resto de los sistemas naturales, considerando perspectivas generales y específicas.
- Las investigaciones sobre la naturaleza y organización intelectual de la disciplina suelen utilizar técnicas bibliométricas aplicadas a la literatura científica para una identificación y análisis visual. Reflejan su dinámica ante los cambios paradigmáticos, aunque con cierta estabilidad en el núcleo de la estructura del dominio, con un predominio de dos subcampos, relacionados con la recuperación de la información y al análisis de información, y con un fuerte vínculo con la tecnología, en especial de la Web.
- La característica interdisciplinar de la disciplina es permanentemente debatida desde múltiples enfoques, destacándose los provenientes de las teorías filosóficas y sociológicas, y la aplicación de técnicas bibliométricas a la literatura científica, para extraer y explicar patrones asociados a la comunicación científica y a las estructuras intelectuales

inherentes a una dinámica disciplinar, considerando orientaciones teóricas de los investigadores y los paradigmas dominantes en el campo.

- La Ciencia de la Información se centra en la teoría y la práctica de proveer información, y para esto se adapta a los problemas generados por otras ciencias para ayudar a resolverlos.
- Sostiene la investigación de su objeto de estudio fundamental a partir de las fuertes relaciones interdisciplinarias que alrededor del estudio de la información se establecen, enriqueciéndose de métodos y teorías provenientes de múltiples campos. Atrae pues un amplio espectro de disciplinas provenientes de distintos dominios de la ciencia, variando dinámicamente los tipos de disciplinas año tras año, destacándose la Computación, Comunicación, Ciencias cognitivas, Biblioteconomía/Bibliotecología, Matemática, Sociología, Gestión, y la Lingüística, entre otras.

## CAPÍTULO 5. LA VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA CIENCIA DE LA INFORMACIÓN

Como se ha visto en el capítulo anterior, en su evolución la Ciencia de la Información ha enfocado predominantemente su investigación en dos grandes temas: el análisis de la información, con una influencia estadística y sociológica marcada; y la recuperación de la información, más cercana a la Computación bajo la influencia de acelerados avances tecnológicos.

En su importante artículo "*Visualization of literatures*", White y McCain comenzaban afirmando: "El verdadero estudio de la ciencia de la información es la interfaz entre las personas y las literaturas" (White & McCain, 1997)<sup>22</sup>, e indicaban como tendencia en la especialidad, la combinación del uso de visualizaciones gráficas computarizadas con la recuperación de documentos. Pero el interés por visualizar la información en el campo no comienza con el reconocimiento oficial de dicha disciplina en los años 90. Desde sus inicios, la Ciencia de la información innovaba al respecto a partir de la asimilación de conceptos y técnicas provenientes de múltiples disciplinas que se interesaban por la información.

Tal vez el principal desarrollo en este sentido proviene del interés por enriquecer la historia de la ciencia a partir del análisis de la producción científica. Garfield (1963), científico de la información, es de los primeros que señala la utilidad de los ordenadores para construir mapas que relacionaran documentos científicos a partir de las citas, como apoyo a la investigación sociológica e histórica de la ciencia. Complementa su idea con ejemplos de experiencias aportadas por distintos métodos que usaban diagramas de redes (como PERT, *Project Evaluation Review Technique*) e incluso sugiere la posibilidad de programar la interacción del usuario con la representación de forma tal que permitiera "borrar" nodos y sus conexiones en la red, en la búsqueda de una mejor alternativa. Al año siguiente, Garfield, Sher y Torpie (1964) utilizan los mapas multidimensionales de cocitación para historiar la ciencia, conceptualizando las relaciones como líneas directas entre documentos<sup>23</sup>. Price (1965), historiador de la ciencia, se apoya en los aportes sobre análisis exploratorio de fuentes bibliográficas de autores como Garfield, Tukey y Kessler, en su influyente artículo

---

<sup>22</sup> Lo que se puede interpretar en este contexto como la interfaz entre las personas y la bibliografía

<sup>23</sup> Véase Garfield (1964) con excelentes gráficos multidimensionales para analizar la historia de la ciencia.

sobre las redes de documentos científicos, y utiliza la representación en forma de matriz y la visualización de datos para la identificación de frentes de investigación de una disciplina determinada a partir del análisis de citas. Estos estudios demostraron la factibilidad del análisis de citas para examinar especialidades científicas.

Los inicios de los años '70 se beneficiaron de estas propuestas para alimentar un interés creciente por representar la estructura de la ciencia a partir de datos bibliográficos, enriquecido por la asimilación de nuevas técnicas y métodos. Narin, Carpenter y Berlt (1972) usaron datos del *Science Citation Index* (SCI) para construir nuevos mapas de la ciencia, y en 1973, Small y Marshakova, proponen de forma independiente el uso de documentos altamente citados y su frecuencia de cocitación para mapear la ciencia (Small, 1973; Marshakova, 1973).

Small y Griffith (1974) extienden esta propuesta y describen los primeros pasos para mapear la literatura científica utilizando datos del SCI y la cocitación como variable de relación, con la intención de identificar grupos de documentos con intereses comunes, graficar especialidades científicas, medir el grado de similitud entre documentos citados, y establecer patrones de citación entre autores de los documentos citados. Utilizando como base el análisis cuantitativo de la producción científica, presentan una representación gráfica donde los nodos son recuadros que contienen información asociada a los documentos, autores, palabras más citadas, o grupos de documentos, y se enlazan con grupos de líneas que miden la fortaleza de la cocitación. Con esta propuesta, confirman la noción de que la ciencia y su literatura pueden concebirse como una red de especialidades interconectadas, donde cada una es el centro de un fuerte sistema de comunicación altamente interactivo (Griffith, Small, Stonehill, & Dey, 1974).

Griffith, Small, Stonehill, y Dey (1974) mejoran la representación de los mapas de la literatura científica, al representar a un nivel macro, grupos de cocitación como círculos, en un intento por brindar una perspectiva general que permita analizar la estructura de la ciencia a través de la relación entre varias especialidades científicas. Muy parecido a la representación del método PERT, en la representación gráfica (Figura 1) los números en los círculos indican la cantidad de pares de documentos y los números en las líneas indican la fortaleza de la cocitación entre grupos.

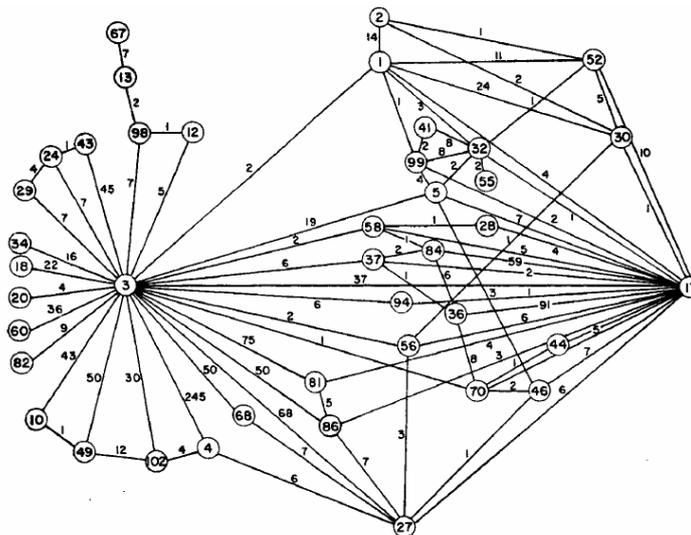


Figura 22. Grafo de grupos de cocitación de especialidades científicas (Griffith, Small, Stonehill, & Dey, 1974)

Los autores describen además una metodología para analizar la estructura de especialidades individuales, aplicando la técnica de escalamiento multidimensional (*Multidimensional Scaling*, MDS), que convierte una matriz de datos (que de por sí es multidimensional) en un conjunto de coordenadas multidimensionales con las que se puede construir un mapa, proceso al que se le llama genéricamente “reducción de la dimensión”. En este caso, consideraron números absolutos de cocitación como medida de proximidad, y la fortaleza de la cocitación como medida de similitud.

Small (1981) habla de obtener el “insight”<sup>24</sup> sobre el estado de un campo de investigación o una disciplina, examinando la producción de sus practicantes. Para demostrarlo, examina la estructura y desarrollo de la Ciencia de la Información usando la literatura publicada como datos y el análisis de citación de revistas. La siguiente figura muestra dos representaciones gráficas en red utilizadas por el autor para apoyar sus análisis. Ambas se refieren a la distribución de agrupamientos de nodos (*clusters*) pertenecientes a la Ciencia de la Información, pero la primera (generada a partir de la aplicación del escalamiento multidimensional) da mayor importancia al porcentaje de citas, y la segunda a las interconexiones entre los *clusters*.

<sup>24</sup> Relacionado con el descubrimiento repentino y no esperado.

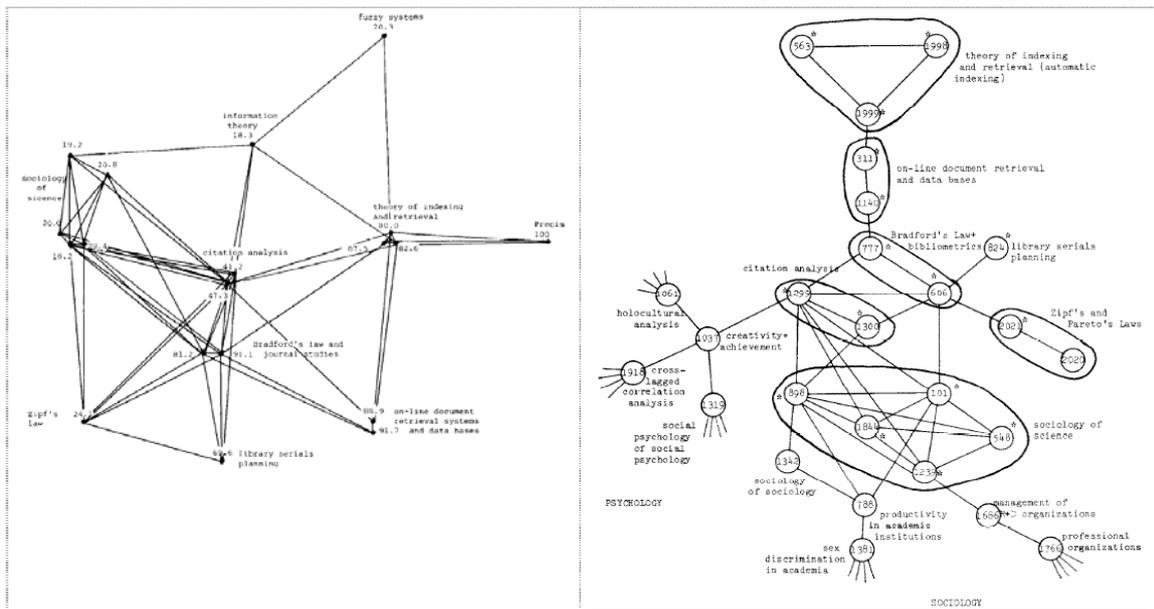


Figura 23. Visualización de redes para la identificación de *clusters* de la Ciencia de la Información según distintos criterios, por Small (1981)

Por su parte, White & Griffith (1981) extienden la metodología de cocitación utilizando los autores primarios como unidad de análisis, proponen el análisis de co-citación de autores (*author co-citation analysis, ACA*), y MDS como técnica de mapeo, siendo de las primeras aplicaciones de la visualización de la información a los datos bibliométricos.

Crouch (1986) analiza la potencialidad de la aplicación de técnicas gráficas en los sistemas de recuperación de la información, para analizar relaciones entre documentos pertenecientes a grandes colecciones.

A partir de los años 90, los estudios sobre visualización y la bibliometría<sup>25</sup> estrechan su vínculo, enfocados al estudio de conceptos como campo, disciplina, área de especialidad, estructura del conocimiento y dominios de conocimiento (Schneider & Borlund, 2004), en la búsqueda de un mejor análisis de la complejidad de las interrelaciones en el conocimiento científico.

Garfield (1994) introduce el llamado mapeo longitudinal, donde se utilizan series de mapas secuenciales para detectar los avances del conocimiento científico en el decursar del tiempo.

White y McCain (1997) brindan un análisis de los principales acercamientos de la visualización a la literatura científica, con antecedentes en el mapeo bibliométrico, y

<sup>25</sup> asumida en este capítulo como un término genérico referente a las áreas de ciencia métrica, informetría y bibliometría

distinguen básicamente dos grandes tipos, dependientes de los registros bibliográficos o textuales: visualizaciones creadas online, integradas a la interfaz del ordenador; y visualizaciones offline (no dependientes del ordenador, aunque sin obviar su asistencia para el procesamiento de datos empíricos), cuyo principal objetivo es el análisis. Asimismo, señalan la fuerte conexión del progreso de los estudios sobre visualización a los avances en la tecnología de computación y la investigación en recuperación de la información. En el mismo año, en su Manifiesto de la Ciencia de la Información, Soergel (1997) afirmaba que en el corazón de esta disciplina dos preocupaciones fundamentales interdependientes: comprender a los usuarios en su demanda por definir y solucionar problemas; y representar estructuras de conocimiento que apoyen la construcción de significado y la solución de los problemas.

Al año siguiente, White y McCain (1998) desarrollan metodológicamente un análisis del dominio de la Ciencia de la información sobre la base del análisis de co-citación de autores, con el apoyo de interesantes proyecciones gráficas de barras para la comparación temporal de la cocitación de autores; y de puntos en el espacio (*scatterplots*) para la identificación de *clusters* en el dominio.

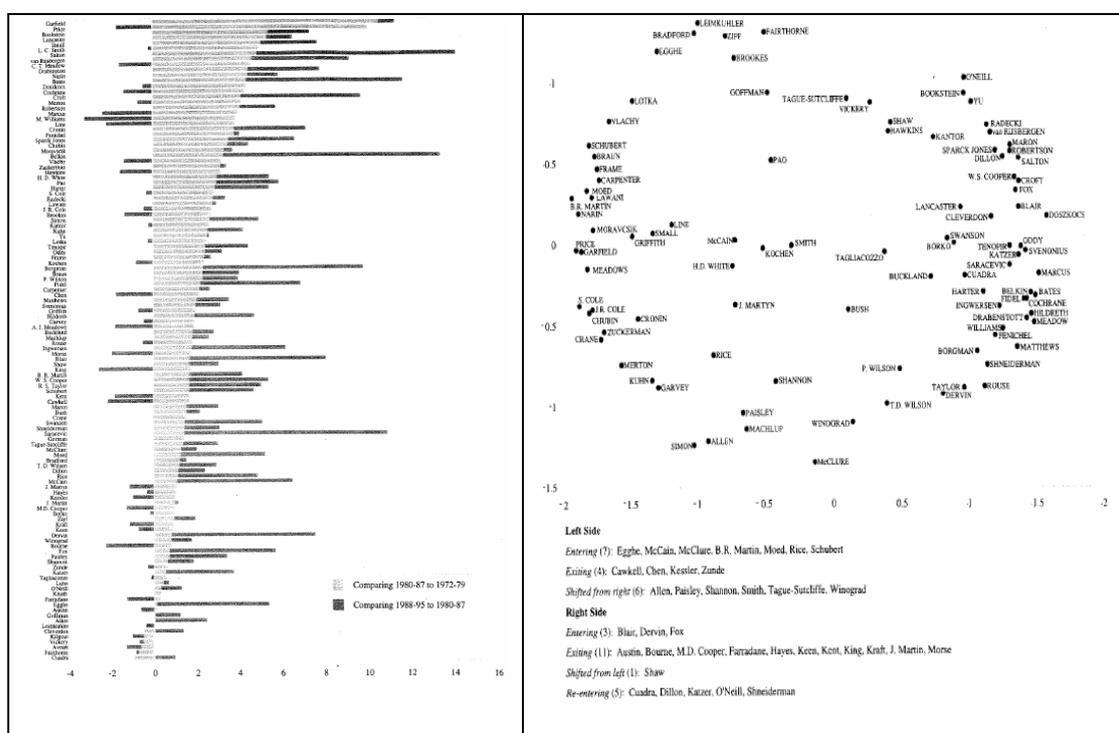


Figura 24. Representaciones visuales utilizadas por White y McCain (1998)

En particular, el análisis de co-citación de autores ha motivado la introducción de diferentes métodos de mapeo y su enlace con técnicas de visualización de información. Algunos ejemplos son:

- Uso del escalamiento multidimensional (*multidimensional scaling*, MDS), para agrupar autores más relacionados (White & Griffith, 1981; McCain, 1990)
- Mapas autoorganizativos (*self-organizing maps*, SOM), aplicado por Lin (1991, 1997) a los datos bibliográficos a partir de la idea de Kohonen (1989). La fortaleza de las relaciones se indica por la distancia entre los puntos.
- Pathfinder Networks (PFNets), cuyo algoritmo fue desarrollado en el ámbito de la ciencia cognitiva para estudios de asociación semántica (Schvaneveldt 1990), e introducido por Chen (1999, 2001) al aplicarlo en el análisis de co-citación de autores.

Garfield (1998), constata la actividad del campo de la visualización y estimula el uso de las nuevas técnicas de visualización a partir de la generación de mapas globales de la ciencia. En su ensayo, alude a las posibilidades de interactuar con ellos a través del zoom para identificar frentes de investigación emergentes en numerosas especialidades, descubrir preocupaciones de los investigadores, o rastrear cambios de moda en la investigación.

Small (1999), marca la tendencia bibliométrica en su vínculo con la visualización, al analizar los mapas de la ciencia basados en la cocitación en el contexto de la Visualización de la Información. Los define como una representación especial que refleja cómo disciplinas, campos, especialidades, publicaciones individuales o autores, se relacionan unos con otros, según su proximidad física o lugares relativos, análogos a la forma en que los mapas geográficos muestran las relaciones de característica políticas o físicas en la Tierra. Presenta además una visualización de la literatura científica basada en patrones de co-citación de revistas derivados de las bases de citación del ISI.

A partir de los años 2000, identificar la naturaleza de las especialidades en campos científicos se convierte en un reto fundamental para la Ciencia de la información. El creciente interés está motivado por (Chen, Ibekwe-SanJuan & Hou, 2010):

- El gran volumen de datos en fuentes diversas
- La presencia de fuentes de datos bibliográficas accesibles y repositorios de dominios específicos

- Disponibilidad de programas que permitan la visualización y análisis como CiteSpace, UCINET y Pajek.

En particular, el análisis de redes sociales se convierte en un método utilizado cada vez más para determinar las relaciones entre los diferentes elementos bibliográficos que componen un trabajo científico.

Chen, Paul y O'Keefe (2001) consideran fundamental comprender la comunicación científica a través del estudio de dominios del conocimiento como comunidades de discurso, y reconocen el vínculo estrecho entre la visualización de dominios de conocimiento y el análisis de dominio propuesto por Hjørland y Albrechtsen (1995) en la Ciencia de la información. Afirman además que una estrecha integración de las técnicas de visualización apoyará considerablemente el avance de las investigaciones sobre el crecimiento del conocimiento y el mapeo de disciplinas científicas.

Small (2003) nombra explícitamente *visualización* a la manera en que se refleja gráficamente el grado de relación entre los documentos. No obstante, considera la aplicación del enfoque bibliométrico un reflejo parcial e imperfecto de la realidad.

White (2003) reconoce las ventajas de PFnets para ACA y remapea los datos utilizados en el trabajo de White y McCain (1998) para estudiar la Ciencia de la Información. Se apoya además en los métodos del análisis de redes sociales y utiliza el software UCINET para los cálculos de medidas de centralidad y Pajek para la visualización. El resultado es el siguiente:

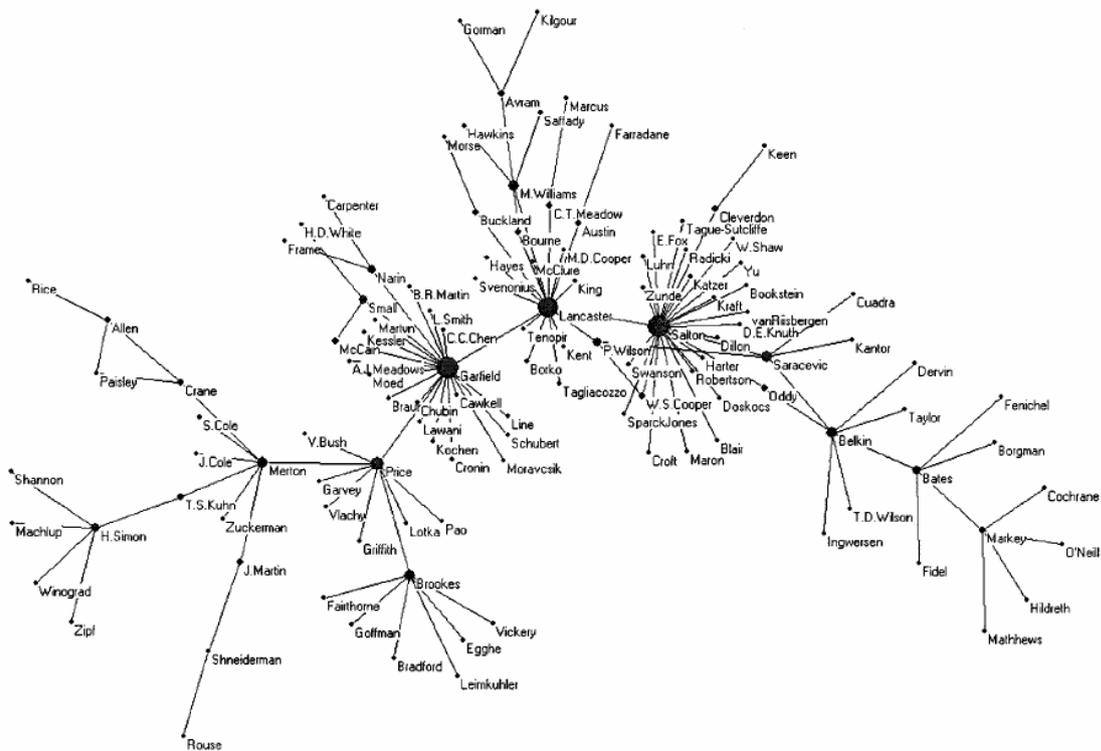


Figura 25. Visualización de autores de la Ciencia de la Información basado en la cocitación (White, 2003)

El uso creciente de técnicas de visualización ha ayudado a crear una comunidad interesada por descubrir patrones y tendencias a partir del análisis de estructuras semánticas asociadas a dominios de conocimiento en las ciencias, sustentadas en las técnicas de análisis de dominio, hasta el punto de que Hook (2007)<sup>26</sup> haya llegado a considerar al mapeo de un dominio, un subcampo de la visualización de la información. En particular se ha fortalecido el concepto de mapa de la ciencia, definido por Klavans y Boyack (2009) como un conjunto de elementos y las relaciones entre ellos, donde los elementos pueden ser disciplinas, revistas, artículos o cualquier otra unidad que represente una partición en la ciencia; y suelen representarse en un espacio bidimensional con una vinculación explícita de pares de elementos en virtud de las relaciones entre ellos. Estos autores indican que existen unos veinte mapas de la ciencia, dos de ellos creados por el grupo Scimago (Moya-Anegón et al., 2007; 2004).

<sup>26</sup> Peter A. Hook es actualmente estudiante doctoral de la universidad de Indiana, miembro del Laboratorio de Visualización de Información dirigido por Katy Börner, y participa en el proyecto Places & Spaces para mapear la ciencia (se puede consultar en: [http://scimaps.org/flat/advisory\\_board/](http://scimaps.org/flat/advisory_board/))

Para complementar este recorrido, se decidió investigar cómo se ha manifestado la relación interdisciplinar entre la Visualización de la información y la Ciencia de la Información con la ayuda de la aplicación de técnicas aportadas por la bibliometría y el análisis de redes sociales.

## **5.1. La Visualización en la literatura científica de la Ciencia de la Información**

Las revistas científicas recogidas en las bases de datos del ISI, pasan rigurosos controles expertos y suelen ser la vía preferida por los investigadores para asegurar la transferencia y disseminación de sus resultados científicos. El análisis de los datos bibliométricos que aportan dichas bases de datos puede brindar una perspectiva que caracterice un dominio determinado. Este enfoque conlleva el uso y la aplicación de métodos cuantitativos a la literatura científica, con objeto de obtener datos estadísticos que puedan apoyar criterios acerca de la evolución de una determinada actividad científica, complementados por interpretaciones de carácter social.

A continuación se expone el análisis de los resultados obtenidos en la investigación sustentada en una muestra de datos bibliográficos suministrados por el Web of Science (WoS), con la finalidad de verificar la evolución que ha tenido la temática en el ámbito de la disciplina Ciencia de la Información.

La estrategia de búsqueda en el WoS se sustentó en la frase: “*visualization OR information visualization*”, en el campo temático *Information Science & Library Science* considerando los años anteriores al 2010. Fue posible recuperar un total de 557 documentos fuentes, de ellos el 97,5% en idioma inglés, 2,2 % en español, 0,2 % en francés y 0,2 % en alemán. De ellos, un 46,3 % son *proceedings* de eventos y un 44,7 % pertenecen a artículos.

Para obtener un panorama general del fenómeno estudiado, se decidió acudir a la aplicación de una serie de indicadores básicos, cuyo análisis se divide en dos momentos fundamentales: análisis de producción y de análisis de co-citación.

### **5.1.1. Análisis de producción**

Para obtener datos asociados a los principales indicadores de producción se utilizó el programa HistCite™, elaborado por los Drs. E. Garfield (presidente emérito de Thomson ISI), A.I. Pudovkin (biólogo en el Institute of Marine Biology, Vladivostok) y V.S. Istomin (analista de

sistemas en el Center for Teaching, Learning, and Technology de la Washington State University). Ésta es una herramienta para el análisis historiográfico que organiza colecciones bibliográficas generadas a partir de una búsqueda en el Science Citation Index de la Web of Science (WoS) o en SCI-CD-ROM. Brinda una serie de indicadores relacionados con los documentos (año, tipo de documento, idioma, etc.), autores, y revistas, y representar gráficamente la cronología de los artículos más influyentes sobre un tema.

Se aplicó además el programa Bibexcel con el que se contrastaron los resultados obtenidos, y se cuantificó la productividad por categorías temáticas y autores.

Para la generación y análisis de redes de coocurrencia, se utilizaron los software Ucinet y Netdraw.

#### 5.1.1.1. Producción por años

Si observamos la gráfica que sigue, correspondiente al comportamiento de la producción científica sobre Visualización en la categoría *Information Science & Library Science* del WOS en el período objeto de estudio, se revela de manera general una tendencia gradual al crecimiento con oscilaciones en cambios de períodos de tiempo.

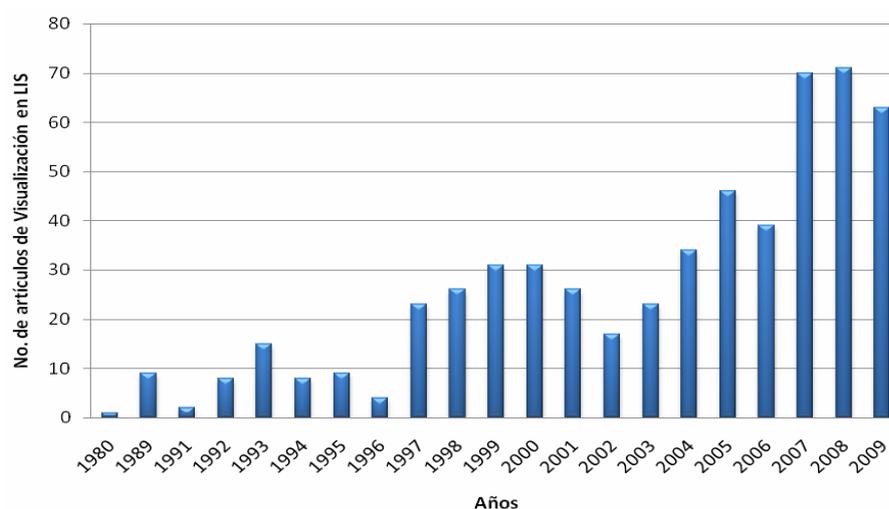


Figura 26. Productividad por años

Se distinguen además claramente tres períodos fundamentales, que podemos enmarcar entre los años:

**1980-1996:** 56 trabajos en total (10,05 %). Correspondiente con el período de auge del enfoque cognitivo en la Ciencia de la información. Con énfasis en la investigación interdisciplinar, se buscan sistemas de recuperación más efectivos mejorando cualitativamente las interfaces de usuario y la interacción en los sistemas. Se presta atención a la visualización de datos en general.

**1997-2002:** 154 trabajos en total (27,64%). En este período, la Ciencia de la información presta atención a la organización del conocimiento (Åström, 2007), y Hjørland & Albrechtsen (1995) proponen que la investigación en la Ciencia de la Información estudie las estructuras de información en diferentes dominios, apoyándose en la sociología del conocimiento y la teoría del conocimiento.

**2003-2009:** 347 trabajos en total (62,29%). Se introduce la perspectiva sociocognitiva en la Ciencia de la información con una fuerte dimensión social y humana y una indisoluble relación con las tecnologías de información y comunicación. Se reconocen las bases sociales del conocimiento, se presta especial prioridad a la visualización de dominios de conocimiento, y se comienzan a aplicar métodos y herramientas para la visualización y el análisis de redes sociales.

#### 5.1.1.2. Producción por continentes y países

El análisis de los datos de la muestra para determinar la distribución por regiones, permitió constatar, como aparece en el siguiente gráfico, que el continente que mayor presencia tiene es el americano (59%), específicamente Norteamérica, con los países de Estados Unidos y Canadá (58 %).

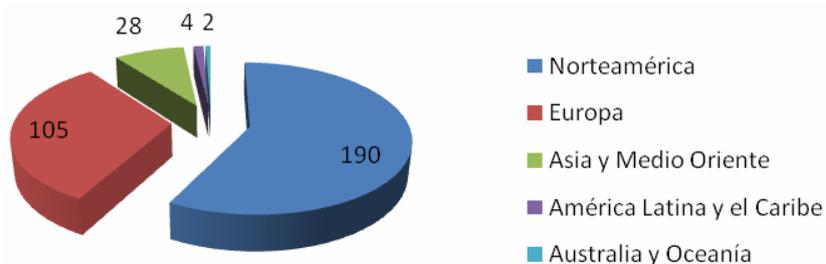


Figura 27. Producción científica por regiones

En orden le sigue Europa, que con un total de 14 países reúne el 32% de la investigación. Representados en menor medida se encuentran, Asia y Medio Oriente (8%), Australia y Oceanía (1%), y América Latina y el Caribe (1 %) que si bien pertenece también al continente americano, a los efectos de la presente investigación se analiza de forma separada con respecto a la región norte del continente, por las diferencias esenciales de desarrollo.

Al analizar la productividad por países, se identificó en la muestra un total de 42 países, destacándose Estados Unidos como principal productor seguido por Canadá y cinco países de Europa, con una distribución no homogénea respecto al resto, lo cual se corresponde con los resultados del análisis por continente.

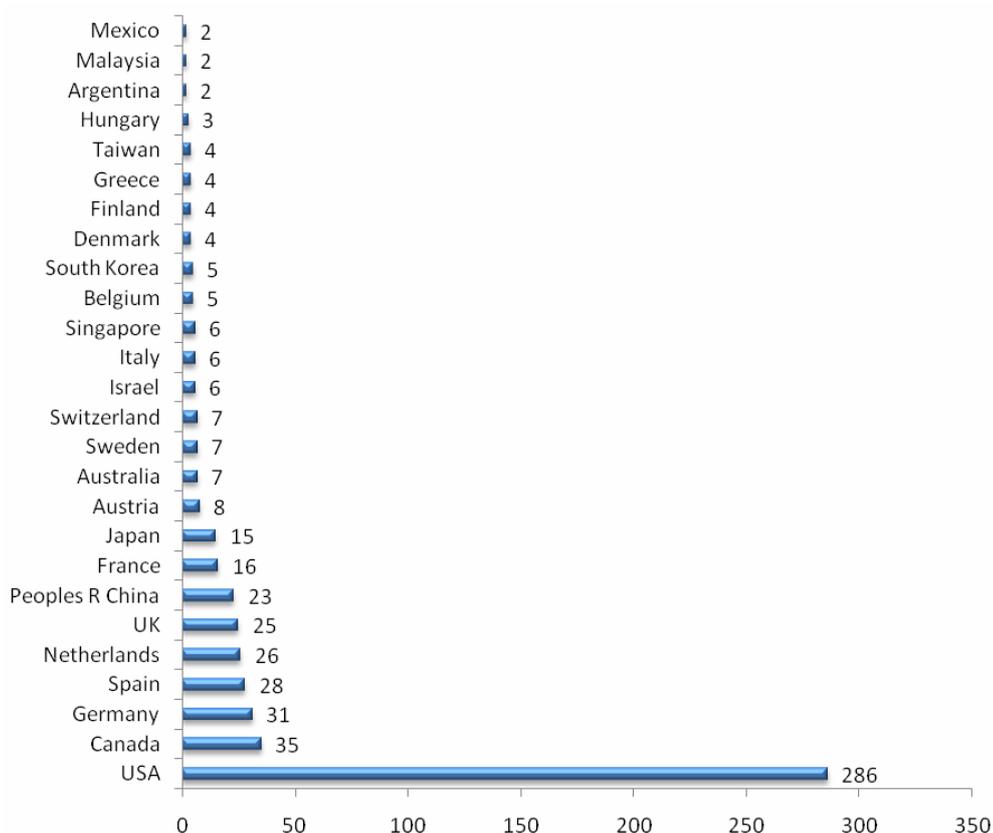


Figura 28. Países más productivos

En gran medida se debe al propio origen de la Visualización como disciplina científica y que los principales exponentes de la investigación del campo y sus disciplinas relacionadas, se encuentran afiliados a instituciones de dicho país. Cabe destacar el lugar de España, casi equiparado al de Canadá, con una estrategia de investigación clara en el campo.

### 5.1.1.3. Producción por instituciones

A partir de los datos generados por Histcite, se identificó un total de 291 instituciones, entre las que aparecen, como las más productivas, las siguientes:

Institución	No. records	Frecuencia de citación
Drexel University	16	36
University of Pittsburgh	14	39
Indiana University	13	10
University of Arizona	10	14
University of North Carolina	9	3
University of Maryland	8	3
University of North Texas	8	11
Stanford University	7	1
University of Washington	7	2
Pennsylvania State University	6	12
University of Amsterdam	6	17
Universidad de Granada	6	1
University of Illinois	6	4
Oklahoma State University	5	19
Texas A&M University	5	4
University of Western Ontario	5	7

Tabla 13. Instituciones más productivas

La gran mayoría de la muestra total son universidades. Las más importantes suelen tener en su equipo de profesores autores referentes del campo, e incluso la presencia de laboratorios de investigación sobre visualización. Algunos ejemplos son los siguientes:

- la Universidad de Pittsburg, que cuenta con el *Interdisciplinary Visualization Research Lab* (<http://vis.cs.pitt.edu/>).
- la Universidad de Indiana, que tiene una importante actividad con la presencia del *Advanced Visualization Laboratory* ([www.avl.iu.edu](http://www.avl.iu.edu)), el laboratorio de *Information visualization* (<http://ivl.slis.indiana.edu>), y el *Cyberinfrastructure for Network Science Center* (<http://cns.slis.indiana.edu/>), los dos últimos dirigidos por la Dra. Katy Börner, con

colaboradores procedentes de instituciones diversas, como *Sandia National Laboratories* y el grupo de *Geographic Information Visualization and Analysis (GIVA)* del *GIScience Center*.

- La Universidad de North Carolina, que cuenta con el *Center for Visualization and Analytics* (<http://research.csc.ncsu.edu/cva/>),
- La Universidad de Maryland, donde lidera la investigación sobre este tema el *Human-Computer Interaction Lab* (<http://www.cs.umd.edu/hcil/>).
- la Pennsylvania State University, donde se encuentra el *Geovista Center*, que coordina al *North-East Visualization and Analytic Center* (<http://www.geovista.psu.edu/NEVAC/>), enfocado a la analítica visual.
- La Universidad de Stanford, que tiene al *Stanford Visualization Group* (<http://vis.stanford.edu/>), para investigar los factores perceptuales, cognitivos y sociales relacionados con la comprensión de grandes colecciones de datos, y el desarrollo de sistemas interactivos para la analítica visual y la comunicación.

A un nivel de subdivisión de la Institución, las más productivas fueron:

Institución con subdivisión (nombre abreviado)	No. registros
Drexel Univ, Coll Informat Sci & Technol	15
Indiana Univ, Sch Lib & Informat Sci	9
Univ Pittsburgh, Sch Informat Sci	9
Univ N Texas, Sch Lib & Informat Sci	6
Univ Maryland, Dept Comp Sci	5
Univ Maryland, Human Comp Interact Lab	5
McGill Univ, Grad Sch Lib & Informat Studies	4
Penn State Univ, Dept Geog	4
Sandia Natl Labs	4
Univ Amsterdam, Amsterdam Sch Commun Res	4
Univ Washington, Dept Biol Struct	4
Univ Western Ontario, Fac Informat & Media Studies	4
Brunel Univ, Dept Informat Syst & Comp	3
Oklahoma State Univ	3
Stanford Univ, Sch Med	3
Swedish Sch Lib & Informat Sci	3
Texas A&M Univ, Dept Comp Sci	3
Univ Granada, Fac Lib & Informat Sci	3
Univ Maine, Dept Surveying Engn	3

Tabla 14. Instituciones y subdivisiones más productivas

Nótese el marcado enfoque interdisciplinar, destacándose el abordaje de la visualización con contribuciones de la Ciencia de la información, la Computación, la HCI, y la Geografía, fundamentalmente.

#### 5.1.1.4. Producción de revistas

De acuerdo a los datos obtenidos, se identificó un total de 140 revistas, de las cuales 6 concentran la mayor cantidad de trabajos, sumando un total de 204. La siguiente tabla las relaciona, e incluye además el factor de impacto (FI) que obtuvieron en el 2009, difundido por *Thompson Reuters* en la publicación anual *Journal Citation Reports* (JCR), como una medida de influencia.

Revista	Otras categorías temáticas (ISI)	No. docs.	%	FI 2009
<i>Journal of the American Society for Information Science and Technology</i>	Computer science, Information systems	60	10,7	2.300
<i>International Journal of Geographical Information Science</i>	Computer science, Information systems Geography, Physical	58	10,4	1.533
<i>Journal of the American Medical Informatics Association</i>	Computer science, Information systems Computer science, Interdisciplinary applications	32	5,7	3.974
<i>Information Processing &amp; Management</i>	Computer science, Information systems	25	4,5	1.783
<i>Scientometrics</i>	Computer science, Interdisciplinary applications	18	3,2	2,167
<i>Journal of Information Science</i>	Computer science, Information systems	11	2	1.706

Tabla 15. Revistas más productivas

*Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*. Revista ampliamente referenciada, publica trabajos de investigación y desarrollo relacionados con la Ciencia de la Información y la Tecnología. Se interesa por la producción, descubrimiento, registro, almacenamiento, representación, recuperación, presentación, manipulación, diseminación, uso y evaluación de la información, así como en las herramientas y técnicas asociadas con estos procesos, a través de investigaciones de naturaleza empírica, experimental, etnográfica, conceptual, histórica, socio-técnica, político-analítica, o teórico-crítica.

*International Journal of Geographical Information Science*. Es una revista de carácter interdisciplinar, destinada al intercambio de ideas relacionadas con el campo de la Ciencia de la información geográfica (Geographical Information Science, GISc) y la geocomputación. La investigación publicada por esta revista cubre aplicaciones innovadoras de la información geográfica en recursos naturales, sistemas sociales, desarrollos en la Ciencia de la Computación, la Cartografía, y otras áreas relacionadas. Su presencia se justifica por ser los sistemas de información geográficos un fuerte enlace entre la visualización de la información y la cartografía para la generación de mapas temáticos. (Börner, Chen & Boyack, 2003)

*Journal of the American Medical Informatics Association (JAMIA)*, presenta artículos relacionados con la investigación, enseñanza y aplicación de la informática en el cuidado de la salud.

*Information Processing & Management*, publica trabajos sobre investigación aplicada en Ciencia de la Información, Ciencia de la computación, Ciencia Cognitiva, y áreas relacionadas que traten con la generación, representación, organización, almacenamiento, recuperación, y uso de la información, así como la naturaleza, manifestaciones, comportamiento y efectos de la información.

*Scientometrics*. Revista que se enfoca en los rasgos y características cualitativas de la ciencia, con énfasis en investigaciones sobre el desarrollo de la ciencia, apoyadas en métodos estadísticos.

*Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*: Nombre asociado a la publicación *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)* entre los años 1970 y 2000. Titulada inicialmente *American Documentation* en el período fundacional comprendido entre los años 1950- 1969.

*Journal of Information Science*. Revista inglesa de gran reputación, con interés en las ciencias de la información y la gestión del conocimiento. Considera a la Ciencia de la Información una disciplina de amplio alcance con potencial impacto en cada esfera de la actividad humana.

Aparecen también otras revistas asociadas a la Ciencia de la Información, algunas de alto impacto, entre las que se encuentran:

Revista	Otras categorías temáticas	No. de trabajos	FI 2009
<i>Journal of Management Information Systems</i>	Computer science, Information systems	7	2.098
<i>Annual Review of Information Science and Technology</i>	Computer science, Information systems	6	2.929
<i>Journal of Informetrics</i>	Computer science, Information systems	5	3.379
<i>Information &amp; Management</i>	Computer science, Information systems	4	2.282
<i>Journal of Documentation</i>	Knowledge management, knowledge organization, information seeking, information retrieval	4	-
<i>Information Technology and Libraries</i>	Computer science, Information systems	4	0.618

Tabla 16. Otras revistas de la especialidad con trabajos sobre Visualización

La amplia cobertura de revistas con presencia de trabajos sobre Visualización, aunque aún en un escaso número, revela el inicio de un reconocimiento de la necesidad de investigar y aplicar la Visualización en el campo. La mayoría se corresponde además con la categoría “*Computer science, Information systems*” del ISI, revelando la principal influencia.

El resultado se corresponde también con el estudio de Börner, Chen, y Boyack (2003), quienes afirman que *JASIS (T)*, *Scientometrics*, *Journal of Information Science*, *Information Processing & Management*, y *Journal of Documentation* son fuentes importantes donde se publican trabajos sobre visualización de la ciencia o de dominios de conocimiento.

Interesante resulta también el hecho de que 223 trabajos pertenecen a un total de 80 *proceedings* de eventos, destacándose con mayor ocurrencia de trabajos, los siguientes:

Proceedings	No. de trabajos
CHI2009: <i>Proceedings of the 27th Annual Chi Conference on Human Factors in Computing Systems</i>	24
JCDL 2004: <i>Proceedings of the Fourth ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries - Global Reach and Diverse Impact</i>	15
JCDL 2005: <i>Proceedings of the 5th ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries - Cyberinfrastructure for Research and Education</i>	11
HCI International '97: <i>Proceedings of the Seventh International Conference on Human-Computer Interaction - Design of Computing Systems: Social and Ergonomic Considerations</i>	8
ICLS 2000: <i>Proceedings of the Fourth International Conference on the Learning Sciences</i>	8
NCGA 89: <i>National Computer Graphics Association, Conference Proceedings</i>	8
JCDL 2006: <i>Proceedings of the Sixth ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries - Opening Information Horizons</i>	8

Tabla 17. *Proceedings* con más trabajos sobre visualización

Estos resultados revelan cómo los eventos enfocados al intercambio sobre Bibliotecas Digitales y Factores humanos y ergonómicos, asociados a los campos de la Recuperación de la Información y la HCI, lideran en los años 2000 un reconocimiento sobre la necesidad de incluir el debate sobre la aplicación de la visualización de la información en el ámbito informacional.

#### 5.1.1.5. Productividad por categorías temáticas (WoS)

Para examinar el comportamiento temático de la investigación en Visualización representada en el período objeto de estudio se hizo necesario realizar un análisis previo de la distribución de trabajos de acuerdo a las categorías temáticas asociadas a los registros recuperados. Las principales, con un mayor número de trabajos asociados, se reflejan en la siguiente tabla:

Categoría temática (ISI)	No. de trabajos
<i>Information Science &amp; Library Science</i>	557
<i>Computer Science, Information Systems</i>	395
<i>Computer Science, Interdisciplinary Applications</i>	98
<i>Geography</i>	77
<i>Management</i>	70
<i>Geography, Physical</i>	58

<i>Computer Science, Theory &amp; Methods</i>	49
<i>Computer Science, Artificial Intelligence</i>	40
<i>Social Issues</i>	35
<i>Medical Informatics</i>	32
<i>Education &amp; Educational Research</i>	26
<i>Computer Science, Cybernetics</i>	19
<i>Business</i>	18
<i>Ergonomics</i>	12
<i>Engineering, Industrial</i>	11
<i>Social Sciences, Interdisciplinary</i>	10
<i>Operations Research &amp; Management Science</i>	10

Tabla 18. Principales categorías temáticas

Las categorías que encabezan la lista reafirman las reflexiones ya mencionadas acerca de la naturaleza interdisciplinar de la Visualización. De los resultados de la producción de las revistas como en éste de las categorías temáticas, se puede inferir la existencia de tres grandes grupos: los registros que vienen de *Computer Science*, los de *Management-Business*, y los de Geografía, revelando un marcado interés aplicado.

Asimismo se procedió a analizar la interdisciplinariedad en la muestra empleando la co-ocurrencia de los diferentes términos o palabras clave en el conjunto de registros bibliográficos analizado, para revelar visualmente la relación entre las categorías identificadas a partir de su asignación simultánea. El análisis de los criterios de proximidad o lejanía entre estas palabras permitirá posteriores estudios de las correspondientes relaciones disciplinares.

La figura que sigue muestra la red de co-ocurrencia de categorías temáticas obtenida. Para su representación en red, sólo se incluyeron aquellos términos con una frecuencia de aparición mayor o igual a 10. Se observa que en el centro se sitúan las categorías con las relaciones más fuertes: *Information Science & Library Science*, y *Computer Science, Information Systems*.

Para el análisis de la red se calculó además, con la ayuda del software Ucinet 6.123, medidas de centralidad típicas para el análisis de redes sociales: grado nodal (*degree*), intermediación (*betweenness*) y cercanía (*closeness*), para analizar el nivel de relación entre las categorías.

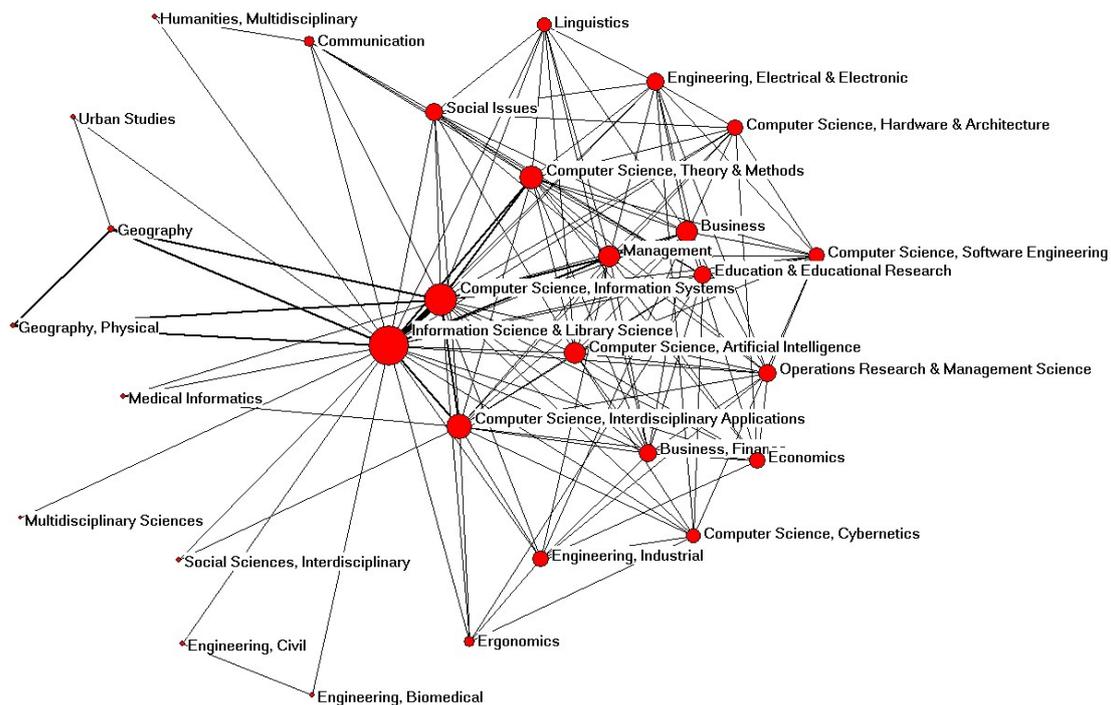


Figura 29. Red de co-ocurrencia de Categorías temáticas.

El grado nodal define la influencia directa de un nodo, determinada por lo bien conectado que esté. Los valores de los nodos principales se muestran en la siguiente tabla, y se reflejan en la gráfica con un grosor de las líneas más intenso, reflejando así las categorías que co-ocurren con mayor frecuencia.

Categoría temática (ISI)	Grado de la relación (Degree)
Information Science & Library Science	1.035.000
Computer Science, Information Systems	896.000
Management	262.000
Computer Science, Interdisciplinary Applications	242.000
Computer Science, Theory & Methods	211.000
Geography	199.000
Computer Science, Artificial Intelligence	175.000
Geography, Physical	174.000
Social Issues	165.000

Tabla 19. Grado de la relación en la co-ocurrencia de las categorías temáticas

La distancia con respecto al nodo central evidencia la similaridad o disimilaridad entre éstas. En este sentido, el nodo central, *Information Science & Library Science*, atrae hacia sí aquellos otros con los que se mantienen relaciones más estrechas, coincidiendo con aquellas categorías más productivas de la muestra: *Computer Science*, *Information Systems* y *Computer Science, Interdisciplinary Applications*, además de al *Management*. La tabla que sigue muestra el posicionamiento o grado de cercanía de los nodos más centrales respecto al resto de la red, o sea, la capacidad de cada uno de conectarse al resto de los nodos de la red.

Categoría temática (ISI)	% Cercanía (ncloseness)	Intermediación (betweenness)
Information Science & Library Science	100.000	170.982
Computer Science, Information Systems	82.353	38.482
Management	68.293	3.461
Computer Science, Interdisciplinary Applications	71.295	17.524
Computer Science, Theory & Methods	70.000	5.891
Geography	53.846	1.000
Computer Science, Artificial Intelligence	66.667	3.369
Geography, Physical	52.830	0.000
Social Issues	63.636	2.678

Tabla 20. Índices de cercanía e intermediación en la co-ocurrencia de categorías temáticas

Nótese que a su vez estas categorías resultan ser las de mayor poder al presentar mayor índice de intermediación (*betweenness*), permitiendo el control de la comunicación entre pares de nodos y la incorporación de grupos temáticos a la red. Se correlacionan bastante bien, menos el caso de “*Computer Science, Interdisciplinary Applications*”, cuyo propósito interdisciplinar la hace compartir relaciones con otras más distantes como *Social Science*.

Se identificaron además 29 subgrupos (cliques<sup>27</sup>) en la red para delimitar con mayor exactitud las relaciones temáticas que se establecen:

Las categorías que mayor protagonismo tienen al participar en una mayor cantidad de cliques son: *Information Science & Library Science* (29 cliques), *Computer Science, Information Systems* (25), *Computer Science, Theory & Methods* (17), *Business* (12), *Science, Interdisciplinary Applications* (12), *Management* (12), y *Education & Educational Research*

<sup>27</sup> En teoría de grafos, un clique es un subgrafo en el que cada vértice está conectado a cada otro vértice del grafo. En el análisis de redes sociales, identifican un número de personas que comparten intereses en común.



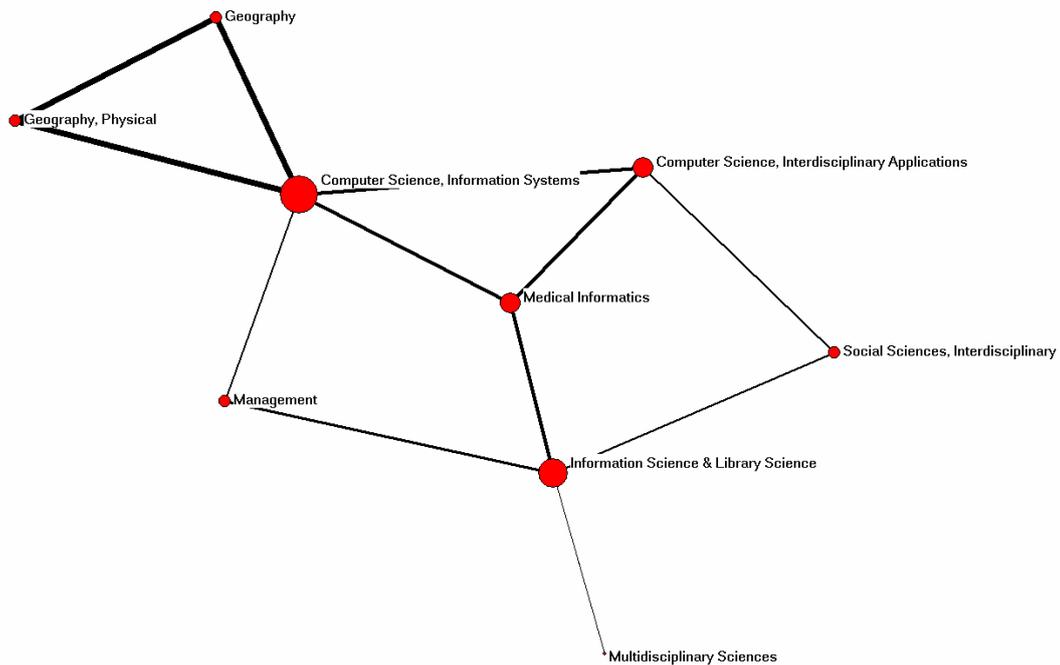


Figura 31. Red de coocurrencia de categorías temáticas de revistas

A pesar de que este subconjunto posee una mayor cantidad de registros, resulta interesante la sencillez de esta red, lo cual revela una clasificación más precisa por parte del ISI en el caso de las revistas. Resalta la relación de las categorías relacionadas con la Geografía, con la de *Computer Science, Information Systems*, la que conjuntamente con *Computer Science, Interdisciplinary applications* y *Medical Informatics*, conforma otro subgrupo en la red.

El *Management* aparece en ambas redes con una posición similar, intermedia entre *Computer Science, Information Systems*, e *Information Science & Library Science*. Ésta última ratifica también su relación con los estudios sociales.

#### 5.1.1.6. Autores más productivos

Se procedió a medir la productividad de los autores de la muestra con el fin de identificar quiénes concentran la mayor cantidad de contribuciones sobre el área de la Visualización en el ámbito de la Ciencia de la Información. Según la información recolectada del WoS en el período objeto de estudio, se clasificaron en tres niveles de acuerdo a la cantidad de trabajos que posean, de la siguiente manera:

- Grandes productores: profesionales que cuentan con 8 o más trabajos realizados.
- Medianos productores: contemplan entre 2 y 7 trabajos;
- Pequeños productores: tienen un solo trabajo.

En la muestra analizada se identificó un total de 501 autores (anexo 1), donde sólo 6 (1,07%) clasifican como grandes productores de la muestra (más de 8 trabajos per cápita), siendo responsables de 58 trabajos en total. Un grupo compuesto por 145 autores (26,03%) concentra a los medianos productores (de 2 a 7 trabajos), responsables en conjunto de una cantidad de 382 trabajos. El resto, denominados pequeños productores (que poseen solo 1 trabajo), reúne un conjunto de 350 autores (69,86 %).

Para desarrollar su actividad científico investigativa, se identificó además que los investigadores de la muestra prefieren la autoría múltiple a la autoría simple: 153 trabajos (27,46 %) se corresponden a un autor, frente a 404 trabajos (72,53 %) pertenecientes a una autoría múltiple.

La siguiente tabla ilustra los seis autores más productivos de la muestra, a partir de un control de autoridades para homogeneizar las formas de los nombres y una contabilización de frecuencias de aparición, realizado con el uso del programa Bibexcel.

La lista de está encabezada por los doctores Félix de Moya Anegón, de la Universidad de Granada, España.; y Chaomei Chen, del *College of Information Science and Technology, Drexel University*, EEUU.

Nombre abreviado	Cantidad de trabajos
de Moya-Anegon F	12
Chen CM	12
Chen H	9
Zhang J	9
Leydesdorff L	9
Shneiderman B	8
Borner K	8

Tabla 21. Autores más productivos

Para interiorizar en las características de este grupo, se procedió a caracterizar profesionalmente a cada autor:

Félix de Moya Anegón, español, profesor investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Investigador principal del Grupo SCImago que lleva a cabo ambiciosos proyectos de I+D como Scimago *Journal & Country Rank-SJR* y Scimago Institutions Rankings (parte de un convenio de investigación con Elsevier-Scopus), y “Atlas de la Ciencia”, con una gran expansión en Iberoamérica (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, México, Perú, Portugal y Venezuela). Tiene un destacado perfil investigador que le ha llevado a publicar numerosos trabajos en revistas nacionales e internacionales de reconocido prestigio y liderar proyectos de investigación. Ha sido además gestor desde 1989 en la Universidad de Granada, primero al cargo de la Facultad de Biblioteconomía y Documentación, y posteriormente siendo Vicerrector. Durante el tiempo en el que fue catedrático de la Universidad de Granada impartió clases de Sistemas de Representación y Procesamiento Automático del Conocimiento en la Facultad de Comunicación y Documentación. Fue profesor y coordinador del Máster Universitario en Información Científica: Tratamiento, Acceso y Evaluación y anteriormente del doctorado en Documentación e Información Científica del departamento de Biblioteconomía y Documentación de la Universidad de Granada. Sus líneas principales de investigación son: Técnicas avanzadas de recuperación de información para el desarrollo de Sistemas de Información en tiempo real; Técnicas de visualización de información científica orientadas al diseño de interfaces, análisis y evaluación en dominios científicos; Análisis cuantitativos en diferentes dominios orientados a la resolución de problemas específicos; Diseño de Sistemas de Información en el ámbito de la cuantificación como instrumentos de ayuda en los procesos de toma de decisiones.

El Dr. Chaomei Chen, es profesor asociado del Colegio de Ciencia de la Información y Tecnología de la Universidad de Drexel, EEUU. Licenciado en Matemática de la Universidad de Nankai en China y Máster en Computación de la Universidad de Oxford, realizó su doctorado en Informática en la Universidad de Liverpool. Sus intereses de investigación incluyen a la visualización de información, la analítica visual, la visualización de dominios de conocimiento, el mapeo de fronteras científicas, y teorías de descubrimientos científicos. Es el autor de dos libros fundamentales: *Information Visualization: Beyond the Horizon* (Springer 2004, 2006) y *Mapping Scientific Frontiers: The Quest for Knowledge Visualization* (Springer 2003). Es además fundador y Jefe de redacción de la revista *Information Visualization* (Palgrave-Macmillan) y miembro del consejo de redacción de la revista *Journal of Informetrics*. Recibió el premio 2002 ASIST/ISI Citation Research. Investigador principal de la Fundación

de la Ciencia Nacional (NSF). Creó el software ampliamente usado CiteSpace para visualizar y analizar tendencias en la literatura científica.

Hsinchun Chen es Dr. en *Information Systems* por la Universidad de Nueva York, y profesor de *Management Information Systems* en la Universidad de Arizona, de donde es además el director del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Eller College of Management. Editor en Jefe de *ACM Transactions on Management Information Systems* (ACM TMIS) y Editor en Jefe asociado de *IEEE Intelligent Systems*. Pertenece a varias juntas editoriales entre las que se encuentran: *ACM Transactions on Information Systems*, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *JASIST*, *Decision Support Systems*, e *International Journal on Digital Library*. Es autor/editor de múltiples libros, artículos y conferencias que cubren temas como motores de búsqueda, bibliotecas digitales, análisis de inteligencia, informática biomédica, minería de datos/textos/web, y gestión del conocimiento.

El Dr. Jin Zhang, de origen chino, es profesor de la Facultad de *Information Studies* de la Universidad de Wisconsin-Milwaukee. Se graduó e hizo estudios de máster en la Facultad de *Library and Information Science* de la Universidad Wuhan de China, y su doctorado en la Facultad de *Information Sciences*, de la Universidad de Pittsburgh. Ha centrado su investigación en la visualización para la recuperación de la información, teoría y algoritmos de la recuperación de la información, organización de la información en internet, evaluación de motores de búsqueda, el diseño de las interfaces entre personas y ordenadores, entre otros. Ha publicado múltiples artículos y libros sobre estos temas.

Loet Leydesdorff, holandés, es doctor en Sociología, Máster en Filosofía y Máster en Bioquímica. Conferenciante Senior en la *Amsterdam School of Communications Research* (ASCoR) de la Universidad de Amsterdam. Miembro honorario de investigación del *Virtual Knowledge Studio* de la Academia Real de artes y Ciencias de Holanda, Profesor visitante del *Institute of Scientific and Technical Information* de China (ISTIC) en Beijing (2007-2010) y miembro honorario de la Unidad de Investigación sobre políticas en Ciencia y Tecnología (*Science and Technology Policy Research Unit*, SPRU) de la Universidad de Sussex. Es conocido por su extenso trabajo publicado sobre sociología de la comunicación e innovación. Sus intereses de investigación están en los campos de la filosofía de ciencia, análisis de redes sociales, cienciometría, y la sociología de innovación. Sus estudios en la comunicación en la ciencia, tecnología, e innovación le permitieron especificar teoría y métodos para entender la dinámica del desarrollo basado en el conocimiento. Con Henry Etzkowitz, ha desarrollado un destacado trabajo sobre la Triple Hélice de las relaciones entre Universidad-

industria-gobierno. Ha desarrollado además un conjunto de programas que convierten datos ISI en un format que permite producir diagramas, especialmente para ilustrar las relaciones de citación entre revistas individuales.

El Dr. Ben Shneiderman, estadounidense, es profesor en el Departamento de Ciencia de la Computación, director fundador del HCIL (*Human-Computer Interaction Laboratory*) y miembro del *Institute for Advanced Computer Studies* de la Universidad de Maryland, EEUU. Desde 1991 ha enfocado su investigación en la visualización de la información, desarrollando importantes proyectos y herramientas de amplia aplicación como *Spotify*, *Treemap*, *Life Lines*, *PatternFinder*, *TimeSearcher*, *Hierarchical Clustering Explorer*, así como *Network Visualization by Semantic Substrates*, *SocialAction*, y *NodeXL*, estos últimos para su aplicación en análisis de citación y análisis de redes sociales. Editó en 1993 el libro *Sparks of Innovation in Human-Computer Interaction*, y fue en 1999 coautor del libro básico *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*, trabajo que continúa en el 2003 junto a Ben Bederson con *The Craft of Information Visualization: Readings and Reflections*. Dicta cursos cortos sobre visualización de la información. Es consultor de distintas organizaciones, entre las que se destacan Apple, AT&T, Citicorp, GE, Honeywell, IBM, Intel, Library of Congress, Microsoft, NASA, NCR, y distintos grupos de investigación de universidades.

Katy Börner es Máster en Ciencias en Ingeniería eléctrica por la Universidad de Tecnología en Leipzig (1991), y doctora en Ciencia de la Computación por la Universidad de Kaiserslautern (1997). Es actualmente profesora de Ciencia de Información en la Escuela de Bibliotecología y Ciencia de Información, Profesor Adjunto en la Escuela de Informática y Computación, Profesor Adjunto del Dpto. de Estadísticas en el Colegio de Artes y Ciencias, Facultad centro de la Ciencia Cognitiva, miembro del Laboratorio de Visualización Avanzada, y directora fundadora del *Cyberinfrastructure for Network Science Center* de la Universidad de Indiana. Su investigación se dirige al desarrollo de técnicas de visualización y análisis de datos para el acceso, comprensión y gestión de la información. Se interesa particularmente en el estudio de la estructura y evolución de las disciplinas científicas, el análisis y visualización de la actividad online, y el desarrollo de ciberinfraestructuras para la computación y colaboración científica de gran escala. Es co-editor del libro de Springer *Visual Interfaces to Digital Libraries* y del número especial de PNAS *Mapping Knowledge Domains* (2004). Ha publicado recientemente su libro *Atlas of Science: Guiding the Navigation and Management of Scholarly Knowledge*.

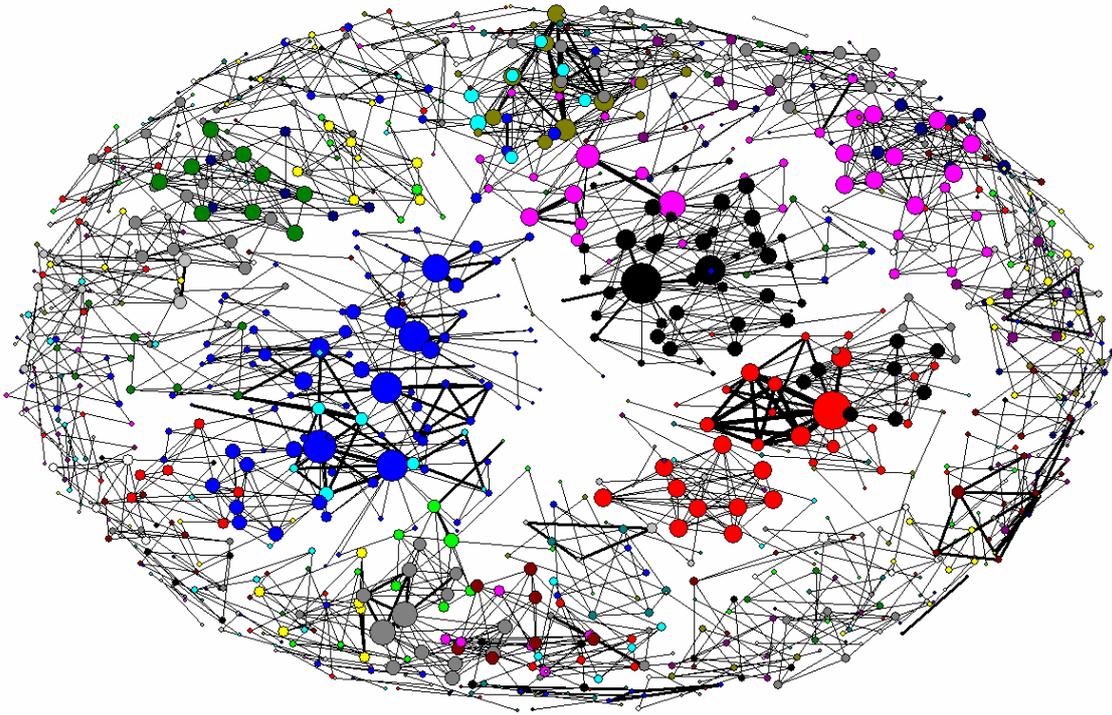
De manera general, los principales productores identificados son doctores en ciencias por diversas universidades, académicos internacionalmente reconocidos que cuentan con una vasta labor docente-investigativa, y ejercen en centros de educación superior de renombre a nivel internacional, donde imparten cursos tanto a nivel de pre o postgrado. Predomina el sexo masculino en este grupo, solo una mujer aparece entre los 6 autores más productivos. Los autores provienen de ámbitos diferentes: Chaomei Chen, Hsinchun Chen, y Börner vienen de la informática y se han aproximado a la Ciencia de la información a través de la visualización. Leydesdorff y de Moya-Anegón vienen de las ciencias sociales y humanas, y se acercan a la visualización desde dos disciplinas cercanas: comunicación y biblioteconomía, respectivamente. Shneiderman nunca se ha acercado, sigue en el ámbito de la HCI y es quizás el autor más externo a la disciplina, aunque el más central a la visualización.

Indagando en una dimensión inferior de la muestra, se extrajo de ésta dos subconjuntos: uno, formado por trabajos publicados en revistas; y el otro, por trabajos pertenecientes a *proceedings* de eventos. En el primer caso, se identificaron como autores más productivos a Félix de Moya-Anegón (12) y Loet Leydesdorff (9). Chaomei Chen, por su parte, iguala su aparición en ambos conjuntos con 6 trabajos en cada uno, siendo el más productivo en el caso de los *proceedings* de eventos.

#### **5.1.1.7. Colaboración autoral (coautoría)**

En una representación en red de la coautoría de trabajos científicos, los nodos son personas, y los enlaces representan coautoría en un trabajo publicado.

Los siguientes gráficos ilustran el comportamiento general de la colaboración entre autores de acuerdo con la muestra escogida. Con una metáfora de constelación, la primera imagen muestra una red conformada por subgrupos desconectados, por su carácter internacional. Los nodos de mayor tamaño se corresponden con los de mayor grado de acuerdo a la cantidad de enlaces colaborativos que poseen, y el grosor de las líneas responde a la intensidad y fortaleza de esos nexos. Varias agrupaciones o comunidades de autores se pueden distinguir, y serán precisadas más adelante.



**Figura 32.** Red de coautoría (metáfora de constelación)

La figura que sigue incluye los nombres de los autores en la constelación, para poder apreciar globalmente su ubicación y distribución. Mayor grado nodal presentan: de Moya-Anegon F, Chen H, Chen C, y Borner K; y se le atribuye un mayor grado de intermediación a: Chen C, Borner K, Morris SA, McCain KW, Boyack KW, Czerwinski M, Chen H, Lin X, y de Moya-Anegon F.

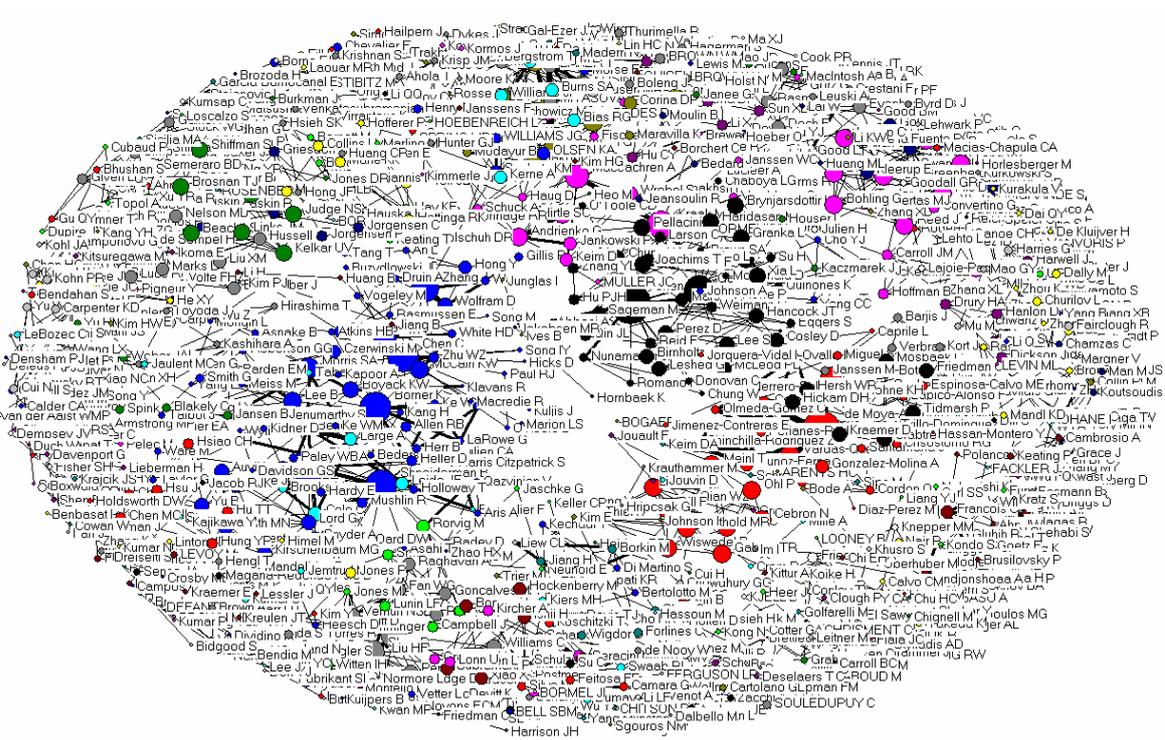


Figura 33. Red completa de coautoría

Esta red tiene en su estructura 124 subgrupos (cliques), calculados con la ayuda del software Ucinet, y que representan grupos de individuos directamente conectados entre sí.

Hacia el centro-izquierda se destaca un cluster muy extendido, con el liderazgo de Katy Börner, Chaomei Chen, Ben Shneiderman, y Jin Zhang, con mayor grado nodal, enlazados a sus colaboradores. (Fig. 34). Chen C, Plaisant C, Börner K, Boyack KW, Czerwinski M, y Shneiderman B son los de mayor grado de intermediación de este grupo, posibilitando la entrada de otros a la comunidad.

Aparecen en el centro del grupo autores referentes de la Visualización de la información (en especial de dominios del conocimiento) como Lin X, Chen C, White HD, McCain KW, y Morris SA, identificándose una fuerte presencia de la Universidad de Drexel (Chen, Lin, White, McCain, Allen, Buzydlowski, Vogeley), que confluye con los proyectos coordinados por la Universidad de Indiana (Börner, Penumarthy) relacionados con los mapas de la ciencia, donde participan autores de distintas instituciones como Sandia National Laboratories (Boyack, Klavans, Davidson); con el Laboratorio de HCI de Maryland (Shneiderman, Kirschenbaum, Clement, Smith MN, Lord, Rose J); y la escuela de Information Studies de la

universidad de Wisconsin-Milwaukee con temas de recuperación de la información (Zhang, Wolfram, Wang, Korfhage)

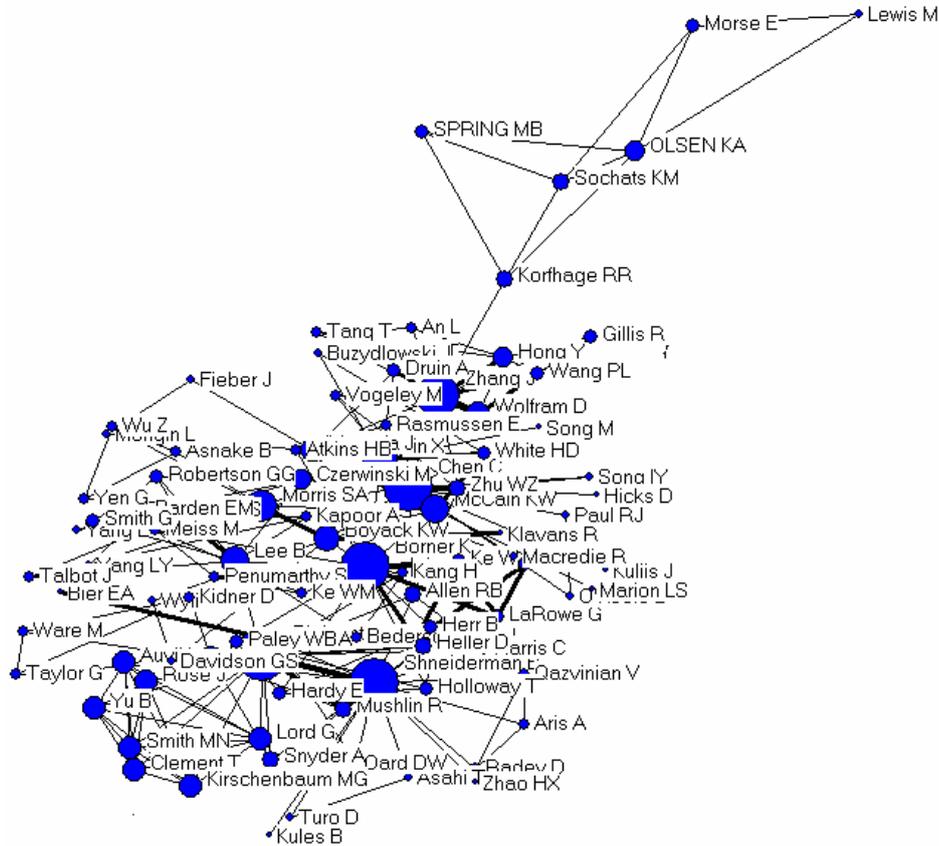


Figura 34. Principal grupo de colaboración autoral

Los temas más diversos son abordados por este grupo de investigadores: bibliometría y frentes de investigación (Morris SA, Asnake B), visualización de dominios de conocimiento (Rasmussen, Atkins, Börner, McCain), interfaces e interacción (Lee B, Robertson GG, Czerwinski, Kapoor), recuperación de la información (Rasmussen, Zhang, Olsen, Korfhage, Sochats, Spring, Williams).

En la red global, hacia la derecha, se destaca un cluster más concentrado y con relaciones más intensas, representando en su mayoría la actividad investigativa del grupo español SCImago<sup>28</sup>, encabezado por el Dr.Félix de Moya Anegón (Fig.35). Incluye además algunos

<sup>28</sup> Sus miembros provienen principalmente de las universidades españolas y de otras instituciones como el Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y la Universidad de Porto (Portugal).

autores que, aunque no son miembros de este grupo, han compartido investigaciones con miembros de éste, como Quirin A, Jorquera-Vidal, Miguel S., Caprile L, y Díaz-Pérez M.



Figura 35. Colaboración autor, grupo Scimago

Predomina en la investigación de esta comunidad las temáticas relacionadas con el análisis bibliométrico de dominios científicos, y la representación y visualización de la información científica.

Otro clúster interesante resulta ser el que representa las investigaciones sobre Geovisualización, mostrado en la siguiente figura:

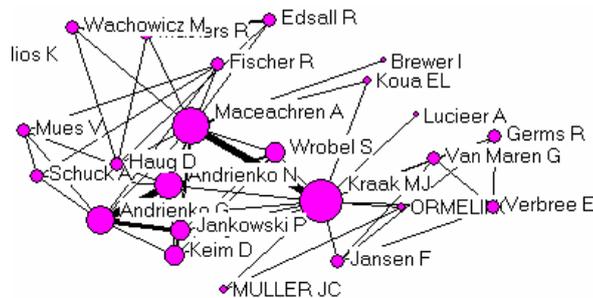
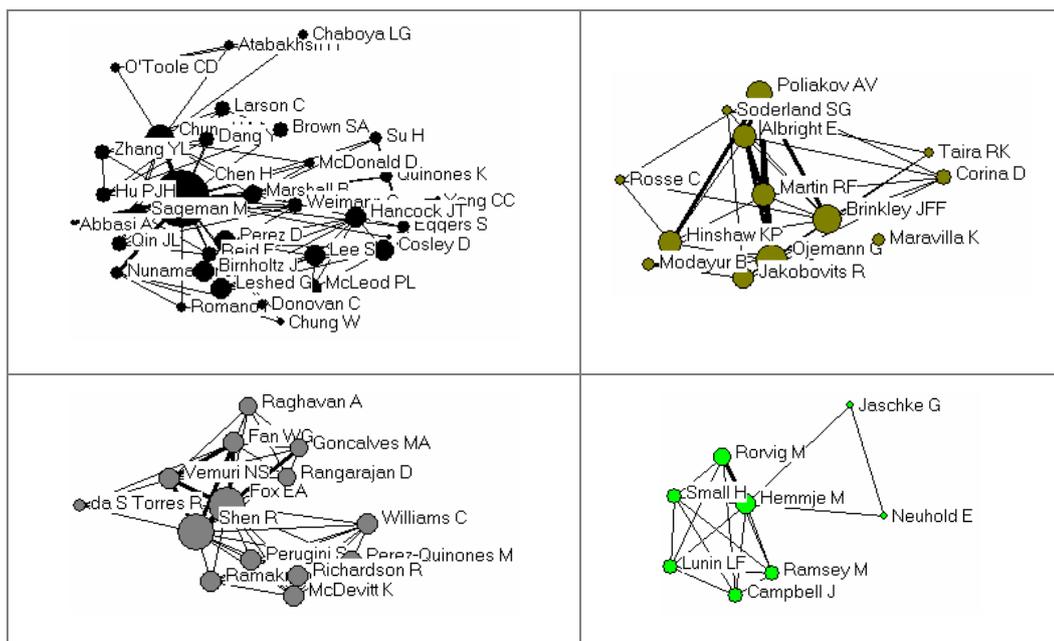


Figura 36. Colaboración autor, geovisualización

Resaltan en él con mayor grado nodal, las figuras de Menno-Jan Kraak, del *International Institute of Geo-Information Science and Earth Observation*, y profesor de Nuevas técnicas de visualización en Cartografía en el Departamento de Geociencias de la Universidad de Utrecht, Holanda; y MacEachren, director del GeoVISTA Center en Pensilvania, y profesor del departamento de Geografía de la Universidad de Pensilvania. Colaboran con ellos Gennady Andrienko, Natalia Andrienko, y Stefan Wrobel, del Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis

and Information Systems (IAIS) de Alemania, enfocado en la Geovisualización, y donde el último es director. Estos autores, conjuntamente con Keim (Computer Science Institute, University of Konstanz, Alemania), Jankowski (San Diego State University, EEUU), y Edsall (School of Geographical Sciences, Arizona State University, EEUU), pertenecen a la Commission on GeoVisualization (<http://geoanalytics.net/ica/>) de la International Cartographic Association (ICA), enfocada en el uso de mapas interactivos y técnicas cartográficas diseñadas específicamente para el análisis visual de la información compleja, con la finalidad de apoyar la construcción de conocimiento y generación de teorías, la toma de decisiones, la gestión de desastres, la comunicación de información, la educación y el entrenamiento.

La figura que sigue muestra otros clúster que se destacan en la red. En primer lugar, aparece el encabezado por Hsinchun Chen y Wingyan Chung, que desde el Laboratorio de Inteligencia artificial de la Universidad de Arizona, investigan sobre técnicas de análisis y visualización aplicadas a bibliotecas digitales, que mejoren la recuperación de la información y la gestión del conocimiento de grandes colecciones digitales.



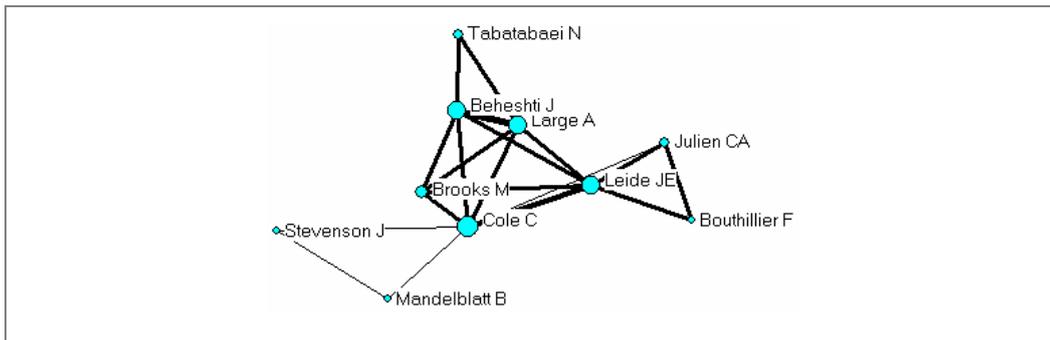


Figura 37. Colaboración autoral, otros subgrupos

Más reducido es el formado por Poliakov, Brinkley y Ojemann, entre otros, quienes participan en la investigación realizada por el equipo interdisciplinar (formado por informáticos, ingenieros, biólogos y médicos) del *Structural Informatics Group* (SIG) de la Universidad de Washington, dirigido por Brinkley, específicamente sobre visualización en biomedicina. Se encuentra también el grupo con presencia de Fox, Shen y Gonçalves, del *Digital Library Research Laboratory*, Virginia Tech, de Blacksburg, EEUU, con trabajos sobre exploración y visualización de bibliotecas digitales; y el clúster que incluye a Rorvig, Hemmje y Small, quienes comparten trabajos sobre las interfaces visuales para la recuperación de la información. Finalmente, se muestra el grupo liderado por Leide, Cole, Beheshti, y Large, incluye investigaciones asociadas a la Universidad McGill de Montreal, Canadá, que comparten trabajos sobre las tareas y comportamiento del usuario en la recuperación de la información, esquemas de clasificación visual, recursos visuales educativos, entre otros.

Para obtener otra perspectiva, la representación de la colaboración autoral en el subconjunto de registros perteneciente a los proceedings de eventos, se visualizó de la siguiente forma:

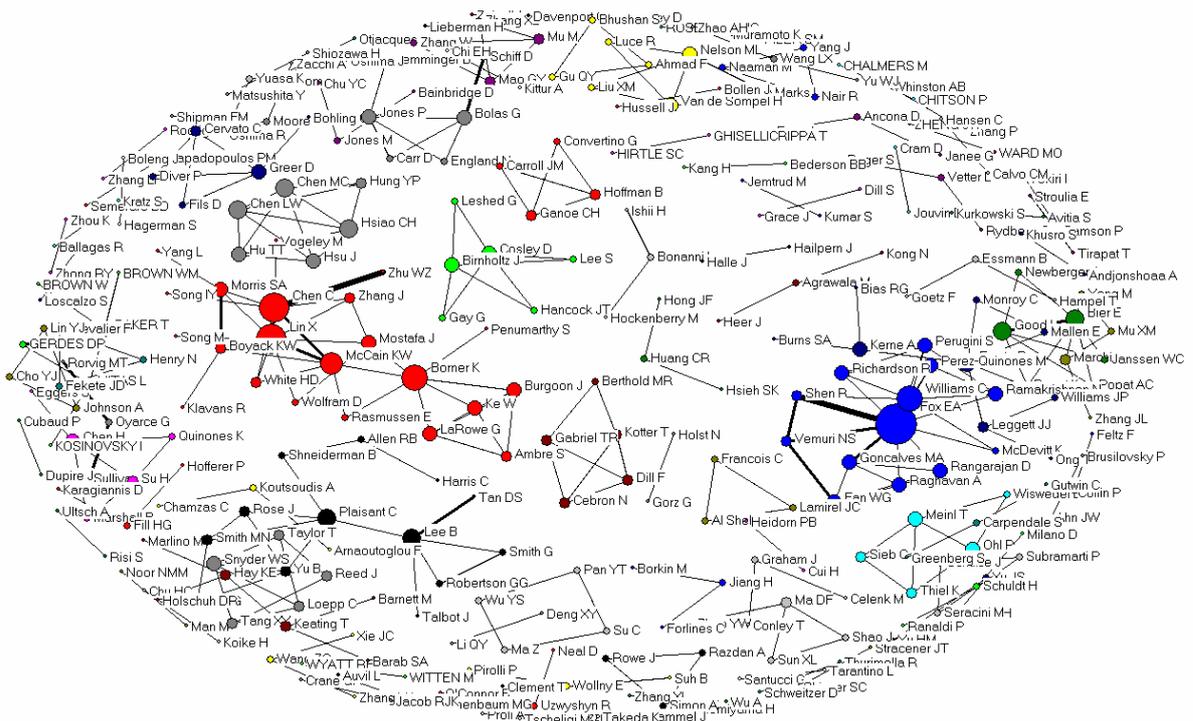


Figura 38. Colaboración autor, proceedings

Nótese cómo se destaca el cluster centrado por Fox dedicado a la visualización de bibliotecas digitales, y el cluster liderado por Chen C, y Börner. Tímidamente aparece el grupo del Laboratorio de HCI de Maryland (Shneiderman, Plaisant)

En cambio, respecto al subconjunto de revistas el panorama cambia. En la figura que sigue, se puede apreciar cómo el cluster de SCImago, con la visualización de dominios científicos, resalta en el centro de la red; conjuntamente con el centrado por Hsinchun Chen, dedicado a la visualización de bibliotecas digitales.

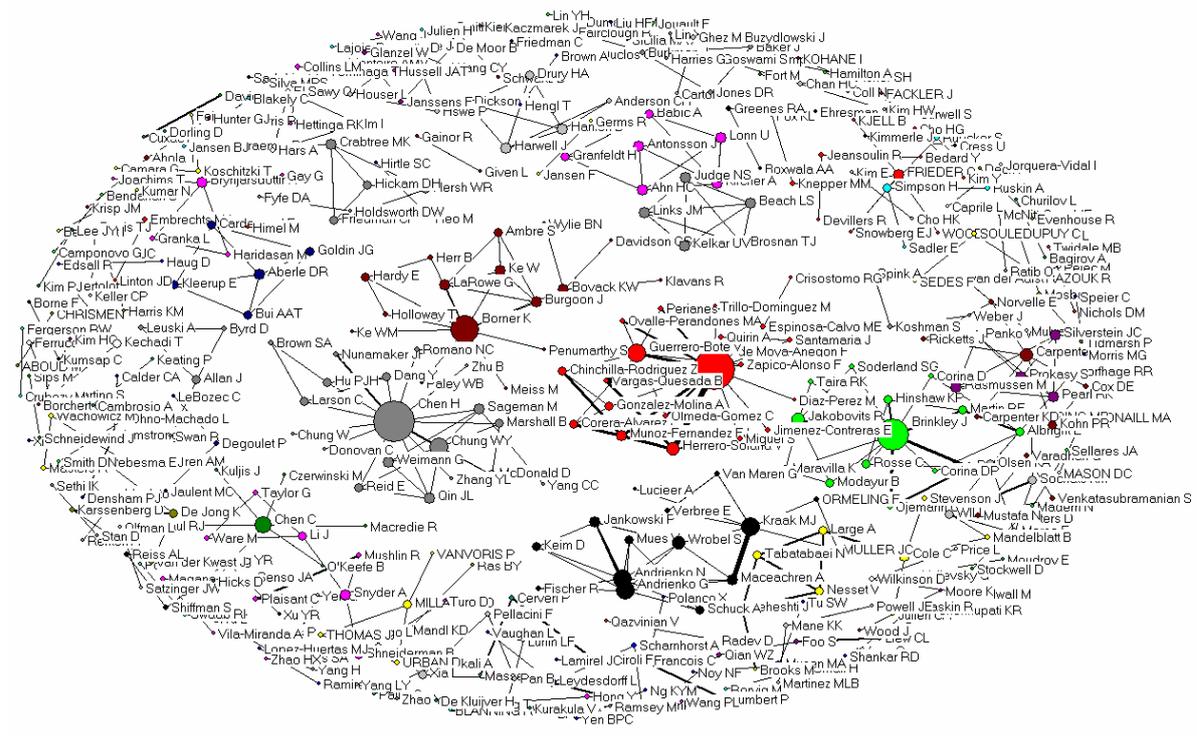


Figura 39. Colaboración autoral, revistas

Interesante también resulta la aparición de grupos especializados sobre Geovisualización (Maceachren) y biomedicina (Brinkley), y cómo el grupo de Börner se independiza de la actividad investigativa de Chen C, con sus mapas de la ciencia.

De este análisis se puede deducir que los frentes de investigación fundamentales según la muestra analizada, se centran en la visualización de dominios de conocimiento e información científica, la visualización de bibliotecas digitales, las interfaces visuales para la recuperación de la información, la Geovisualización, y la visualización en biomedicina.

### 5.1.1.8. Tópicos emergentes

Para el examen de las palabras clave fueron considerados descriptores o términos controlados propuestos por los autores y el comité de arbitraje de las diferentes publicaciones. Una vez normalizados, sumaron un total de 1001 palabras.

Luego se contabilizó la frecuencia de aparición de cada una con el uso de Bibexcel y, para la generación de una matriz que permitiese la confección de la red de co-ocurrencia de los términos que aparecen simultáneamente en varios documentos, se incluyeron aquéllos con una frecuencia de aparición mayor o igual que 7. La figura que sigue se corresponde con la red generada, con los términos representantes de la temática en el campo y las relaciones entre ellos.

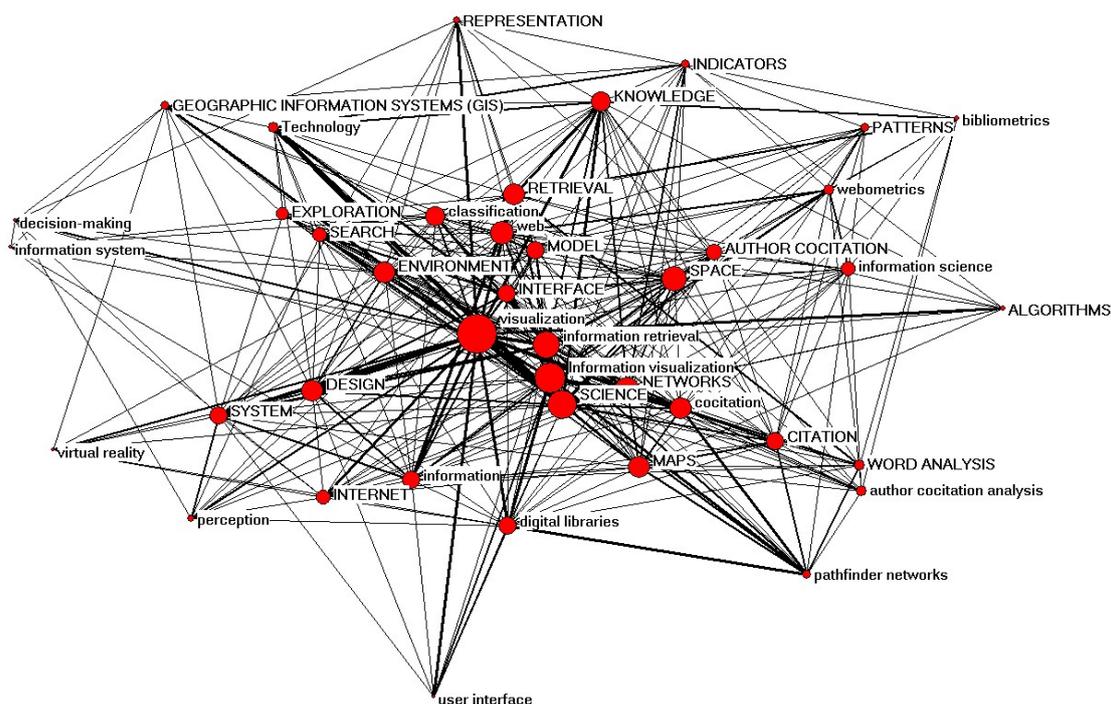


Figura 40. Red de co-ocurrencia de palabras clave

En esta red, los nodos que más grado nodal presentan son los relacionados con tópicos como visualización, ciencia, recuperación de información, visualización de la información, redes, y co-citación, como se refleja en la tabla siguiente, con los valores principales del indicador asociado, reflejados en el gráfico a través de la intensidad de las relaciones.

Palabras clave	Grado de la relación (Degree)
visualization	155.000
science	90.000
information retrieval	80.000
Information visualization	76.000
networks	66.000

cocitation	51.000
design	48.000
retrieval	48.000
knowledge	46.000
maps	44.000
space	44.000
system	44.000

Tabla 22. Grado de la relación en la co-ocurrencia de palabras clave

El índice de cercanía de esta red es de 57.83%, por lo que no hay una cohesión en los términos relacionados con la Visualización en el campo. Se comporta de la siguiente forma respecto a las palabras anteriores:

Palabras clave	% de cercanía ( <i>ncloseness</i> )	Intermediación ( <i>betweenness</i> )
visualization	93.023	70.692
science	78.431	29.525
information retrieval	75.472	21.538
information visualization	80.000	39.375
networks	74.074	17.138
cocitation	68.966	13.759
design	70.175	15.720
retrieval	70.175	21.308
knowledge	67.797	16.472
maps	70.175	12.800
space	72.727	12.938
system	66.667	13.289

Tabla 23. Índices de cercanía e intermediación de palabras claves.

Nótese que el término de mayor poder según su grado de intermediación es *visualization*, seguido por *information visualization*, *science*, e *information retrieval*. Este resultado nos da cierta idea acerca de que en los trabajos sobre visualización en la especialidad, priman las investigaciones sobre la ciencia, y luego las de recuperación de la información. A su vez, estos términos son los que mejor se posicionan de acuerdo a su % de cercanía. Para lograr una mayor claridad en las relaciones principales entre los términos principales, se aplicaron técnicas de transformación de la red aplicando criterios de poda y el algoritmo de MDS en el software Netdraw, utilizado para generar la red visual. Se obtuvo el siguiente resultado:

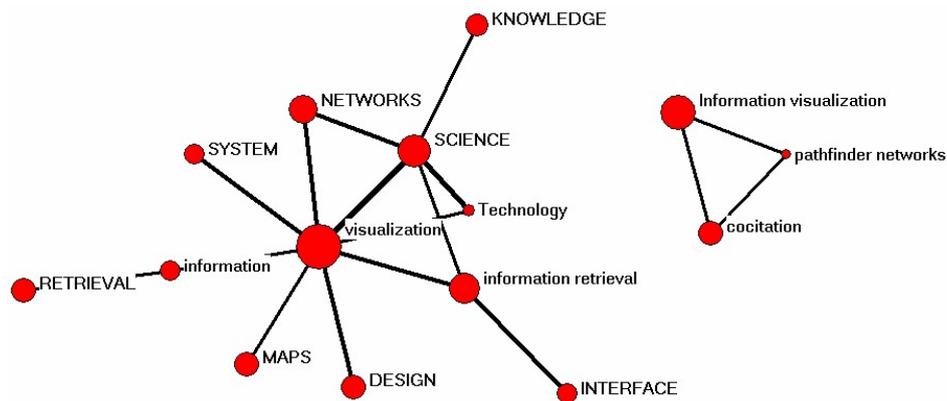


Figura 41. Relaciones de los tópicos visualización y visualización de la información

Se puede identificar de esta manera con mayor detalle que, de acuerdo a la muestra analizada, los trabajos asociados a la categoría visualización se vinculan más con objetivos investigativos centrados en la ciencia, la tecnología y la recuperación de la información, mientras que los descritos como pertenecientes a la categoría visualización de la información, de manera más específica se asocian a métodos como la cocitación y algoritmos como PFnets.

Las siguientes figuras visualizan los términos asociados a los descriptores, pero con la aplicación de PFnets y el software Pajek. Estas redes muestran con mayor claridad el comportamiento general, contrastado con el de las revistas y el de los proceedings.

En la primera, generada a partir de los términos con frecuencia igual o mayor a 4, se puede distinguir claramente que la rama donde aparece la visualización con mayor grado nodal, se centra en los estudios de las redes científicas, con el apoyo del estudio de los dominios, la bibliometría y la recuperación de la información. En el centro se ubica la visualización de la información vinculada a la bibliometría, la webmetría y el análisis de redes sociales. Abajo hacia la izquierda, se desprende una rama dedicada a las bibliotecas digitales con énfasis en el estudio de las interfaces. Hacia la derecha abajo se abre otra rama con la gestión del conocimiento vinculada a la toma de decisiones, los sistemas de información geográfica vinculados a la minería de datos, y dos subramas paralelas apoyadas por métodos bibliométricos, dedicadas al análisis de dominio vinculado a las redes sociales, y a los dominios de conocimiento, más relacionados con la Ciencia de la Información.

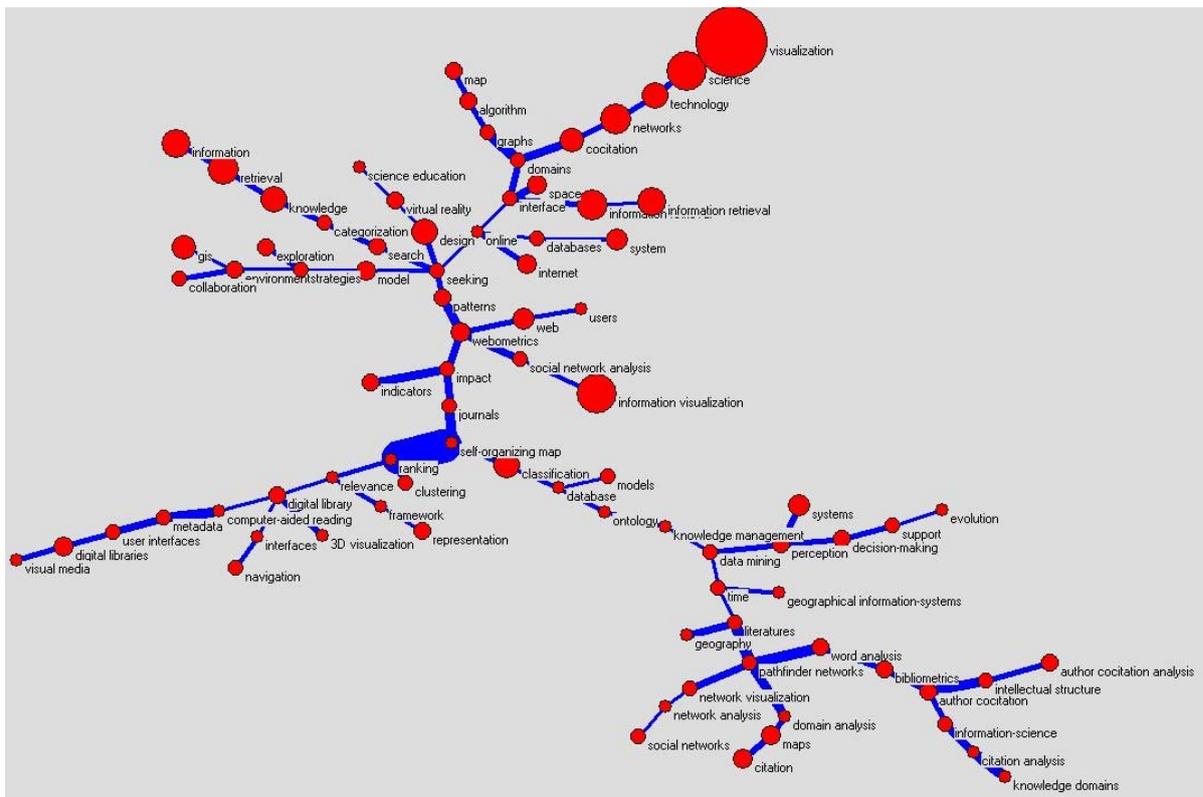


Figura 42. PFnet general de palabras claves

Por otra parte, la red generada para el subconjunto de las Revistas (con términos con frecuencia igual o mayor que 4), tiene un comportamiento similar (Figura 43), aunque se destaca más la búsqueda y recuperación de la información en la rama que se desarrolla hacia la izquierda. Del nodo asociado al término *redes* en el centro, se deprenden como tópicos importantes las ramas enfocadas en la visualización de la información, la recuperación de información a partir de bases de datos para el estudio de los dominios, el análisis de las redes a partir de la identificación de patrones, la aplicación de SOM en el ranking de revistas, el estudio de los dominios de conocimiento vinculados a la ciencia de la información, el estudio de su estructura intelectual a partir de la cocitación de autores, las bibliotecas digitales vinculadas a las interfaces, y por último los sistemas de información geográfica, más cercanos a la visualización cartográfica y a la analítica visual en general.



Aparece a la izquierda la vinculación de la recuperación de información al diseño, y del descubrimiento de conocimiento a la minería de datos.

En otro pequeño grupo, se relaciona la visualización interactiva a los estudio de tendencias en la ciencia, con apoyo de la cocitación, el análisis de citas y la recuperación. En la red mayor, se aprecia cómo se le da mayor importancia a la representación y recuperación de la información vinculada a la navegación, a Internet y a las bibliotecas digitales, perdiéndose el enfoque de la bibliometría.

### **5.1.2. Análisis de citas**

Una parte importante de los estudios bibliométricos se centra en el análisis de citas, con el fin de determinar patrones y frecuencia de las citas hechas (referencias) y recibidas por autores, revistas, disciplinas de investigación, etc. y estudiar las relaciones entre los documentos citados (Spinak, 1996), aunque es importante señalar que las diferencias en los hábitos de citación entre las disciplinas pueden sesgar el uso de estos indicadores.

El desarrollo del análisis de citas ha estado influenciado por la creación y aplicación de nuevas técnicas y medidas, la disponibilidad y explotación de herramientas, y el estudio de diferentes unidades de análisis (Smith, 1981).

En particular se estudia la red de citación (Ding, Chowdhury & Foo, 2000; Moya-Anegón, Herrero-Solana & Jiménez-Contreras, 2004), como una unión de un conjunto de trabajos que citan, con un conjunto de trabajos citados, donde la similitud de dos documentos depende del número de documentos citados por ambos (Marshakova-Shaikovich, 2005).

#### **5.1.2.1. Autores más citados**

Un análisis de las referencias de los trabajos de los investigadores del área de la Visualización en el campo, permitió identificar un conjunto de autores que resultaron ser los más citados de la muestra, y por ende, los más consultados para desempeñar la actividad científico-investigativa en el área objeto de estudio. En la siguiente tabla se listan los autores

que han sido citados 30 o más veces. Algunos de ellos como Tufte y Salton, son importados de fuera del área.

Nombre abreviado	No. citas
CHEN C	161
SMALL H	132
LEYDESDORFF L	131
WHITE HD	128
GARFIELD E	78
SHNEIDERMAN B	76
SALTON G	63
THELWALL M	57
MCCAIN KW	56
KOHONEN T	51
MACEACHREN A	49
LIN X	48
TUFTE ER	46
BORNER K	42
CHEN H	38
CARD SK	37
HEARST MA	36
RORVIG M	34
BOYACK KW	31
ZHANG J	30
DE MOYAANEGON F	30

Tabla 24. Autores más citados

Los autores que encabezan este listado son de gran prestigio y reconocimiento internacional por sus aportes científicos en áreas relacionadas con la Ciencia de la información:

Chaomei Chen, es el autor con mayor impacto en los temas relacionados con la Visualización en el dominio, según la muestra analizada del WoS. Sus referentes principales se relacionan con su propuesta de introducción del algoritmo PFnets en los estudios sobre cocitación de autores en el análisis de dominio (Chen, 1999), así como otros aportes prácticos relacionados con la visualización de la información aplicada a la evolución de la ciencia y la analítica visual.

Le sigue Henry Small, Dr. en Química e Historia de la ciencia por la Universidad de Wisconsin en 1971, se unió al los investigadores del *Institute for Scientific Information* (ISI) en 1972, convirtiéndose en pionero en el campo de la bibliometría a partir de sus aportes sobre el análisis de co-citación en los años 70. En colaboración con Griffith e inspirado por Merton,

Garfield y otros, se dedicó a investigar cómo mapear científicamente la estructura cognitiva de la ciencia en múltiples niveles: como un todo, por áreas especializadas, y al nivel del investigador individual. Su artículo de 1973 en JASIS sobre la utilidad de la co-citación en la literatura científica (Small, 1973) para comprender las interconexiones disciplinares y los cambios en un campo de estudio en el transcurso del tiempo, guió numerosos trabajos sobre análisis de citación y mapeo de la ciencia.

Aparecen también en el listado Howard D. White y Katherine McCain, ambos investigadores importantes de la Ciencia de la Información. El primero, doctor en Biblioteconomía por la Universidad de Berkeley, California, en 1974, es profesor emérito de la Universidad de Drexel, ha realizado múltiples estudios métricos de la información, bien sea en el campo de la bibliometría o de la webmetría, análisis de citas y coautorías para descubrir patrones de comportamiento en la productividad de documentos científicos. Es referente teórico importante de la introducción de la visualización en el campo. Por su parte, K. McCain es Dr. en *Information Studies* de la Universidad de Drexel, y profesor y Decano asociado de esta universidad. Su investigación se ha enfocado en los estudios cuantitativos de la literatura usando técnicas bibliométricas y la visualización de dominios de conocimiento. Entre 1997 y 2000, White y McCain, llevaron a cabo estudios sobre la autoría y la cocitación que conllevarían su representación y visualización de autores y su obra. Sus libros y artículos han tenido muy buena acogida, especialmente el artículo firmado junto a Kate McCain *Visualizing a Discipline: An Author Co-Citation Analysis of Information Science, 1972-1995* (White & McCain, 1998), que recibió el premio al mejor artículo publicado en Ciencia de la información en 1998 por ASIST.

Imprescindible resulta Eugene Garfield, científico estadounidense creador del Instituto para la Información Científica (ISI) de Filadelfia. Investigador destacado en el campo de la Bibliometría, y creador de múltiples teorías y conceptos en Información y Documentación como la indización por citas, los frentes de investigación y el factor de impacto de una revista, sobre los que se ha apoyado la Bibliometría moderna. Ha participado en la creación de los productos documentales más importantes del ISI: la Web of Science, compuesta por tres bases de datos que recogen artículos sobre ciencia y tecnología (desde 1900), ciencias sociales (desde 1956) y artes y humanidades (desde 1975); e incluye las citas que los científicos en sus trabajos hacen sobre otros trabajos. También la *Web of Knowledge* (WoK), plataforma integrada basada en la web, que recoge todos los productos informativos derivados de sus inventos. En 2007, Garfield lanzó el software historiográfico HistCite, un

programa algorítmico que permite trabajar con grandes conjuntos de datos de la Web of Science.

Mike Thelwall, profesor inglés de Ciencia de la información en la Universidad de Wolverhampton, es experto en métodos cuantitativos para el análisis de Internet, incluyendo la web 2.0. Es además editor asociado de JASIST, y miembro del equipo editorial de *Online Information Review*; *Cybermetrics*, *Library and Information Science Research*; *Journal of Information Science*, *Journal of Informetrics*, y *Scientometrics*.

Teuvo Kohonen pionero de las redes neuronales autoorganizadas, encabeza la investigación sobre redes neuronales en la Universidad de Helsinki, Finlandia. Sus áreas de investigación son las memorias asociativas, redes neuronales, y reconocimiento de patrones, sobre los que ha publicado múltiples artículos. Es un autor ajeno al área, y su presencia en la muestra se debe a la utilización del SOM, modelo neuronal que permite la construcción de mapas.

Alan MacEachren, geógrafo estadounidense, profesor de Geografía del departamento de Geografía de la Universidad de Pensilvania y Director del GeoVISTA Center del mismo estado. Es conocido por su investigación relacionada con los campos de la visualización geográfica centrada en el humano, la visualización científica y de la información, y la estadística. Ha escrito varios libros y artículos sobre Geovisualización y analítica visual.

Xia Lin es profesor asociado del Colegio de Ciencia de información y Tecnología de la Universidad de Drexel. Dr. en Ciencia de la información por la Universidad de Maryland en el College Park en 1993, es un activo investigador en el campo de la visualización de la información, recuperación de la información, organización del conocimiento e informática médica. Introduce la aplicación de los SOM en el dominio.

Edward Rolf Tufte. Profesor emérito de la Universidad de Yale, en la que dicta cursos sobre evidencia estadística, diseño de información e interfaces. Es autor de varios libros sobre visualización de información cuantitativa. Defensor del minimalismo en la representación gráfica de datos y de la eliminación de todo tipo de atributo que estorbe su comprensión. Estudioso de los gráficos con alto contenido informativo. Es una referencia externa que últimamente ha ganado espacio.

Katy Börner, dirige el Laboratorio de Visualización de la Información y el Cyberinfrastructure for Network Science Center de la Universidad de Indiana.

Hsinchun Chen, dirige el Laboratorio de Inteligencia artificial de la Universidad de Arizona, y es de los más rankeados en la investigación sobre sistemas de información y bibliotecas digitales.

Stuard Card, es Senior Research Fellow y gerente del grupo User Interface Research en el Palo Alto Research Center, es considerado uno de los pioneros de aplicar los factores humanos a la HCI. Sus intereses se encuentran en las relaciones interdisciplinarias entre la psicología, la inteligencia artificial, y la ciencia de la computación. Es co-autor de los libros *The Psychology of Human-Computer Interaction* (Card, Newell & Moran, 1983), y *Readings in Information Visualization* (Card, MacKinlay & Shneiderman, 1999).

Marti Hearst es profesora en la Facultad de Información de la Universidad de California, Berkeley, y está afiliada a la división de *Computer Science*. Sus principales intereses de investigación son: interfaces de usuario para motores de búsqueda, visualización de la información, procesamiento natural del lenguaje, y análisis empírico de medios sociales. Fue miembro del equipo de investigación del Xerox PARC entre los años 1994 y 1997. Pertenece al consejo editorial de *ACM Transactions on the Web*, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, *Computational Linguistics*, *ACM Transactions on Information Systems*, e *IEEE Intelligent Systems*.

Mark E. Rorvig fue profesor asociado de la facultad de *Library and Information Science* de la Universidad de North Texas, donde dirigió un máster en sistemas de información, y editor de la revista *Library Trends*. Fue reconocido en los EEUU como pionero en el campo de la recuperación de la información, en el que obtuvo cuatro patentes de algoritmos. Entre 1990 y 1995 trabajó para la NASA en el Lyndon B. Johnson Space Center de Houston.

Kevin W. Boyack obtuvo un doctorado en ingeniería química por la Brigham Young University en 1990. Desde entonces ha trabajado en varios campos de la ciencia. Estuvo en el Sandia National Laboratories por 17 años y trabaja con SciTech Strategies, Inc. ([www.mapofscience.com](http://www.mapofscience.com)), investigando sobre visualización de dominios de conocimiento. Junto con Dick Klavans crea mapas de la ciencia con propósitos de planeación y evaluación. Sus intereses investigativos incluyen métricas e indicadores, minería de textos y datos, y su aplicación al mapeo de la ciencia.

Y aparece además Jin Zhang con su investigación sobre la Recuperación Visual de la Información; y Félix Moya-Anegón, quien encabeza la investigación en el grupo Scimago y cuenta con múltiples trabajos sobre análisis cuantitativos en múltiples dominios de conocimiento.

En general, se puede afirmar que los investigadores del área tienden a consultar con mayor frecuencia a autores clásicos, productivos e influyentes en el dominio estudiado. El carácter interdisciplinar caracteriza además las investigaciones de los autores más citados, y prioritaria la fuerte relación de la visualización en la Ciencia de la información con las técnicas bibliométricas para el análisis de dominios de conocimiento, y con la recuperación de la información.

### 5.1.2.2. Documentos más citados

La tabla que se muestra a continuación, relaciona los trabajos que se citan con más frecuencia ( $\geq 10$  citas). Nótese que en este selecto grupo participan con mayor frecuencia los autores White (5), Small (3), y Chaomei Chen (3), siendo los referentes teóricos más importantes del tema en la especialidad.

#	Autor/Año/Revista	No. citas
1	SMALL H, 1999, J AM SOC INFORM SCI, V50, P799	25
2	WHITE HD, 1998, J AM SOC INFORM SCI, V49, P327	25
3	BORNER K, 2003, ANNU REV INFORM SCI, V37, P179	22
4	CARD S, 1999, READINGS INFORM VISU	20
5	KAMADA T, 1989, INFORM PROCESS LETT, V31, P7	19
6	TUFTE ER, 1983, VISUAL DISPLAY QUANT	19
7	CHEN C, 2003, MAPPING SCI FRONTIER	18
8	WHITE HD, 1997, ANNU REV INFORM SCI, V32, P99	17
9	MORRIS SA, 2003, J AM SOC INF SCI TEC, V54, P413, DOI 10.1002/asi.10227	16
10	SMALL H, 1973, J AM SOC INFORM SCI, V24, P265	16
11	WHITE HD, 1981, J AM SOC INFORM SCI, V32, P163	16
12	PRICE DJD, 1965, SCIENCE, V149, P510	15
13	LIN X, 1997, J AM SOC INFORM SCI, V48, P40	14
14	OLSEN KA, 1993, INFORM PROCESS MANAG, V29, P69	14
15	CHEN C, 1999, INFORM PROCESS MANAG, V35, P401	13
16	KORFHAGE RR, 1991, 14TH SIGIR91 P ASS C, P134	13
17	SMALL H, 1974, SCI STUD, V4, P17	13
18	AHLGREN P, 2003, J AM SOC INF SCI TEC, V54, P550, DOI 10.1002/asi.10242	12
19	BOYACK KW, 2002, J AM SOC INF SCI TEC, V53, P764	12
20	SALTON G, 1989, AUTOMATIC TEXT PROCE	12
21	WASSERMAN S, 1994, SOCIAL NETWORK ANAL	12

22	WHITE HD, 1989, ANNU REV INFORM SCI, V24, P119	12
23	BRAAM RR, 1991, J AM SOC INFORM SCI, V42, P233	11
24	CHEN C, 1999, INFORMATION VISUALIZ	11
25	MCCAIN KW, 1990, J AM SOC INFORM SCI, V41, P433	11
26	PERSSON O, 1994, J AM SOC INFORM SCI, V45, P31	11
27	SCHVANEVELDT RW, 1990, PATHFINDER ASS NETWO	11
28	SHNEIDERMAN B, 1998, DESIGNING USER INTER	11
29	WHITE HD, 2003, J AM SOC INF SCI TEC, V54, P423, DOI 10.1002/asi.10228	11
30	WISE JA, 1995, P IEEE S INF VIS 95, P51	11
31	CHALMERS M, 1992, SIGIR 92, P330	10
32	DE MOYAANEGON F, 2004, SCIENTOMETRICS, V61, P129	10
33	HJORLAND B, 1995, J AM SOC INFORM SCI, V46, P400	10
34	KESSLER MM, 1963, AM DOC, V14, P10	10
35	LIN X, 1991, SIGIR 91, P262	10
36	SHNEIDERMAN B, 1992, ACM T GRAPHIC, V11, P92	10
37	VEERASAMY A, 1996, SIGIR 96, P85	10
38	WISE JA, 1999, J AM SOC INFORM SCI, V50, P1224	10

Tabla 25. Trabajos más citados (citas >=10)

Encabeza la lista con 25 citas los conocidos trabajos de Henry Small, *Visualizing Science by Citation Mapping* publicado por JASIS (Small, 1999); y el de White y McCain (1998), *Visualizing a discipline. An author co-citation analysis of information science, 1972-1995*, el cual es de los primeros intentos de vincular la visualización con el análisis de co-citación de autores, y ocupa el lugar 16 de los artículos de JASIST más citados según Yang (2007). Esta dupla de autores también presenta en el listado de la muestra, con 17 citas, otro relevante artículo: *Visualization of literatures* (White & McCain, 1997), ya comentado anteriormente, y el trabajo *Bibliometrics* (White & McCain, (1989), con 12 citas. Asimismo, de White aparecen destacados los trabajos: *Author Cocitation: A Literature Measure of Intellectual Structure* (White & Griffith, 1981), sobre el análisis de cocitación de autores en el dominio de la Ciencia de la Información, que ocupa el lugar 10 en el listado de Yang (2007); y *Pathfinder Networks and Author Cocitation Analysis: A Remapping of Paradigmatic Information Scientists* (White, 2003). De Katherine McCain se incluye en el lugar 25 el artículo *Mapping authors in intellectual space: A technical overview* (McCain, 1990).

De Small aparece además su clásico aporte *Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents* (Small, 1973), con 16 citas; y el artículo

*The Structure of Scientific Literatures I: Identifying and Graphing Specialties* (Small & Griffith, 1974). Los dos primeros, según la investigación de Yang (2007), aparecen entre los 40 artículos publicados por JASIST más citados: el primero en el lugar 29 y el segundo en el tercer lugar, según la cantidad de citas recibidas.

El trabajo de Börner, Chen, y Boyack (2003), *Visualizing knowledge domains*, ocupa el tercer lugar entre los más citados de la muestra, con 22 citas. Los autores presentan una revisión de las técnicas para el análisis, visualización y posicionamiento espacial de la información.

La imprescindible obra *Readings in information visualization: using vision to think*, de trabajos clásicos sobre visualización de información, editados por Card, MacKinlay, y Shneiderman (1999), aparece en los primeros lugares, como referente obligado para quienes se inician en el estudio de estos temas.

Sigue la conocida propuesta de Kamada y Kawai con su trabajo *An algorithm for drawing general undirected graphs* (Kamada & Kawai, 1989), lo que se atribuye a un uso generalizado de dicho algoritmo en la representación de redes sociales y en la visualización de dominios de conocimiento, por autores como Chen, White y Lin.

El clásico libro de Edward Tufte, *The visual display of quantitative information* (Tufte, 1983), constituye el enlace fundamental de la visualización con las investigaciones sobre el diseño de los gráficos. En él Tufte identifica las propiedades básicas que una visualización debe poseer en correspondencia con el conjunto de datos que representa.

Chaomei Chen aparece en el séptimo lugar con su su libro *Mapping scientific frontiers: The quest for knowledge visualization* (Chen, 2003) donde analiza la historia y avances de la visualización del conocimiento desde una perspectiva interdisciplinar, y sostiene que para mapear las fronteras científicas es necesario combinar esfuerzos de disciplinas como la filosofía de la ciencia, la sociología de la ciencia, ciencimetría, análisis de dominio, visualización de la información, y minería de datos.

Otro artículo frecuentemente citado es el de Morris, Yen, Wu, y Asnake (2003): *Timeline visualization of research fronts*, por los aportes que hacen los autores al análisis y visualización de frentes de investigación de un dominio determinado.

Asimismo, aparece con 15 citas la obra clásica *Networks of scientific papers* de Price (1965), donde demuestra que los patrones de citas utilizados por los autores de artículos científicos definen los frentes de investigación, los que pueden ser aprovechados para reflejar la estructura de la producción científica de un dominio.

Xia Lin incluye en la lista *Map Displays for Information Retrieval* (Lin, 1997), donde propone la aplicación de los mapas auto-organizativos para el análisis de co-citación de autores. Según Yang (2007), ocupa el lugar 34 entre los artículos más citados del JASIST.

El artículo *Visualization of a document collection: The VIBE System*, de Olsen, Korfhage, y Sochats (1993), es uno de los primeros intentos de evaluar las herramientas de visualización de la información para la recuperación. En VIBE se intenta representar espacialmente el grado en que un documento se corresponde con un término de búsqueda.

Chaomei Chen se posiciona nuevamente en el listado con *Visualising semantic spaces and author cocitation networks in digital libraries* (Chen, 1999), donde propone la aplicación de PFnets para la co-citación de autores; y

Korfhage (1991), en *To see, or not to see— is That the query?*, cuestiona los sistemas tradicionales de recuperación de la información proponiendo una nueva forma de organización visual de documentos.

Aparece también el título *Requirement for a Cocitation Similarity Measure, with Special Reference to Pearson's Correlation Coefficient*, de Ahlgren, Jarneving, & Rousseau (2003), donde cuestionan el uso del coeficiente de correlación de Pearson como una medida de similitud en el análisis de cocitación de autores.

El trabajo *Domain visualization using VxInsight for science and technology management*, de Boyack, Wylie, & Davidson (2002), evidencia el interés aplicado en el Management; representando a la recuperación de la Información, aparece el libro de Salton *Automatic Text Processing: the Transformation, Analysis and Retrieval of Information by Computer* (Salton, 1989); y el libro de Wasserman y Faust, *Social Network Analysis: Methods and Applications* (Wasserman & Faust 1994), representa en el listado el vínculo con el análisis de redes sociales.

Se ubica en el lugar 23 del listado el artículo de Braam, Moed & Van Raan (1991), *Mapping of science by combined co-citation and word analysis. I. Structural aspects*, estudio del aspecto estructural realizado en el ámbito de la bioquímica y la agricultura, combinando análisis de co-citas con análisis de palabras.

Olle Persson, aparece con *The intellectual base and research fronts of JASIS 1986–1990* (Persson, 1994), donde muestra los resultados del estudio de 209 artículos publicados en Journal of the American Society for Information Science en el período especificado en el título,

compara el mapa obtenido en este trabajo con el primer mapa de cocitación de autores de White y Griffith (1981), con conclusiones similares.

Se incluye también el clásico trabajo de Schvaneveldt (1990), *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization*, sobre la teoría y aplicación de redes Pathfinder.

Shneiderman ubica también entre los más citados su libro *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (Shneiderman, 1998), como influencia directa de la HCI, y el artículo *Tree visualization with Tree-Maps: A 2-d space-filling approach* (Shneiderman, 1992), con su propuesta muy aplicada del Treemap.

De Wise se posicionan dos artículos sobre visualización de textos: *Visualizing the non-visual: spatial analysis and interaction with information from text documents* (Wise et al., 1995) y *The Ecological Approach to Text Visualization* (Wise, 1999).

Aparece también el trabajo de Chalmers y Chitson (1992), *BEAD - Explorations in Information Visualization*, un clásico de la Visualización en la Recuperación de la Información, específicamente de datos bibliográficos con la aplicación del escalamiento multidimensional.

En el lugar 32 de la lista se coloca el artículo de Moya-Anegón, Vargas-Quesada, Herrero-Solana, Chinchilla Rodríguez, Corera-Álvarez, y Muñoz Fernández (2004), *A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories*, que propone la clasificación temática (clases y categorías) como entidades de cocitación y unidades de medida en la representación y análisis de un dominio científico.

Hjørland & Albrechtsen (1995), formalizan la propuesta del análisis de dominio en la Ciencia de la Información en su importante trabajo *Toward a New Horizon in Information Science: Domain-Analysis*, en el listado con una frecuencia de 10 citas, y referente teórico básico para la visualización de dominios de conocimiento.

El clásico artículo *Bibliographic coupling between scientific papers* de Kessler (1963) introduce el concepto de enlace bibliográfico (bibliographic coupling).

Lin, Soergel y Marchionini (1991), en *A self-organizing semantic map for information retrieval*, usan SOM para clasificar documentos para la recuperación de la información.

Otro clásico de la Visualización en la recuperación de la Información es el trabajo de Veerasamy y Belkin (1996): *Evaluation of a Tool for Visualization of Information Retrieval Results*, donde proponen una interfaz de usuario con un esquema de visualización que

permite recuperar documentos, y realizar un browsing por autores específicos mostrando tablas de contenido.

Nótese que estos trabajos más citados, en su mayoría artículos, se corresponden con autores que se han identificados como de gran impacto e influencia dentro de la visualización en la especialidad, lo que denota coherencia en los resultados. Asimismo, las temáticas asociadas se relacionan con los tópicos emergentes identificados como los que más se relacionan con la visualización y la visualización de la información: los dominios de conocimiento, la recuperación de la información, la visualización y análisis de dominios de conocimiento, la aplicación de Pathfinder y SOM, aplicaciones para bibliotecas digitales, y en general prevalece un interés por estudiar las comunidades científicas. Aparece además en este listado como fuente principal la revista *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (JASIST), con 14 trabajos.

### 5.1.2.3. Revistas más citadas

A continuación se analiza el comportamiento de las revistas más citadas por los autores en la muestra objeto de estudio. Debido al gran número de fuentes identificadas, en la tabla que sigue sólo se muestran las revistas, con 25 o más citas recibidas:

Nombre abreviado	No. citas
J AM SOC INF SCI TEC	226
INFORM PROCESS MANAG	91
COMMUN ACM	88
SCIENTOMETRICS	79
ANNU REV INFORM SCI	65
J DOC	58
SCIENCE	50
LECT NOTES COMPUT SC	47
INT J HUM-COMPUT ST	36
IEEE COMPUT GRAPH	35
J INFORM SCI	31
INT J GEOGR INF SCI	30
INT J GEOGR INF SYST	28
ACM T GRAPHIC	27
COMPUTER	26
IEEE T VIS COMPUT GR	25

Tabla 26. Revistas más citadas (citas $\geq$ 25)

JASIST, resulta ser la principal revista citada, seguida por *Information Processing & Management*, resultados que se corresponden con la investigación de Börner, Chen, y Boyack (2003) acerca de la importancia de estas revistas en la temática que se analiza. En los primeros lugares se ubican también las revistas propias de la especialidad *Scientometrics*, *ARIST*, y *Journal of Documentation*. Con lugares destacados aparecen revistas externas como *Communications of the ACM*, *Science*, y tres revistas cercanas a los temas de la HCI: *Lecture Notes in Computer Science*, *International Journal of Human-Computer Studies*, e *IEEE Computer Graphics and Applications*. Siguen *Journal of Information Science* con 31 citas y posteriormente una serie de revistas externas de carácter aplicado.

#### **5.1.4. Análisis de co-citación**

El análisis de co-citación es utilizado frecuentemente en los estudios de la ciencia para estudiar las relaciones y frecuencias que se establecen cuando parejas de documentos son citados conjuntamente por otros, y revelar estructuras intelectuales de disciplinas científicas. Puede realizarse enfocado a documentos, revistas o autores (White 1981, 1983; White & Griffith 1981, White & McCain 1997, 1998; Persson 1994, Moya-Anegón, Jiménez-Contreras & Moneda-Corrochano, 1998; Ding, Chowdhury y Foo 2000).

En especial, el análisis de co-citación de autores (*Author Co-citation Analysis*, ACA) propuesto por White en los años 80 (White, 1981; White & Griffith, 1981) ha sido uno de los desarrollados y utilizados para introducir técnicas de visualización (Chen, 1999, 2001).

En el presente estudio se presentan tres criterios básicos: cocitación de revistas, cocitación de autores y cocitación de documentos, para analizar la estructura del dominio desde distintas perspectivas.

##### **5.1.4.1. Cocitación de revistas**

La idea básica es que la relación entre dos revistas depende de la frecuencia con que aparezcan cocitadas, revelando similitudes de características que pueden corresponderse con

temáticas relacionadas, especialidades, etc. (McCain, 1991; Ding, Chowdhury & Foo, 2000; Moya Anegón y Herrero Solana 2000; Moya-Anegón, Herrero-Solana & Jiménez-Contreras, 2004)

La gráfica que se muestra a continuación se ha generado a partir de la cocitación entre revistas que han recibido 15 o más citas. Las disciplinas que se asocian a las revistas permiten deducir criterios acerca de cómo se estructura el dominio:

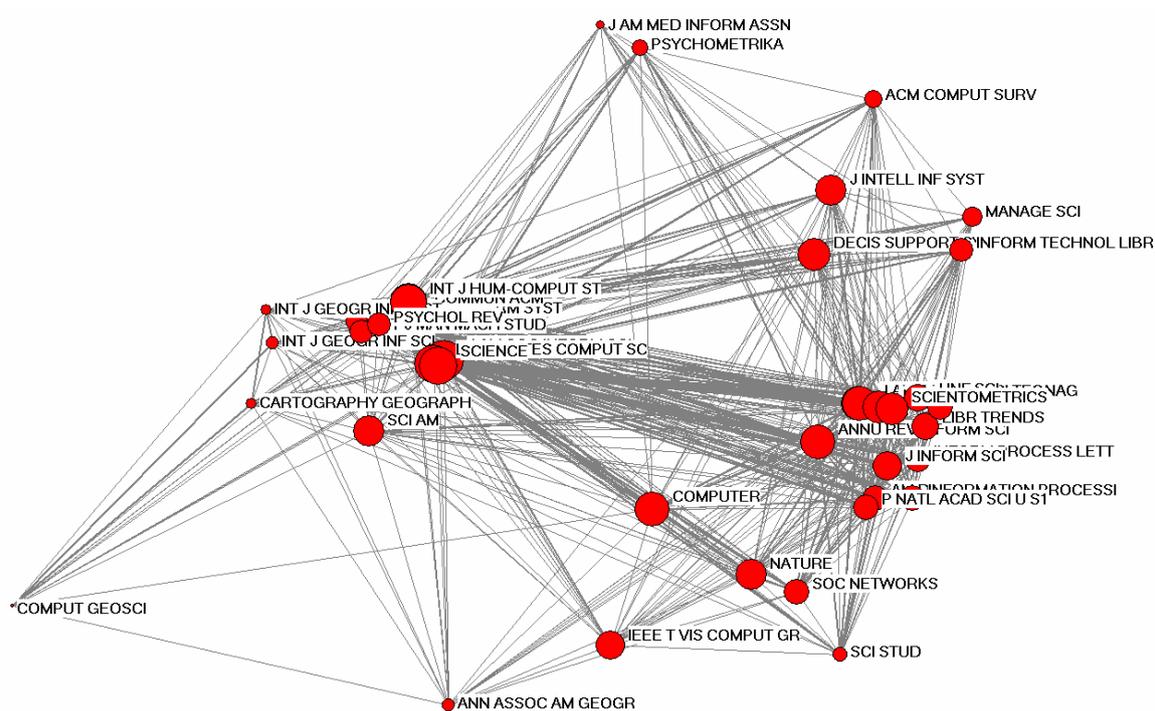


Figura 45. Red de cocitación de revistas (con 15 o más citas)

La red de cocitación generada de acuerdo a este criterio, permite distinguir dos agrupaciones fundamentales, con relaciones más intensas: a la izquierda, las relacionadas con la Computación y la HCI, que a su vez atrae las especializadas en Geografía; y a la derecha las más cercanas a la Ciencia de la información: *JASIST*, *Scientometrics*, *Journal of Documentation*, *Annual Review of information Science*, *Journal of Information Science*, *Information Processing & Management*, y otras más cercanas al Management y la Bibliotecología. Se destaca la relación de *JASIST* con *Information Processing & Management* y *Scientometrics* como las más estrechas:

Nombre abreviado	Grado de la relación ( <i>Degree</i> )
J AM SOC INF SCI	721.000
J AM SOC INF SCI TEC	544.000
INFORM PROCESS MANAG	522.000
SCIENTOMETRICS	485.000
ANNU REV INFORM SCI	422.000
COMMUN ACM	383.000
J DOC	352.000
SCIENCE	331.000
J INFORM SCI	229.000
LECT NOTES COMPUT SC	201.000

Tabla 27. Revistas con mayor grado de relación en la cocitación de revistas

JASIS y *Lecture Notes in Computer Science* tienen el mayor grado de intermediación, al atraer un mayor número de revistas. Siguen *Science*, *Communications of the ACM*, *International Journal of Human-Computer Studies*, e *IEEE Computer Graphics and Applications*. Estos resultados permiten inferir que la mayor influencia intelectual proviene de la Ciencia de la Computación y de la HCI.

Otra forma de visualizar la red consiste, como en los casos anteriores, en poderla mediante el algoritmo Pfnnet. El resultado es una red mucha más esquemática donde destaca claramente la posición central del JASIS (que lo sería aún más si se sumara el JASIST) y que se encuentra rodeada de revistas donde predominan las de Ciencias de la Información. Desde este nodo parten tres ramas principales. Por un lado la rama representada por *Scientometrics* y otras publicaciones relacionadas con el mundo de la evaluación científica. La segunda rama sería la superior, donde destaca *Information Processing and Management*. La tercera, más importante, tiene como gateway a *Communications of the ACM* y nuclea una gran variedad de revistas propias del campo Computación, especialmente aquellas relacionadas con gráficos y visualización.

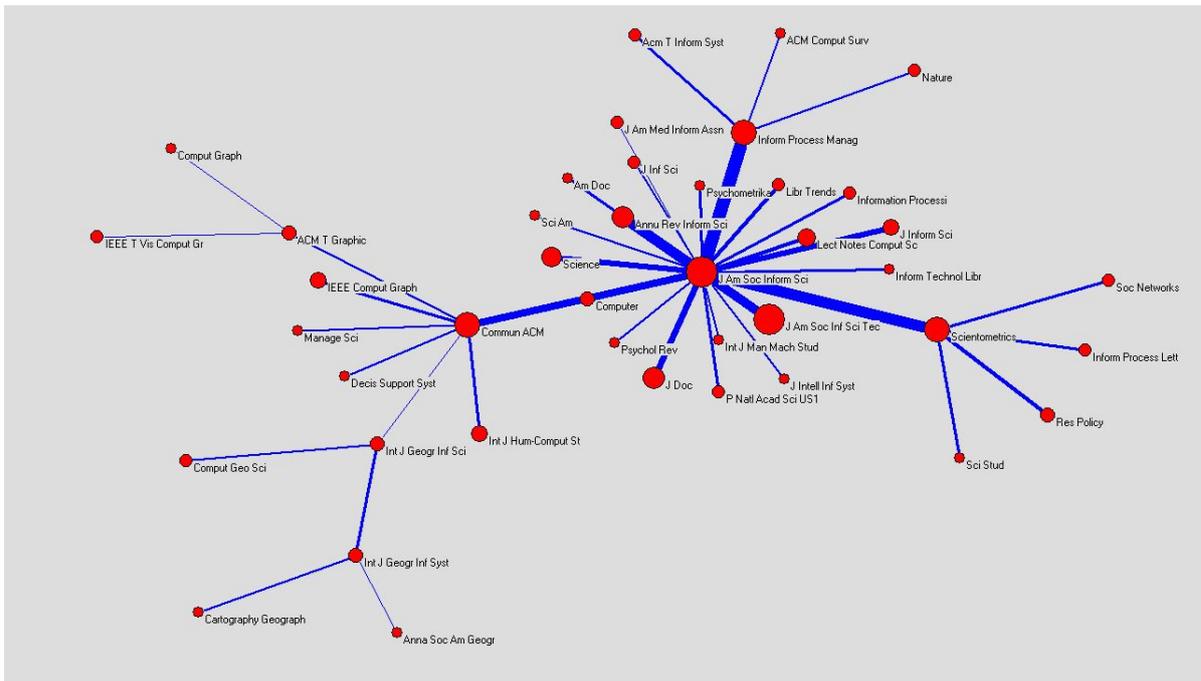


Figura 46. Red Pfnct de cocitación de revistas

#### 5.1.4.2. Co-citación de autores

La cocitación de autores se produce cuando alguien cita cualquier trabajo por cualquier autor junto con cualquier trabajo por cualquier otro autor en un nuevo documento de su propia autoría. (White & Griffith, 1981). Cuanto mayor es el número de cocitas, mayor es la relación entre los autores. El agrupamiento de autores por clusters permite identificar afinidades intelectuales compartidas por áreas temáticas, escuelas de pensamiento, o líneas de investigación, entre otros factores, así como autores más influyentes en el dominio.

La red de cocitación que se muestra a continuación, ha considerado la cocitación entre autores que han recibido 10 o más citas.

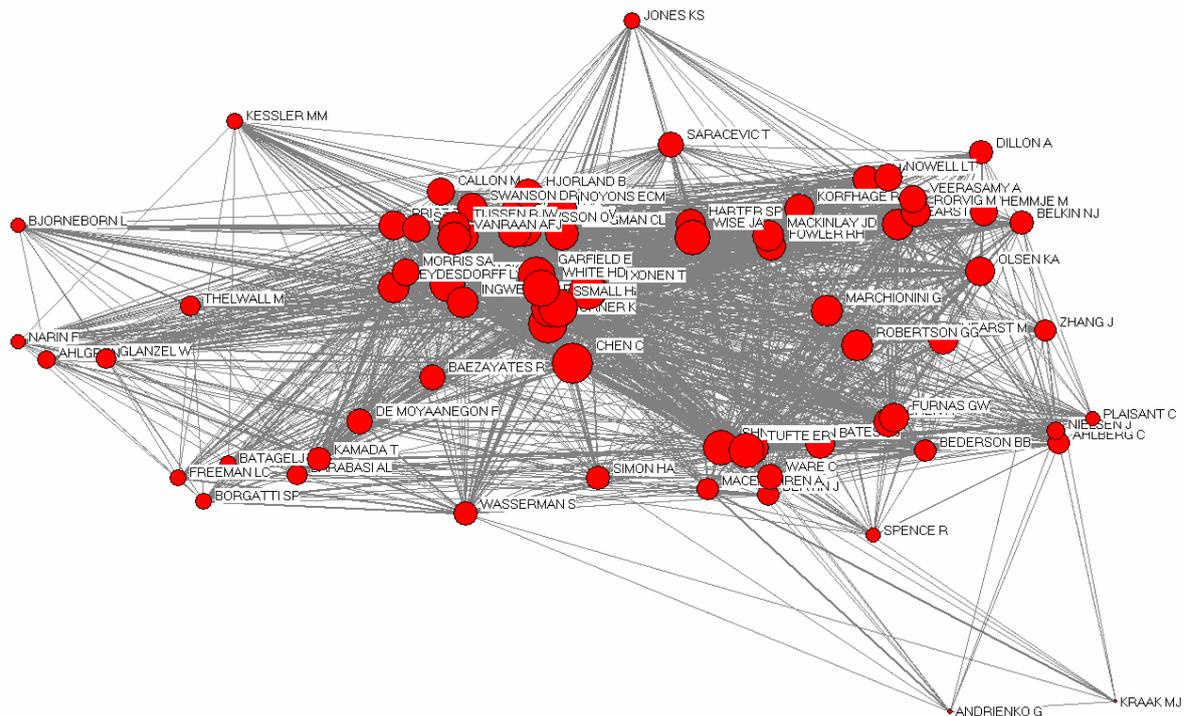


Figura 47. Red de cocitación de autores

Los autores que presentan el mayor grado nodal son los siguientes: Chen, White, Small, Lin, Shneiderman, Garfield, Salton, Börner, y Kohonen, nuevamente presentes y ya asentados como referentes clásicos sobre la temática en el dominio.

<b>Autores</b>	<b>degree</b>	<b>ncloseness</b>	<b>betweenness</b>
CHEN C	<b>546.000</b>	<b>98.684</b>	<b>46.341</b>
WHITE HD	<b>535.000</b>	92.593	25.377
SMALL H	<b>529.000</b>	<b>96.154</b>	<b>32.593</b>
LIN X	374.000	92.593	25.920
SHNEIDERMAN B	338.000	88.235	<b>41.702</b>
GARFIELD E	337.000	90.361	25.425
SALTON G	333.000	<b>96.154</b>	31.992
BORNER K	307.000	94.937	31.546
KOHONEN T	277.000	88.235	18.958
HEARST MA	273.000	81.522	10.038
TUFTE ER	206.000	87.209	35.823

Tabla 28. Medidas de centralidad de la red de cocitación de autores

Los mejor posicionados son Chen y Shneiderman, seguidos por Small, y Salton. Por otra parte, los de mayor grado de intermediación son: Chen, que conecta a la red la visualización de dominios científicos; Shneiderman, un clásico de la visualización desde la HCI; Salton, considerado el padre de la recuperación de la información; y Tufte, con sus teorías sobre el diseño de gráficos con alto contenido informativo.

Se destacan dos clústers principales; en la parte centro superior, donde se agrupan los clásicos más cercanos a la Ciencia de información relacionados con la Bibliometría, los mapas de dominio, la recuperación de la información, el análisis de dominio, entre otras corrientes teóricas, rama que podríamos nombrar Visualización de dominios de conocimiento; y en la parte inferior derecha, donde se agrupan los clásicos de la visualización de la información, con influencia de la HCI, el diseño gráfico y la Ciencia de la Computación fundamentalmente, rama enfocada a las interfaces gráficas para la recuperación de la Información.

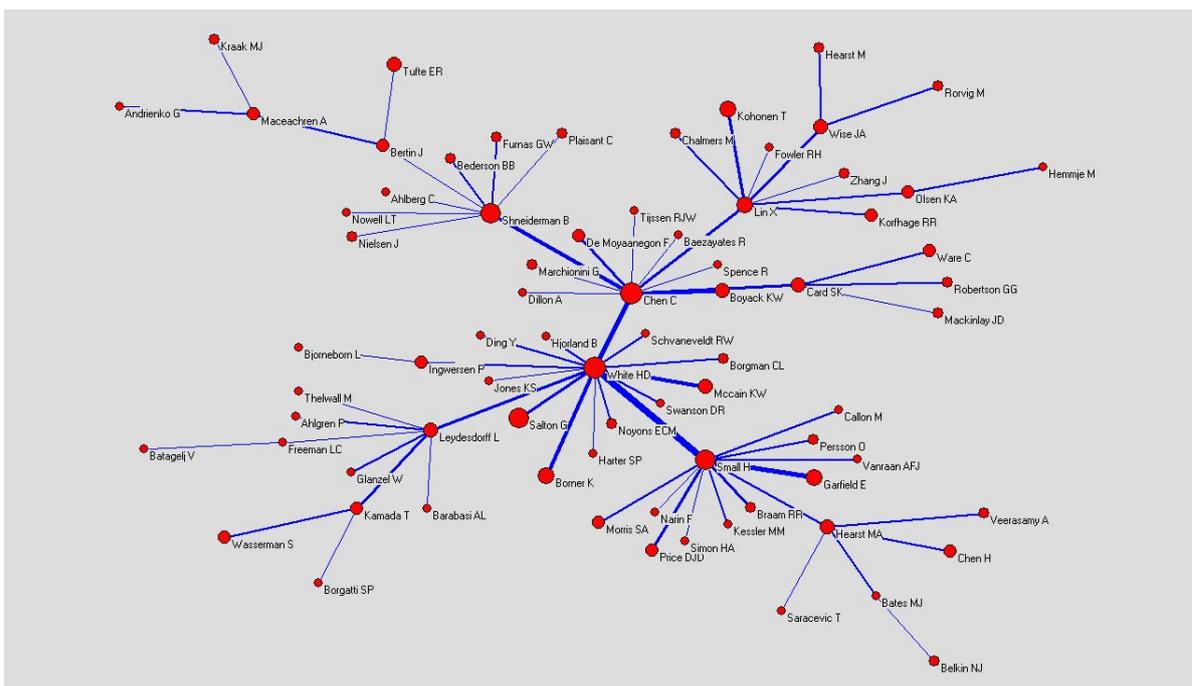


Figura 48. Red Pfnct de cocitación de autores

Como en el caso anterior, la versión Pfnct de la red nos brinda una representación mucho más esquemática. El eje principal está compuesto por White y Chen, que son el epítome de dos grandes dimensiones: la superior, donde aparecen autores relacionados con el mundo de la Computación (Chen), y la inferior, donde encontramos más autores

relacionados con el mundo de la bibliometría y la evaluación científica (White). Desde Chen parten al menos tres ramas importantes. En una aparece Lin como *gateway* y en ella encontramos autores relacionados con el campo de las redes neuronales. Las otras dos ramas son más de “visualización” ya que sus referentes son Card y Shneiderman.

La principal rama de la parte inferior es la que nuclea Small. En ella encontramos varios autores del mundo bibliométrico tales como Narin, Price, Garfield, Van Raan, etc. Existe una segunda rama, menos nutrida, pero no menos importante ya que aparecen en torno a Leydesdorff los autores relacionados con el análisis estructural y de redes (sociales): Wasserman, Batagejl, Kamada, Barabasi, Freeman, etc.

### **Conclusiones parciales**

- La entrada de la Visualización de la Información en la Ciencia de la Información coincide con el predominio del enfoque cognitivo en el campo y la transición hacia un enfoque sociocognitivo.
- El interés por estudiar la interacción del usuario con el sistema y la organización del conocimiento, el tránsito de la bibliometría a la infometría, así como las investigaciones sobre la estructura de la ciencia con un interés sociológico e histórico, el análisis exploratorio, el mapeo de la ciencia, y los métodos para el análisis cuantitativo de la producción científica (especialmente ACA), potenciaron la introducción aplicada de la visualización de la información en la Ciencia de la información, con la ayuda de los avances teóricos, teóricos, metodológicos y tecnológicos en la recuperación de la información, la HCI y la Psicología.
- Aunque aún no existe una formalización propia, en la Ciencia de la información se revela el inicio de un reconocimiento a la necesidad de investigar y aplicar la Visualización en el campo, manifestándose en el hecho de que algunos de los trabajos más citados sobre la temática en el campo, se incluyen entre los 40 trabajos más citados de la Ciencia de la Información.
- Las bases teóricas externas radican fundamentalmente en la HCI, la Recuperación de la Información, y el Diseño.

- La mayor influencia intelectual proviene de la Ciencia de la Computación, que encuentra aplicación en áreas como la Geografía y la Medicina, y otra, más dispersa, se enfoca en la relación de la Ciencia de la Información con el Management.
- La principal vía de importación proviene del trabajo de grupos de investigación multidisciplinares asociados a universidades, compuestos predominantemente por investigadores formados en el campo de la Computación que han pasado al ámbito universitario y académico de la Ciencia de la información; siendo la HCI y la Bibliometría las áreas más influyentes, y ésta última con la mayor concentración de trabajos.
- La estructura intelectual de los estudios sobre visualización en la especialidad, se dirige hacia dos intereses cardinales: la visualización de dominios de conocimiento, y las interfaces visuales para la recuperación de la información.
- Los frentes de investigación fundamentales se centran en la aplicación de la visualización de la información a la evaluación de la ciencia, las bibliotecas digitales, el análisis y de dominios de conocimiento, la identificación de estructuras intelectuales con la ayuda de métodos bibliométricos como la cocitación de autores, y la recuperación de la información con la aplicación de algoritmos como el SOM y Pathfinder.

## **CAPÍTULO 6. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA EN CIENCIA DE LA INFORMACIÓN**

El número creciente de cursos relacionados con la Visualización de la Información en universidades del mundo presenta una amplia variedad de enfoques, en términos de contenidos, materiales usados, técnicas y metodologías de evaluación. Su estudio puede orientar a reflexionar sobre el desarrollo del campo y a definir qué contenidos curriculares pueden ilustrar a los futuros profesionales en cómo iniciarse en la utilización de tal conocimiento en función de su trabajo y del desarrollo científico.

El objetivo de este último capítulo consiste pues en ofrecer algunos datos que brinden pistas sobre el comportamiento general de la formación académica sobre Visualización de la Información en el contexto universitario. Se pretende especialmente ilustrar cómo se insertan temáticas relacionadas en los programas curriculares de las titulaciones relacionadas con el ámbito de las Ciencias de la Información.

### **6.1. Apuntes sobre la formación en Visualización de la Información**

Muchos de los autores relevantes en el campo de la Visualización de la Información y algunas herramientas de referencia proceden del ámbito universitario, aunque presentan distintos enfoques determinados por las disciplinas de las que provienen, tales como Ciencia de la Información, de la Computación, la HCI, etc. De entre todos, quizás el más destacado sea Shneiderman, autor relevante de la disciplina que contribuyó a la bases teóricas del campo con su modelo de referencia (Card, Mackinlay y Shneiderman, 1999) y creador de múltiples herramientas junto a sus colaboradores. Imparte cursos sobre Visualización de la Información, donde aborda temas en la visualización científica, bases de datos y HCI; diseños creativos para datos de redes, jerárquicos y temporales; así como alternativas de diseño (vistas, búsquedas dinámicas, zooming, etc.), algoritmos y estructuras de datos<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Se puede consultar una propuesta en: <https://wiki.cs.umd.edu/cmsc734/index.php?title=Syllabus>

Por su parte, Andreas Kerren (Universidad Växjö, Suecia), John T. Stasko (Instituto Tecnológico de Georgia, EEUU.), y Jason Dykes (Universidad de la Ciudad de Londres, Reino Unido), investigaron y analizaron cómo se enfocaron distintos cursos de Visualización de la Información que se brindaron entre los años 2006 y 2007 en una muestra de universidades europeas y norteamericanas (Kerren, Stasko, & Dykes, 2008). Para esto realizaron un seminario donde distintas experiencias se analizaron y discutieron, reuniéndose una variedad de información mayormente demográfica, considerando estilos propios de enseñanza, libros de textos, ayudas para la enseñanza, exámenes, y otros recursos. En la primera parte del estudio brindan una vista general de los cursos ofrecidos y algunos detalles sobre los mismos, identificando que la mayoría se centraba en los aspectos esenciales de la visualización de la información, dos cursos trataban sobre visualización/computación gráfica, y el resto se enfocaba en campos de aplicación como la Geovisualización, ó tópicos más amplios, como las interfaces de información ó comunicación visual. En consecuencia, los autores reafirman la naturaleza interdisciplinar de la Visualización de la Información, e infieren acerca de lo difícil que puede resultar conformar un currículo aceptado de Visualización de la Información.

Identifican además que los instructores suelen ser investigadores activos del campo, asumiendo que los cursos cubrían el estado del arte de la Visualización de la Información en el período en que se impartieron. Además, los resultados obtenidos reflejaron que la mayoría de los cursos se impartieron en el nivel de postgrado.

Los autores no contaban con información detallada de cada curso, pero analizaron las palabras claves asociadas al contenido curricular presente en los sitios web correspondientes a cada curso. A través de la Figura que sigue, ilustran la variedad e importancia de los tópicos impartidos utilizando la representación conocida como nube de etiquetas. Puede apreciarse la ocurrencia destacada de *visualización* y *datos*, reflejando una preocupación por enfocarse en la dimensionalidad y estructura de los datos; luego los términos *técnicas* e *interacción*, como respuestas a esta necesidad; y *grafos*, *jerarquías*, y *redes*, relacionados con la representación.

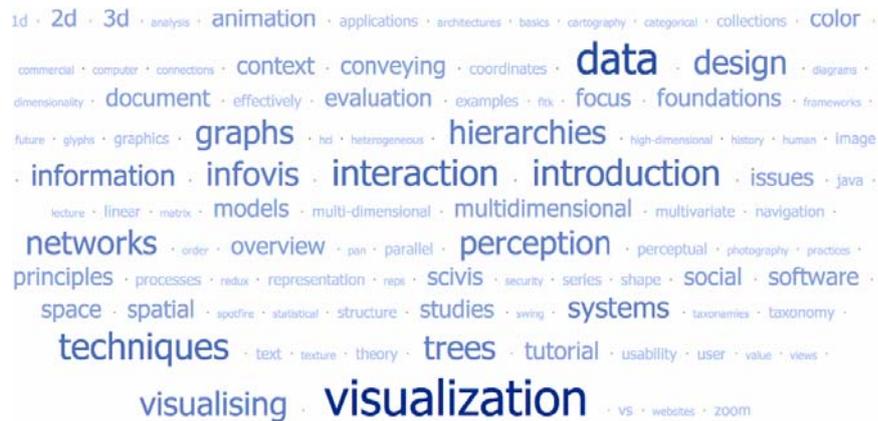


Figura 49. Tópicos más frecuentes en cursos sobre Visualización de la Información (Kerren, Stasko y Dykes, 2008)

Sobre la organización del currículo, los criterios recopilados fueron variados. Una variante consideraba cuatro dimensiones: tipo de datos, dominios, técnicas y metodologías. Otras proponían además aspectos cognitivos y perceptivos como una dimensión alternativa importante a considerar. No se logró una opinión consensuada sobre estos aspectos, y se concluyó que la estructura de contenidos más adecuada para enseñar la Visualización de la Información claramente dependía de la orientación del curso y las ayudas al aprendizaje.

Los autores finalmente brindan sus perspectivas personales sobre los cursos que imparten, de acuerdo a su orientación profesional. En la tabla que sigue, se contrastan las tres miradas con enfoques diferentes:

Autores	Orientación del curso	Tópicos principales
John T. Stasko (Instituto de Tecnología de Georgia, EEUU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HCI</li> <li>• Diseño</li> <li>• Crítica y evaluación</li> <li>• Aplicaciones comerciales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos de los datos (descripción y modelos de diferentes tipos de datos, transformación y almacenamiento)</li> <li>• Aspectos cognitivos (objetivos y tareas del usuario usando sistemas para visualizar la información, y beneficios proporcionados)</li> <li>• Técnicas de visualización (diferentes representaciones visuales y técnicas de interacción)</li> <li>• Interacción (tipos temas relacionados)</li> <li>• Estructuras/tipos de datos (tipos específicos: temporales, textuales, jerárquicos, y técnicas para representarlos)</li> <li>• Dominios de datos (ingeniería de</li> </ul>

		<p>software, computación social, finanzas, negocios( y técnicas que ayudan a trabajar en estas áreas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación (discusión sobre los retos y diferentes técnicas usadas)</li> </ul>
Andreas Kerren (Universidad de Växjö, Suecia)	Principios básicos de la psicología cognitiva con influencia en la visualización de la información, como la percepción visual humana y las leyes de la Gestalt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción sobre los conceptos de la Visualización de la información, diferencia con la visualización científica, discusión sobre aspectos cognitivos y la percepción.</li> <li>• Modelos de referencia de Visualización de la Información y principales técnicas de interacción según tipos de datos.</li> <li>• Técnicas de evaluación</li> </ul>
Jason Dykes, (Universidad de Londres, Inglaterra)	Geovisualización ( <i>Geographic Information Science</i> , GIScience) Diseño gráfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentos de la Geovisualización,</li> <li>• Diseño de mapas y gráficos de datos</li> <li>• Uso de gráficos de datos, mapas y herramientas de visualización para explorar presentar, y comunicar datos.</li> <li>• Evaluación de gráficos de datos, mapas y herramientas de visualización, según los principios y teorías del diseño.</li> </ul>

Tabla 29. Tópicos de cursos presentados por Kerren, Stasko & Dykes (2008)

Estas tres perspectivas son apenas un ejemplo de la amplia variedad que existe en las orientaciones de los cursos según los objetivos propuestos y las carreras en las que se insertan. La mayoría se relacionan con la Computación y la HCI, en correspondencia con los orígenes de la disciplina y la amplia variedad de herramientas asociadas. Otras se enfocan más en la estadística, el diseño de la interacción, o el diseño gráfico. También se encuentra integrada a la Geovisualización, como base de la analítica visual.

Entre otros ejemplos podemos citar los cursos impartidos en la Universidad de Calgary<sup>30</sup> en Canadá, la Universidad de Washington<sup>31</sup> en EEUU, y las universidades Linnæus y Linköping de Suecia<sup>32</sup>: En la primera, se considera a la Visualización de la Información parte de la Ciencia de la Computación con una orientación hacia la HCI; los cursos de la Universidad de Washington tienen un enfoque orientado hacia el análisis visual basado en las leyes de la percepción; la Universidad Linnaeus, ha diseñado un curso sobre Visualización de la Información enfocado a las aplicaciones para la Web, Bioinformática, Medicina y Geografía; y

<sup>30</sup> Se puede consultar en: <http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/Courses/InformationVisualization2009>

<sup>31</sup> Se puede consultar en: <http://courses.washington.edu/info424/MainPages/INFO424Schedule.html>

<sup>32</sup> Se puede consultar en: <http://lnu.se/education/courses/4dv301?l=en>

la Universidad de Linköping<sup>33</sup> integra en su curso *Information Visualization*, perspectivas de múltiples campos, incluyendo minería de datos visuales, análisis exploratorio de datos y visualización geográfica, bases de la llamada analítica visual.

En menor medida se encuentran cursos provenientes del ámbito de la Ciencia de la Información, algunos impartidos por investigadores importantes del campo, con variantes de acuerdo a distintos enfoques disciplinares, y temas más adecuados a la profesión. A continuación se presentan algunos casos particulares.

## 6.2. La Visualización de la información en los programas universitarios de Ciencia de la información

La diversidad de enfoques y escuelas existentes dificulta una identificación de las carreras universitarias relacionadas con la Ciencia de la información en distintas regiones del mundo, necesaria para analizar sus distintos programas de estudio. Una pesquisa exhaustiva por cada universidad del mundo realmente llevaría mucho tiempo y complejidad, debido a que la cantidad de Universidades, que según el *Ranking Web of World Universities*<sup>34</sup>, alcanza una cifra de 17716 universidades, cuya distribución por regiones se muestra en la figura que sigue. Es una labor engorrosa que no se ha considerado en el alcance de este trabajo.

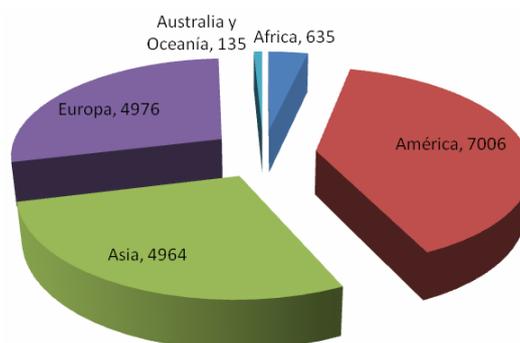


Figura 50. Distribución de universidades por continente (Laboratorio de Cibermetría CCHS-CSIC, 2010)

Se mencionarán, por tanto, algunos casos paradigmáticos identificados de escuelas de Ciencias de la información que presentan en sus programas curriculares cursos de

<sup>33</sup> Se puede consultar en: <http://servus.itn.liu.se/courses/TNM048/>

<sup>34</sup> Laboratorio de Cibermetría perteneciente al Centro de Ciencias Humanas y Sociales CCHS-CSIC, 2010. Se puede consultar en: [http://www.webometrics.info/university\\_by\\_country\\_select\\_es.asp](http://www.webometrics.info/university_by_country_select_es.asp)

Visualización de la Información para demostrar la presencia del interés académico en esta temática en la formación universitaria de la especialidad, e ilustrar sus propósitos fundamentales. Entre los casos que se han identificado en la Web, se destacan algunos que se corresponden con instituciones identificadas como más productivas sobre el tema en el contexto de la Ciencia de la Información: la Facultad de Ciencia de la Información y Tecnología (*College of Information Science and Technology*) de la Universidad de Drexel, las Facultad de Bibliotecología y Ciencia de la información (*School of Library & Information Science*) de la Universidad de Indiana, la Facultad de Ciencias de la Información (*School of Information Sciences*) de la Universidad de Pittsburg, y la Facultad de *Information & Media Studies* de la Universidad de Western Ontario, Canadá:

1. Curso *Information Visualization* que imparte el Dr. Chaomei Chen en la *iSchool* del *College of Information Science and Technology* de la Universidad de Drexel<sup>35</sup>: se introducen conceptos y principios de la visualización de la información desde una perspectiva teórica y práctica. Enfatiza en el pensamiento crítico y en la resolución de problemas, y expone herramientas actuales para visualizar la información. Incluye como tópicos principales: introducción, taxonomías, identificar y modelar estructuras de información, visualizar datos multidimensionales, interactuar con visualizaciones de información; visualizaciones en árbol, red y dibujo de grafos; percepción y cognición, vistas y filtros, y visualización de dominios de conocimiento. Asimismo, para la formación en Ciencia de la Información y tecnología, esta universidad cuenta con profesores de prestigio reconocido y referentes importantes en el campo, como el Dr. Xia Lin, la Dra. Katherine W. McCain, y el Dr. Howard D. White.
2. Curso *Information Visualization*<sup>36</sup> impartido por la Dra. Katy Börner en la *School of Library & Information Science* de la Universidad de Indiana: brinda un panorama del estado del arte de la Visualización de la información, con énfasis en los procesos que permiten producir visualizaciones efectivas de acuerdo a las necesidades de los usuarios, a partir de ejemplos prácticos. Entre los tópicos que incluye se encuentran: bases perceptuales de la visualización de la información, algoritmos para el análisis de datos que permitan la extracción de relaciones en los datos, principales técnicas de visualización e interacción, tendencias y principales problemas en el campo.

---

<sup>35</sup> Se puede consultar en:

<http://www.ischool.drexel.edu/Home/Academics/CourseDescriptions/Course?courseID=70>

<sup>36</sup> Se puede consultar en: <http://ella.slis.indiana.edu/~katy/S637-S10/>

3. Curso *Information Visualization*<sup>37</sup>, impartido por Sherry Koshman como parte de un programa de postgrado en *Library and Information Science*, en la *School of Information Sciences* de la Universidad de Pittsburg: se enfoca en el diseño visual, estructura y organización de la información, aplicada a los ambientes informacionales y al diseño de sitios web. Sus tópicos incluyen alfabetización sobre visualización, investigación sobre usabilidad, teorías de la cognición y percepción visual, modelos de visualización analítica visual y gráficos de datos. El énfasis expuesto está en el diseño centrado en las tareas del usuario y en la evaluación de herramientas basadas en la visualización para varios tipos de datos. Esta universidad también ofrece una especialización en bibliotecas digitales (*Digital Libraries Specialization*), que sugiere además como curso electivo el de *Information Visualization*, anteriormente mencionado.
4. Curso electivo de *Information Visualization*<sup>38</sup> que ofrece una maestría en *Library and Information Science* perteneciente a la Facultad de *Information & Media Studies* de la Universidad de Western Ontario, Canadá: incluye entre sus tópicos fundamentales: qué es la visualización de la información, interacción y manipulación de la información, representación de la información, técnicas de presentación, exploración dinámica de la información, navegación y movimiento en espacios de información visual, modelos mentales e interpretación (modelos cognitivos, metáforas visuales, etc.), y otros tópicos como visualización de documentos. Esta maestría también ofrece el curso *Geodigital Libraries*<sup>39</sup>, que introduce conceptos teóricos y prácticos relevantes para diseñar, visualizar y evaluar bibliotecas geodigitales, consideradas como aquellas bibliotecas con referencias a locaciones geográficas visualizadas en un mapa digital, adecuadas para organizar y visualizar colecciones de bibliotecas, archivos y genealógicas.

Otros casos interesantes encontrados en la Web son los siguientes:

- La Facultad de Bibliotecología y Ciencia de la Información (*School of Library & Information Science*) del *College of Arts and Sciences* de la Universidad de South Florida, que en su formación postgraduada ofrece el curso titulado *Visualization of knowledge*<sup>40</sup>, descrito como una introducción al campo de la Visualización de la Información, relacionado con la recuperación de la información y el *browsing*. Incluye las bases perceptuales del campo,

---

<sup>37</sup> Se puede consultar en: <http://www.ischool.pitt.edu/lis/courses/descriptions.php>

<sup>38</sup> Se puede consultar en: <http://www.fims.uwo.ca/mlis/courses/9721.htm>

<sup>39</sup> Se puede consultar en: <http://www.fims.uwo.ca/mlis/courses/9765.htm>

<sup>40</sup> Se puede consultar en: [www.http://slis.usf.edu/graduate/courses/descriptions/](http://slis.usf.edu/graduate/courses/descriptions/)

principales métodos de visualización, sistemas de recuperación de la información que utilizan la visualización de la información, tendencias futuras y otros aspectos sobre la visualización de la información en las bibliotecas digitales.

- La Facultad de Información de la Universidad de Michigan, que ofrece en postgrado el curso Information Visualization<sup>41</sup>, de carácter introductorio y dedicado al estado del arte de la temática, el cual incluye como requisito en una especialización en *Information Analysis and Retrieval* (IAR) (<http://si.umich.edu/msi/iar.htm>), que incluye además los cursos: *Networks: Theory and Application*, *Human Interaction in Information Retrieval*, *Natural Language Processing*, *Database Application Design*, *Data Manipulation*, *Exploratory Data Analysis*, *Information Retrieval*, *Online Searching and Databases*, *Language and Information*, y *Advanced Natural Language Processing and Information Retrieval*.
- La Universidad de Calgary<sup>42</sup>, que incluye en su curso tópicos relacionados con la representación, la interacción, técnicas gráficas, dimensionalidad de la información, percepción, alfabetización visual (teoría de la comunicación, semiótica, lenguaje visual) y evaluación. Considera también el estudio de la investigación previa sobre visualización de la información, reconociendo en los antecedentes a figuras como Playfair, Bertin, Tufte y Tukey.
- La Universidad de Washington<sup>43</sup>, que ofrece un curso orientado hacia el análisis visual basado en las leyes de la percepción
- La Universidad Linnæus de Suecia<sup>44</sup>, que ofrece un curso donde se analizan representaciones visuales, técnicas de interacción y herramientas de visualización para textos y documentos, datos en red (grafos), series temporales, y visualización de la información para las masas, con ejemplos de aplicaciones en distintos dominios de conocimiento.

A partir de estos ejemplos podemos vislumbrar cómo, a pesar del desarrollo tecnológico de estas universidades, se considera aún novedoso el tema en la especialidad. Los cursos se insertan en la formación posgraduada y tienen un carácter introductorio o general, centrado en los fundamentos de la visualización de la información. Incluyen tópicos sobre percepción,

---

<sup>41</sup> Se puede consultar en: <http://www.si.umich.edu/courses/syllabi/si649-w10.pdf>

<sup>42</sup> Se puede consultar en: <http://innovis.cpsc.ucalgary.ca/Courses/InformationVisualization2009>

<sup>43</sup> Se puede consultar en: <http://courses.washington.edu/info424/MainPages/INFO424Schedule.html>

<sup>44</sup> Se puede consultar en: <http://lnu.se/education/courses/4dv301?l=en>

cognición, representación e interacción, y algún intento aplicado para introducir las herramientas de visualización actuales. La mención de tendencias y problemas esenciales muestra una preocupación acerca del desarrollo futuro de la temática en la investigación, pero no profundiza en éstos. Tampoco se aprecia una intención de ubicar la problemática en el contexto de la Ciencia de la Información, y en tal sentido no se encuentra explícitamente que se trate la visualización de dominios de conocimiento, la influencia bibliométrica y las aplicaciones para bibliotecas digitales. Se distingue una interpretación más cercana a la recuperación de la información y al diseño de interfaces, siendo la Web y la Geovisualización las áreas aplicadas más tratadas.

### 6.2.1. La formación en Iberoamérica

Con mayor detenimiento se decidió explorar la existencia de cursos de Visualización de la Información en los estudios de la especialidad en la región de Iberoamérica, con la que Cuba mantiene relaciones más estrechas. Con tal finalidad, se realizó un análisis de la presencia de los estudios relacionados con la Ciencia de la información (bajo distintas denominaciones), tanto en pregrado como en postgrado en las Universidades de América Latina y el Caribe, y la península ibérica en correspondencia con el *Ranking Web of World Universities*. La muestra de América Latina y el Caribe donde se imparten estos estudios, estuvo conformada por los siguientes países:

País	Total del Ranking por país	Primeras del ranking	Primeras que imparten BibDoc	Muestra adicional intencional BibDoc	Total de Universidades analizadas
<b>Argentina</b>	97	6	4	1	<b>7</b>
<b>Brasil</b>	547	6	6	6	<b>12</b>
<b>Colombia</b>	120	6	2	1	<b>7</b>
<b>Costa Rica</b>	20	2	2	-	<b>2</b>
<b>Cuba</b>	20	3	2	1	<b>4</b>
<b>Chile</b>	64	3	-	2	<b>5</b>
<b>España</b>	156	5	3	6	<b>11</b>
<b>México</b>	193	6	4	-	<b>6</b>
<b>Portugal</b>	71	6	3	-	<b>6</b>
<b>Puerto Rico</b>	27	4	3	-	<b>4</b>
<b>Venezuela</b>	35	4	2	1	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>1350</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>18</b>	<b>69</b>

Tabla 30. Muestra de universidades de América Latina y el Caribe analizadas

De esta región no se consideraron Guatemala, Panamá, Perú, Paraguay y Uruguay, donde en general (salvo el caso de Perú que tiene dos programas en Lima) la especialidad se dicta en una sola Universidad del País. Tampoco se incluyeron los países que no cuentan con programas de la especialidad. No se tuvieron en cuenta otros países centroamericanos por carecer de escuelas para la formación de profesionales (Honduras, El Salvador, Belice). Se identificó la presencia de programas de pregrado y postgrado en Biblioteconomía y Documentación en las Universidades analizadas, con la siguiente distribución:

País	Total de Universidades analizadas	Programas de pregrado en BibDoc	Programas de Postgrado en BibDoc	Total
<b>Argentina</b>	7	7	-	<b>7</b>
<b>Brasil</b>	12	9	10	<b>20</b>
<b>Colombia</b>	7	3	-	<b>3</b>
<b>Costa Rica</b>	2	2	1	<b>3</b>
<b>Cuba</b>	4	3	1	<b>4</b>
<b>Chile</b>	5	2	-	<b>2</b>
<b>España</b>	11	9	8	<b>17</b>
<b>México</b>	6	3	4	<b>7</b>
<b>Portugal</b>	6	3	4	<b>7</b>
<b>Puerto Rico</b>	4	-	2	<b>2</b>
<b>Venezuela</b>	5	2	-	<b>2</b>
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>43</b>	<b>30</b>	<b>74</b>

Tabla 31. Programas de pregrado y postgrado en Bibliotecología y Documentación en América Latina y el Caribe

Se destacan en esta muestra Brasil, España, México y Portugal como los países con mayor número de programas de postgrado en la muestra. A continuación se refieren los resultados del análisis por país.

#### 6.2.1.1. Argentina

Los estudios de la especialidad en Argentina se dictan en muchas Universidades, pero con diferentes niveles, otorgando títulos con diferente calificación y categoría lo que crea algunas incomprensiones profesionales y diferencias entre bibliotecarios profesionales graduados (los que han vencido una licenciatura) y aquellos que cuentan con una calificación recibida en una Universidad pero que no constituye un título de este nivel y más bien califican como un técnico superior. El ranking de las mejores universidades del mundo incluye a 97 Universidades de Argentina. A los efectos de este estudio se analizaron las 6 mejores

Universidades de este País y la Universidad de Mar del Plata (no. 21 del ranking del país) que cuenta con antecedentes importantes para este estudio.

Nombre	Referencia
Universidad de Buenos Aires	<a href="http://www.uba.ar/">http://www.uba.ar/</a>
Universidad Nacional de la Plata	<a href="http://www.unlp.edu.ar/">http://www.unlp.edu.ar/</a>
Universidad Nacional de Córdoba	<a href="http://www.unc.edu.ar/">http://www.unc.edu.ar/</a>
Universidad Nacional de Rosario	<a href="http://www.unr.edu.ar/">http://www.unr.edu.ar/</a>
Universidad Tecnológica Nacional	<a href="http://www.utn.edu.ar/">http://www.utn.edu.ar/</a>
Universidad Católica Argentina	<a href="http://www.uca.edu.ar/">http://www.uca.edu.ar/</a>
Universidad de Mar del Plata	<a href="http://www.unlp.edu.ar/">http://www.unlp.edu.ar/</a>

Tabla 32. Muestra de universidades argentinas

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la Universidad de Buenos Aires y la Universidad Nacional de la Plata incluyen los estudios de Bibliotecología y Ciencia de la Información. Aparentemente no se han incorporados estudios a nivel de postgrado. La Universidad Nacional de Córdoba cuenta con una Licenciatura en Archivología con una buena tradición en el país, pero orientada hacia esta área de conocimiento; y la Universidad Católica Argentina (en Paraná), cuenta con un programa de una extensión de 3 años conducente al título de Bibliotecario con una salida intermedia a los dos años como Auxiliares de Biblioteca. Por su parte, la Universidad Nacional de Rosario no ha desarrollado los estudios de esta especialidad a nivel de pre y postgrado, como tampoco lo ha hecho la Universidad Tecnológica Nacional. Ninguna incluye en sus programas cursos relacionados con la visualización de la información.

No obstante, la temática no es desconocida. El Departamento de Computación de la Universidad de Buenos Aires ofrece en postgrado un curso de Visualización de la Información<sup>45</sup> que incluye la visualización de documentos. En la universidad Nacional de la Plata se desarrolló en el 2008 la 6ª Jornada sobre la Biblioteca Digital Universitaria dedicada a “Los desafíos de la web social”, e incluyó entre los temas “Visualización de la información: mapas conceptuales y otras representaciones”<sup>46</sup>

A principios del 2000 se desarrolló en la Universidad de Nacional de Mar del Plata un programa doctoral conjunto con la Universidad de Granada, España, para formar un conjunto

<sup>45</sup> Se puede consultar en: <http://www-2.dc.uba.ar/materias/infoviz/>

<sup>46</sup> Se puede consultar en: <http://www.biblioteca.clacso.edu.ar/Members/dbabini/6a-jornada-sobre-la-biblioteca-digital-universitaria/>

de doctores en la especialidad. El programa incluye contenidos muy actuales y por supuesto los temas relativos a redes sociales, interfaces gráficas y visualización de la información. No se conoce que se haya realizado alguna tesis sobre este tema como parte de este programa.

### 6.2.1.2. Brasil

De un total de 547 universidades, se escogió una muestra intencional conformada por las primeras 6 Universidades de este país y por su relevancia, se le adicionaron algunas universidades que ocupan posiciones más bajas pero que ofrecen programas de pre y postgrado en Ciencias de la Información. Las escogidas son las siguientes:

Nombre	Lugar en ranking del país	Referencia
Universidade de Sao Paulo (USP)	1	<a href="http://www.eca.usp.br/">http://www.eca.usp.br/</a>
Universidade Estadual de Campinas	2	<a href="http://www.unicamp.br/">http://www.unicamp.br/</a>
Universidade Federal de Santa Catarina	3	<a href="http://www.ufsc.br/">http://www.ufsc.br/</a>
Universidade Federal de Rio de Janeiro	4	<a href="http://www.facc.ufrj.br/">http://www.facc.ufrj.br/</a>
Universidade de Minas Gerais	5	<a href="http://www.eci.ufmg.br/">http://www.eci.ufmg.br/</a>
Universidade Federal de Rio Grande do Sul	6	<a href="http://www.ufrgs.br/">http://www.ufrgs.br/</a>
Universidade de Brasília	11	<a href="http://www.cid.unb.br/">http://www.cid.unb.br/</a>
Universidade Estadual Paulista Campus de Marília	13	<a href="http://www.marilia.unesp.br/">http://www.marilia.unesp.br/</a>
Universidade Federal da Bahia	15	<a href="http://www.ufba.br/">http://www.ufba.br/</a>
Universidade Estadual de Londrina	22	<a href="http://www.uel.br/">http://www.uel.br/</a>
Universidade Federal de Goiás	29	<a href="http://www.facomb.ufg.br/">http://www.facomb.ufg.br/</a>
Universidade de Paraíba	33	<a href="http://www.ufpb.br/">http://www.ufpb.br/</a>

Tabla 33. Muestra de Universidades de Brasil

Se consultó además las páginas web de las asociaciones profesionales de las escuelas de Biblioteconomía, Archivonomía y Ciencia de la información (la Associação Brasileira de Educação em Ciência da Informação, ABECIN, y la Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação, ANCIB) para conocer algunos detalles relativos a los estudios en Biblioteconomía, Documentación, Archivística y Ciencia de Información en estas Universidades, según la denominación de cada Universidad en las modalidades de Graduación y Pos graduación. Se analizaron los planes de estudio, así como las líneas de investigación de estos programas. Se examinaron asimismo las páginas Web de las

Facultades o Institutos docentes que imparten Ciencias de la Computación, tanto en el nivel de Graduación como en Postgrado, intentando evidenciar la presencia de contenidos relativos a la visualización de información dentro de estos programas.

Universidad o Institución	Ciencias de la información	Principales líneas de investigación
Universidade de São Paulo USP	Escola de Comunicação e Artes - ECA Departamento de Biblioteconomia e Documentação Curso de Biblioteconomia Ciências da Informação e da Documentação	Acceso a la información Mediación y acción cultural
Universidade Estadual de Campinas PUECAMP	Curso de Ciência da Informação - Habilitação em Biblioteconomia	Gestión de Información Producción y diseminación de información
Universidade Federal de Santa Catarina UFSC	Departamento de Ciência da Informação Curso de Biblioteconomia	Flujos de información Profesionales de la Información
Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ	Centro de Ciências Jurídicas Curso de Biblioteconomia e Gestão de Unidades de informação (CBG)	Memoria y Patrimonio Memoria y lenguaje Memoria y espacio; Memoria, Subjetividad y Creación
Universidade Federal de Minas Gerais UFMG	Escola de Ciência da Informação Curso de Biblioteconomia	Gestión de información y del conocimiento Organización y uso de la información Información, cultura y sociedad
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação Departamento de Ciências da Informação Curso de Biblioteconomia / Curso de Arquivologia/Museologia	Comunicación, representación y prácticas culturales Información, tecnologías y prácticas sociales
Universidade de Brasília - UnB	Departamento de Ciência da Informação e Documentação Curso de Biblioteconomia / Curso de Arquivologia	Gestión de información y del conocimiento Arquitectura de la información Comunicación de la información
Universidade Estadual Paulista - UNESP	Faculdade de Filosofia e Ciências (FFC) Departamento de Ciência da Informação (DCI) Curso de Biblioteconomia / Curso de Arquivologia	Información y tecnología Organización de información

Tabla 34. Principales líneas de investigación posgraduada en universidades de Brasil. (ANCIB, 2010)

En Brasil, predomina de modo notable la denominación de Ciencia de la Información, seguido por Bibliotecología y Biblioteconomía. En las universidades analizadas no se aprecia la enseñanza de contenidos relativos a interfaces gráficas o visualización de datos, información y conocimiento en los programas disponibles en las páginas consultadas. En el currículo de algunos profesores se observa un acercamiento a los temas a partir de bibliotecas digitales, arquitectura de información, diseño centrado en el usuario, recuperación de información, representación de información aunque no aparece explícitamente como visualización. Se localizó una institución, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) de la Universidad de Sao Paulo, donde se imparte en postgrado el curso Visualização Computacional, con una línea de investigación en Computação Gráfica e Processamento de Imagens, donde se abordan tópicos relacionados con la visualización científica. También se identificó en el Instituto de Informática de la Universidad Federal de Goiás la inclusión en la maestría de Ciencias de la Computación, de una asignatura denominada Visualização de Informações.

No obstante, en la web se encuentran trabajos investigativos sobre visualización de la información esta temática pertenecientes a autores brasileños. Se destaca en particular el trabajo de Pereira-Díaz y Fontanini de Carvalho (2007), ambos de la Pontificia Universidade Católica de Campinas, que la relaciona con la Ciencia de la Información.

En la Facultad de Filosofia y Ciencias de La Universidade Estadual Paulista de Marilia, existe un programa de postgrado en Ciencia de la Información donde se encontró una disertación de maestría sobre las interfaces visuales para la recuperación de la información (Xavier, 2009)

La Universidad Federal de Paraíba presenta un programa de postgrado en Ciencia de la Información, que aunque incluye Representación de la Información y Comunicación científica en sus contenidos, no contempla explícitamente la visualización de la Información<sup>47</sup>. No obstante se identificó que en el reciente *Encontro Nacional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Gestão, e Ciência da Informação*, se presentó el trabajo “*Recuperação de informação através de recursos visuais*” (Lira-Vieira & Fernandes- Corrêa, 2010), muy relacionado con la temática.

Muy interesante resulta además el curso de postgrado que ofrece el *Laboratório de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces em Sistemas Humano-Tecnologia* (LEUI), de la

---

<sup>47</sup> Se puede consultar en: <http://www.prgp.ufpb.br/portal/index.php/pos-graduacao/cursos-disponiveis/35-programas/11-ppgci>

Pontificia Universidade Católica de Ríó, titulado “*Ergonomia, Usabilidade e Interação Humano-Computador: Ergodesign e Avaliação de Interfaces*”<sup>48</sup>, que incluye en sus contenidos a la Visualización de la Información.

Estos son apenas algunos ejemplos que revelan que la temática se conoce e investiga en el país<sup>49</sup>, por lo que en la especialidad, su introducción depende de la orientación que se desde las universidades se realice de la Ciencia de la información y del perfil que se conciba para su profesional graduado.

### 6.2.1.3. Chile

Chile aporta al ranking mundial de Universidades, un total de 64 instituciones de Educación Superior. Sin embargo, la especialidad de Bibliotecología y Ciencia de la Información no se imparte en las mejores universidades de este país. Aún así se revisaron las páginas Web de las 3 mejores universidades y se le adicionaron aquellas que dictan la especialidad. Estas son:

Nombre	Referencia
Universidad de Chile	<a href="http://www.uchile.cl/">www.uchile.cl/</a>
Universidad de Concepción	<a href="http://www.udec.cl/">www.udec.cl/</a>
Pontificia Universidad Católica de Chile	<a href="http://www.uc.cl/">www.uc.cl/</a>
Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM)	<a href="http://www.utem.cl/">www.utem.cl/</a>
Universidad de Playa Ancha en Valparaíso	<a href="http://www.upla.cl/">www.upla.cl/</a>

Tabla 35. Muestra de universidades chilenas

La situación chilena es algo peculiar. Puede resultar contradictorio encontrar grandes sistemas de bibliotecas y un país con altos índices en su desarrollo industrial y empresarial, y no disponer de más posibilidades de formación profesional en esta especialidad y carecer de estudios de archivística. Dos Universidades entonces enfrentan el reto de formar estos profesionales: la Universidad Tecnológica Metropolitana, radicada en la capital, que cuenta dentro de la Facultad de Administración y Economía un Departamento de Gestión de información y una Escuela de Bibliotecología con un plan de estudios relativamente tradicional aunque con marcada influencia hacia la formación de profesionales orientados al sector empresarial; y la Universidad de Playa Ancha en Valparaíso, ciudad relativamente cercana a Santiago, donde los estudios se realizan en la Facultad de Humanidades, bajo la

<sup>48</sup> Se puede consultar en: [http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/giuseppe/ErgoIHC-Programa\\_do\\_curso.pdf](http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/giuseppe/ErgoIHC-Programa_do_curso.pdf)

<sup>49</sup> Una investigación sobre la producción científica podría avalar esta afirmación.

denominación de Bibliotecología aunque archivología es una asignatura del plan de estudios. En otras partes de esta página Web enuncia esta carrera como formadores de Licenciados en Ciencias de la Documentación.

No se localizaron cursos sobre visualización de información, no obstante, se identificó en la Web un interés naciente por la Visualización de datos a través de un seminario organizado en el presente año por la Universidad de Chile<sup>50</sup>, y en esta universidad se localizó una memoria visualización de redes sociales para la toma de decisiones (Zilleruelo-Ramos, 2008) en el Dpto. de Ciencias de la Computación.

#### 6.2.1.4. Colombia

En el ranking mundial de Universidades, Colombia cuenta con una nutrida representación, clasificando 120 de ellas dentro de las 12,000 mejores, o sea un 1% de las universidades del mundo. Para este análisis se tomaron las 6 mejores universidades del País y se le adicionó otra universidad donde se ofrecen estudios de la especialidad aunque ocupa el lugar número 30. Las Universidades colombianas incorporadas al análisis fueron:

Nombre	Referencia
Universidad Nacional de Colombia	<a href="http://www.unal.edu.co/">http://www.unal.edu.co/</a>
Universidad de Antioquia	<a href="http://www.udea.edu.co/">http://www.udea.edu.co/</a>
Universidad de Los Andes	<a href="http://www.uniandes.edu.co/">http://www.uniandes.edu.co/</a>
Pontificia Universidad Javeriana	<a href="http://www.javeriana.edu.co/">http://www.javeriana.edu.co/</a>
Universidad del Valle	<a href="http://www.univalle.edu.co/">http://www.univalle.edu.co/</a>
Universidad del Cauca	<a href="http://www.unicauca.edu.co/">http://www.unicauca.edu.co/</a>
Universidad de La Salle (30)	<a href="http://unisalle.lasalle.edu.co/">http://unisalle.lasalle.edu.co/</a>

Tabla 36. Muestra de universidades colombianas

Los programas de Bibliotecología y Ciencia de la Información en Colombia, se dictan en tres universidades: Antioquia, Javeriana y La Salle, o sea, dos en Bogotá y una en Medellín. Cuenta con gran prestigio en la región la Escuela Interamericana de Bibliotecología de la Universidad de Antioquia, formada hace varias décadas con el objetivo de formar profesionales de la Región, objetivo que nunca fue abordado y aunque mantuvo su denominación, forma estudiantes principalmente de su País. En esta Escuela se dicta la Licenciatura en Bibliotecología. La Pontificia Universidad Javeriana dicta en su Facultad de

<sup>50</sup> Se puede consultar su sitio web en: <http://www.bigbangdata.org/index.php>

Comunicación y Lenguaje los estudios de Ciencia de la Información-Bibliotecología y la Universidad de La Salle, ofrece su carrera bajo la denominación de Sistemas de Información y Documentación.

En ninguno de estos programas se apreció una orientación hacia los enfoques tecnológicos relativos a la visualización de la información y, aunque su denominación respeta la tendencia de ir introduciendo la denominación Ciencia de la Información, muchas veces ésta no va acompañada de contenidos que la sustenten.

#### **6.2.1.5. Costa Rica**

Este pequeño país centroamericano ha insertado en el ranking mundial de Universidades a 20 Instituciones. Por tal motivo a los efectos de este estudio se tomó como muestra a las dos primeras Universidades, donde coincidentemente se dictan los estudios de Bibliotecología. Estas son:

Nombre	Referencia
Universidad de Costa Rica	<a href="http://www.ucr.ac.cr/">http://www.ucr.ac.cr/</a>
Universidad Nacional Costa Rica	<a href="http://www.una.ac.cr/">http://www.una.ac.cr/</a>

Tabla 37. Muestra de universidades de Costa Rica

La Universidad de Costa Rica, cuenta con una Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información donde se imparte la especialidad en carreras cortas, de dos años de duración con la siguiente denominación: Bachillerato en Bibliotecología con énfasis en Ciencias de la Información, Bachillerato en Bibliotecología con énfasis en Bibliotecas Educativas, y Licenciatura en Bibliotecología y Ciencias de la Información. Cuenta adicionalmente con un programa de Maestría denominado igualmente como Bibliotecología. Por su parte, la Universidad Nacional de Costa Rica, con sede en Heredia, cuenta con una Licenciatura y un Bachillerato en Bibliotecología y Documentación con diferentes salidas: Tecnología de la Información y la Comunicación, Gestión de Información, y Bibliotecología Pedagógica.

Esta Universidad no ofrece cursos de postgrado en esta especialidad. Tampoco incluye cursos de visualización de la información.

#### **6.2.1.6. Cuba**

Los estudios sobre Ciencia de la Información en Cuba comenzaron hace 60 años en la Universidad de La Habana y sólo en la última década es que se han ido expandiendo hacia

otras Universidades del interior del País. Han transitado por diferentes denominaciones de acuerdo a los cambios radicales que a escala internacional se producían en esta área de conocimiento y a realidades nacionales: Información Científica; Información Científico-Técnica y Bibliotecología; Información Científico-Técnica, Bibliotecología y Archivología; Bibliotecología y Ciencia de la Información; y actualmente Ciencias de la Información, integrando conocimientos y habilidades de las disciplinas informativas Archivística, Bibliotecología y Ciencia de la información en un espacio único, aunque respetando las especificidades que tienen una u otra área de conocimiento.

En el ranking mundial de Universidades clasifican 20 instituciones cubanas, y a los efectos de este análisis se tomaron las tres primeras y se le adicionó la universidad de Camagüey, con el quinto lugar en el ranking del país, donde se imparte esta especialidad:

Nombre	Referencia
Universidad de la Habana	<a href="http://www.uh.cu/">http://www.uh.cu/</a>
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría	<a href="http://www.cujae.edu.cu/">http://www.cujae.edu.cu/</a>
Universidad Central Marta Abreu de Las Villas	<a href="http://www.uclv.edu.cu/">http://www.uclv.edu.cu/</a>
Universidad de Camagüey	<a href="http://www.reduc.edu.cu/">http://www.reduc.edu.cu/</a>

Tabla 38. Muestra de universidades cubanas

La Universidad de La Habana es el centro rector para la especialidad por lo que los planes de estudio que se dictan en otras universidades del país responden a lo trazado por la Comisión de Carrera de esta especialidad, que también está integrada por especialistas de otras Universidades y de las bibliotecas y servicios de información del país.

La Facultad de Comunicación de la Universidad de La Habana acoge al Departamento de Ciencias de la Información. Los niveles de subordinación de esta especialidad son diferentes en otras universidades. En la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas se encuentra en la Facultad de Ciencias de la Información y de la Educación, y en la Universidad de Camagüey, dentro de la Facultad de Informática. El Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE) ofrece diferentes programas de pre y postgrado en especialidades técnicas. Ningún programa revisado aborda contenidos cercanos a los temas que se analizan en este estudio.

En cuanto a los estudios de Postgrado, la Universidad de La Habana ofrece una Maestría en Bibliotecología y Ciencia de la Información, y desarrolla un programa doctoral en Información Científica con la Universidad de Granada, independientemente de que dentro de esta

especialidad cuenta con un Tribunal Nacional encargado de analizar las tesis doctorales de esta especialidad que se presentan por la modalidad “libre”. Esta modalidad permite a cualquier profesional que cumpla con los requisitos mínimos, presentar los resultados de su investigación doctoral para su valoración primero por el Departamento de Ciencias de la Información de la Universidad de La Habana y después por el Tribunal Nacional de esta especialidad.

No incluye cursos relacionados con la Visualización de la Información, pero desde el 2007 se han presentado tesis de grado y postgrado con resultados investigativos que explícitamente abordan la temática, o aplican la visualización en estudios sobre producción científica. Entre ellos, se pueden mencionar los trabajos de diploma de Medina-Peralta (2007), Alfonso-Medina (2009) y Machado-Suárez (2009); y la tesis doctoral de Guzmán-Sánchez (2009) sobre visualización bibliométrica.

#### 6.2.1.7. España

De acuerdo a lo diseñado para este análisis se consultaron las Universidades de mejor posición en el ranking por país del ranking mundial de universidades. De 156 universidades que clasifica España dentro de las 12 mil primeras, se seleccionaron las 5 primeras y se adicionaron otras 6 que tienen gran prestigio por la calidad de sus programas de formación en pre y postgrado en esta especialidad. Ellas fueron:

Universidad	Referencia
Universidad Complutense de Madrid	<a href="http://www.ucm.es/">http://www.ucm.es/</a>
Universidad Politécnica de Madrid	<a href="http://www.upm.es/">http://www.upm.es/</a>
Universidad del País Vasco	<a href="http://www.ehu.es/">http://www.ehu.es/</a>
Universitat de València	<a href="http://www.uv.es/">http://www.uv.es/</a>
Universitat de Barcelona	<a href="http://www.ub.es/">http://www.ub.es/</a>
Universidad de Granada	<a href="http://www.ugr.es/">http://www.ugr.es/</a>
Universitat Autònoma de Barcelona	<a href="http://www.uab.es/">http://www.uab.es/</a>
Universidad de Murcia	<a href="http://www.um.es/">http://www.um.es/</a>
Universidad de Zaragoza	<a href="http://www.unizar.es/">http://www.unizar.es/</a>
Universidad de Salamanca	<a href="http://www.usal.es/">http://www.usal.es/</a>
Universidad Carlos III de Madrid	<a href="http://www.uc3m.es/">http://www.uc3m.es/</a>
Universidad de Extremadura	<a href="http://www.unex.es/">http://www.unex.es/</a>

Tabla 39. Muestra de universidades españolas

Las denominaciones en España varían, pero en general prima la expresión Documentación. Como quiera que los títulos de grado se rigen por las decisiones tomadas a fin de hacerlas corresponder con el espacio europeo, no se hará un análisis detallado de cada uno de ellos, aunque llama la atención en las universidades escogidas, las diferencias en subordinación existentes (en cuanto a Facultades y Departamentos) lo que puede ejercer una influencia en la orientación de estos estudios. En cuanto al postgrado, se ha trabajado para lograr un desarrollo de los programas oficiales de Máster en muchas universidades, con diferentes planes, y lo mismo ocurre con los programas de doctorado, algunos de los cuales responden a enfoques particulares:

- Universidad Autónoma de Barcelona, ofrece un programa doctoral denominado “Doctorado en Información y Documentación en la Era Digital” (Universidad Autónoma de Barcelona, 2010)<sup>51</sup>
- la Universidad Carlos III de Madrid, oferta un Máster de Investigación en Documentación, parte del período de formación del Programa de Doctorado en Documentación: Archivos y Bibliotecas en el Entorno Digital (Universidad Carlos III de Madrid, 2010b). Entre los cursos optativos que ofrece este Máster, se encuentra el de Visualización de la Información<sup>52</sup>, orientado a la visualización de dominios de conocimiento y al análisis de redes sociales. Entre sus tópicos fundamentales se encuentran: Visualización de información, Visualización de dominios, Análisis estructural, Conceptos de teoría de grafos, y Casos prácticos de análisis. (Universidad Carlos III de Madrid, 2010).
- Universidad de Murcia, cuenta con un programa de postgrado Técnicas y métodos actuales en Comunicación y Documentación<sup>53</sup>, con un Máster en Estudios avanzados en Documentación. Sus contenidos no mencionan a la visualización de la información. (Universidad de Murcia, 2010)
- Universidad de Granada, ofrece un programa doctoral sobre Información y Comunicación Científica, orientado a los aspectos relacionados con el tratamiento, el acceso y la evaluación de la información científica, y que incluye un módulo introductorio sobre Visualización de la Información impartido por el Dr. Víctor Herrero-Solana, titulado Interfaces Gráficas para la Visualización de Información (VIRI): su aplicación a las

---

<sup>51</sup> Se puede consultar en: <http://www.uab.es/servlet/Satellite/postgrado/doctorados/todos-los-doctorados/informacion-general/contenidos-de-comunicacion-en-la-era-digital-1096483531008.html?param1=2010&param2=1248762752538>

<sup>52</sup> Se puede consultar en: [http://www3.uc3m.es/reina/Fichas/Idioma\\_1/63.14889.html](http://www3.uc3m.es/reina/Fichas/Idioma_1/63.14889.html)

<sup>53</sup> Se puede consultar en: <http://www.um.es/estudios/postgrado/06-07-comunicacion-documentacion.pdf>

Bibliotecas Digitales y al *World Wide Web*<sup>54</sup>. Este programa doctoral se destaca por su actuación en la región, al desarrollar en los últimos años programas particulares en coordinación con otras Universidades de Ibero-Latinoamérica. Así, desarrolló en Argentina con la Universidad de Mar del Plata un programa doctoral que aparentemente concluyó en el 2009; uno con la Universidad Portucalense Infante D. Henrique Oporto, Portugal; y otro con la Universidad de La Habana, que centra la participación de aspirantes de toda Cuba, cuenta con dos grupos de cubanos, y un tercer grupo iberoamericano con la participación de alumnos de Cuba, Colombia, Argentina, Ecuador, Venezuela y México. Este tipo de acciones impacta la formación de investigadores y educación en los respectivos países, creando enlaces y fortaleciendo la colaboración científica de carácter inter-universitario. Entre las tesis doctorales leídas y aprobadas se destaca la presencia de la investigación sobre el análisis de dominios científicos y de estudios métricos sobre producción científica, con el uso aplicado de la visualización de la información. Algunos de sus autores forman parte del grupo SCImago.

- Universitat de Valencia, ofrece sendos programas relacionados con la especialidad denominados Historia de la Ciencia y Comunicación Científica, y Tecnologías de la Información, Comunicación y Matemática Computacional (Universitat de Valencia, 2010)
- Universidad Complutense de Madrid, brinda una maestría en gestión de la Documentación y bibliotecas, y mantiene un programa doctoral. Sus líneas de investigación son Documentación y Bibliotecas, Patrimonio bibliográfico y libro antiguo, y Archivística<sup>55</sup>. En su programa no se encontró la presencia de la visualización de la información.
- La Universidad de Extremadura, ofrece el Programa de Doctorado: Ciencias de la Información y la Comunicación, donde incluye un curso de Visualización de la información científica, y otros sobre estudios métricos de la producción científica, redes neuronales y mapas auto-organizativos de Kohonen<sup>56</sup>. (Universidad de Extremadura, 2010)

En el caso de España, es determinante además la presencia del grupo multidisciplinar SCImago<sup>57</sup>, dedicado a la investigación sobre análisis de información, representación y

---

<sup>54</sup> Se puede consultar en: <http://www.ugr.es/~mic/a9.htm>

<sup>55</sup> Se puede consultar en: <http://www.ucm.es/centros/cont/descargas/documento13130.pdf>

<sup>56</sup> Se puede consultar en:

[http://www.unex.es/unex/gobierno/direccion/viceplan/archivos/ficheros/programa/Programas\\_1393/P038-Doctorado%20Ciencias%20de%20la%20Informacion%20y%20Comunicacion.pdf](http://www.unex.es/unex/gobierno/direccion/viceplan/archivos/ficheros/programa/Programas_1393/P038-Doctorado%20Ciencias%20de%20la%20Informacion%20y%20Comunicacion.pdf)

<sup>57</sup> Se puede consultar en: <http://www.scimago.es/>

recuperación, mediante técnicas de visualización. Lo encabeza el Dr. Félix de Moya-Anegón, y sus miembros provienen principalmente de las universidades españolas de Granada, Jaén, Carlos III de Madrid, Extremadura, Alcalá de Henares, y de otras instituciones como el Centro de Ciencias Humanas y Sociales del Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y la Universidad de Porto (Portugal). Pertenecen mayoritariamente a departamentos de Bibliotecología y Ciencia de la Información, y Ciencia de la Computación.

Otro ejemplo interesante del uso de la presencia de la Visualización de la información en universidades, lo constituye la participación de las ponencias de Lascurain, Iribarren y Sanz (2008) y de Perianes, Ovalle y Olmeda (2008), de la Universidad Carlos III de Madrid, en el III Encuentro Ibérico de Docentes e Investigadores en Información y Documentación celebrado en la Universidad de Salamanca, que aplican para ilustrar sus respectivos análisis, técnicas de Visualización de la Información.

#### 6.2.1.8. México

El ranking mundial de las mejores universidades sitúa a México en una posición destacada no solo dentro de los países de América Latina sino a nivel mundial. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ocupa el primer lugar dentro de las Universidades de América Latina, y el Tecnológico de Monterrey ocupa el octavo lugar. A nivel mundial, la UNAM ocupa el lugar 70 y el Tecnológico el 460. México no se destaca por un amplio desarrollo de los estudios relativos a la Ciencia de la Información. Más bien prevalecen los enfoques tradicionales relativos a la Bibliotecología y la Archivística, y los estudios de estas especialidades no son frecuentes en muchas de sus Universidades.

Teniendo en cuenta el criterio seguido en este análisis, se analizaron las 6 universidades más destacadas en el ranking por país, que son:

Nombre	Referencia
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	<a href="http://www.unam.mx/">www.unam.mx/</a>
Tecnológico de Monterrey	<a href="http://www.itesm.edu/">www.itesm.edu/</a>
Universidad de Guadalajara	<a href="http://www.udg.mx/">www.udg.mx/</a>
Universidad Autónoma Metropolitana	<a href="http://www.uam.mx/">www.uam.mx/</a>
Instituto Politécnico Nacional	<a href="http://www.ipn.mx/">www.ipn.mx/</a>
Universidad Autónoma de Nuevo León	<a href="http://www.uanl.mx/">www.uanl.mx/</a>

Tabla 40. Muestra de universidades mexicanas

Se intentó obtener toda la información necesaria acerca de los estudios de bibliotecología y ciencia de la información a nivel de pre y postgrado así como las líneas de investigación reconocidas por el Centro Universitario de Investigación en Bibliotecología (CUIB) de la UNAM, prestigioso Centro de Investigación con larga tradición en la región, muy orientado hacia las investigaciones bibliotecológicas.

De las seis universidades consultadas, tres ofrecen estudios a nivel de licenciatura en esta especialidad. Estas son: UNAM, Universidad de Guadalajara (no presencial), y Universidad Autónoma de Nuevo León. La UNAM ofrece su licenciatura denominada Bibliotecología y Estudios de la Información en su Facultad de Filosofía y Letras. Las materias que se imparten siguen los principios tradicionales de los estudios de bibliotecología en América Latina. La Universidad de Guadalajara ofrece estos estudios en una modalidad no presencial y aunque lo denomina Licenciatura en Bibliotecología, se aprecia en su plan de estudios una orientación más moderna de los contenidos con la presencia de estudios métricos, estadísticas, tecnología, gestión, sin dejar de predominar las materias tradicionales de la bibliotecología. La Universidad de Nuevo León cuenta con un programa acreditado y se reconoce como el segundo programa acreditado en el país. Su denominación es Licenciatura en Bibliotecología y Ciencias de la Información y se dicta dentro del Colegio de Bibliotecología de la Facultad de Filosofía y Letras; respeta las materias tradicionales de la bibliotecología sin que se aprecie mucho énfasis en la Ciencia de la Información.

La UNAM ofrece una maestría y un doctorado en Bibliotecología y Estudios de la Información organizados e impartidos por la Facultad de Filosofía y Letras y el Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. Sus campos del conocimiento principales son: Información, conocimiento y sociedad, Organización de la información documental, Tecnologías de la información, Sistemas y servicios bibliotecarios y de información, Usuarios de la Información.

El Tecnológico de Monterrey, si bien no brinda estudios de esta especialidad a nivel de pregrado, cuenta con una maestría en Ciencias de la Información con contenidos relativos a la tecnología de información (aunque no se menciona la visualización de la información) y un Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones. En su programa se incluyen las redes neuronales y contenidos relativos a una “visión computacional” cuyo contenido no ha podido precisarse.

La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) cuenta con una maestría en Ciencias y Tecnologías de la Información aunque su orientación es totalmente hacia la tecnología y sus programas y no hacia el manejo de contenidos.

La Universidad Autónoma Metropolitana forma a nivel de pregrado Ingenieros en computación y los contenidos que imparte incluyen Visualización y Graficación (dentro de un modulo dedicado a los sistemas científicos), y dentro del módulo de sistemas multimedia incluye Visualización y Dispositivos Sensoriales, Diseño de Interfaces Avanzadas, Graficación por Computadora y Procesamiento de Imágenes. También forma a un Licenciado en Tecnologías y Sistemas de Información.

La Universidad Iberoamericana de Ciudad México cuenta dentro de sus licenciaturas, una relativa al diseño interactivo cuyos contenidos se acercan más a la visualización que los contenidos que se imparten en la licenciatura de bibliotecología de cualquier universidad mexicana.

El Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, tiene sus investigaciones proyectadas como individuales o colectivas. Dentro de las colectivas se destacan las líneas relativas a la Historia de la Bibliotecología y la Metría de la Información. Las individuales están organizadas en 5 áreas: Fundamentación de las Ciencias Bibliotecológica y de la Información, Información y Sociedad, Sistemas de Información, Análisis y Sistematización de la Información Documental, y Tecnología de la Información.

Dentro de las universidades analizadas no se aprecian otros esfuerzos investigativos en esta especialidad.

#### **6.2.1.9. Portugal**

En el ranking por país de las mejores universidades a nivel mundial aparecen 71 universidades portuguesas, 8 de ellas dentro de las primeras mil a nivel mundial. A los efectos de este estudio se tomaron en cuenta las universidades que ocupan los espacios 1 al 6 dentro del país, siendo ellas:

Nombre	Referencia
Universidade de Porto	<a href="http://www.up.pt/">www.up.pt/</a>
Universidade Técnica de Lisboa	<a href="http://www.utl.pt/">www.utl.pt/</a>
Universidade de Coimbra	<a href="http://www.uc.pt/">www.uc.pt/</a>
Universidade do Minho	<a href="http://www.uminho.pt/">www.uminho.pt/</a>

Universidade de Lisboa	www.ul.pt/
Universidade Nova de Lisboa	www.unl.pt/

Tabla 41. Muestra de universidades portuguesas

Al revisar las páginas web de estas universidades, la indagación realizada nos muestra lo siguiente:

- La Universidad de Porto cuenta con una Licenciatura en Ciencia de la Información a partir del curso 2008/09 con un currículo interesante, que abarca desde algunos contenidos clásicos como Sistemas de Archivos y Bibliotecas hasta algunos orientados bien hacia el sector público y administrativo (Derecho Administrativo, Historia de la Administración Pública) y el sector empresarial (Sistemas de apoyo a las decisiones).
- En la Universidad Técnica de Lisboa no se imparten contenidos relativos a esta especialidad, ni pudo encontrarse programa alguno cuyos contenidos se relacionaran con la misma.
- La Universidad de Coimbra cuenta con un Departamento de Filosofía, Comunicación e Información dentro de la Facultad de Letras. En este Departamento se imparte como especialidad la carrera de *Ciência da Informação Arquivística e Biblioteconómica* con una extensión de 3 años donde se incluyen contenidos básicos de estos campos de conocimiento. También se organizan estudios del 2º Ciclo (Maestría) en la modalidad de e-learning la especialidad de *Informação, Comunicação e Novos Media*, que pretende profundizar y consolidar la información adquirida en el primer ciclo, permitiendo a los estudiantes especializarse en la creación y difusión de contenidos digitales lo que les asegura obtener un conocimiento más profundo de los nuevos medios que faciliten enfrentar los problemas que se presentan en una sociedad del conocimiento. Pretende alcanzar una formación experimental avanzada para el trabajo investigativo en las áreas de la Ciencia de la Información y las Ciencias de la Comunicación.
- Las Universidades de Minho no brinda contenidos relativos a la especialidad, aunque sí se asocia a la Computación Gráfica un curso de Visualización de la Información<sup>58</sup>.
- La Universidad de Nova Lisboa cuenta con una oferta interesante y novedosa de contenidos relativos a estas especialidades. Según la página Web consultada, cuenta con un Instituto Superior de Estadística y Gestión de Información donde se imparten los

<sup>58</sup> Se puede consultar en: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8863>

siguientes cursos de postgrado: Análisis y Gestión de Información, Gestión de sistemas y tecnologías de información, Sistemas de Información geográficos, y Gestión del Conocimiento e Inteligencia de Negocio. Asimismo dentro de su Facultad de Ciencias Sociales y Humanas se dicta un curso denominado “Tecnologias Aplicadas à Gestão da Informação Biblioteconómica”<sup>59</sup>. En este curso se incluyen explícitamente contenidos relativos a la Visualización de información.

#### 6.2.1.10. Puerto Rico

Puerto Rico aparece en el ranking mundial con 27 Universidades. Por tal motivo a los efectos de este análisis se tomó como muestra las 4 primeras que aparecen en el ranking por país, que son:

Nombre	Referencia
Universidad de Puerto Rico Mayagüez	<a href="http://www.uprm.edu/">http://www.uprm.edu/</a>
Universidad de Puerto Rico	<a href="http://www.upr.edu/">http://www.upr.edu/</a>
Universidad Interamericana de Puerto Rico	<a href="http://www.inter.edu/">http://www.inter.edu/</a>
Universidad de Puerto Rico Río Piedras	<a href="http://www.uprrp.edu/">http://www.uprrp.edu/</a>

Tabla 42. Muestra de universidades de Puerto Rico

La información en la web no deja claro si todo lo que aparece bajo Universidad de Puerto Rico es una sola Universidad, pues remite a 11 recintos diferentes dos de los cuales son Mayagüez y Río Piedras. Si así fuera, entonces el análisis se remite a dos universidades una de las cuales tiene visibilidad independiente atendiendo a sus recintos.

De las Universidades revisadas se obtuvo una visión de las especialidades que en ellas se dictan. La revisión de los catálogos de estudios a nivel de pregrado y postgrado de la Universidad de Puerto Rico Mayagüez no aportó información acerca de la existencia de estudios de Ciencias de la Información en la misma. La Universidad Interamericana de Puerto Rico, también cuenta con varios recintos y un recorrido por la misma, tampoco aportó elementos significativos sobre la existencia de programas de estudio a diferentes niveles.

Sin embargo, la Universidad de Puerto Rico Río Piedras cuenta con una Escuela Graduada de Ciencias y Tecnologías de la Información donde se imparten maestrías en Ciencias de la Información, Administrador de Bibliotecas Académicas, Especiales y Públicas, Consultor en Servicios de Información y Especialista en Información Jurídica. A nivel de doctorado sólo se

<sup>59</sup> Se puede consultar en: <http://www.fcsh.unl.pt/cursos/guia/c-4202/uc-722051172.1>

localizó en la Universidad de Puerto Rico, recinto de Mayagüez un programa denominado Ciencias e Ingeniería de la Información y la Computación.

Todo parece indicar que Puerto Rico sigue la misma línea vigente en Estados Unidos donde la formación de profesionales de la información se concentra en el postgrado.

#### 6.2.1.11. Venezuela

Venezuela aparece representada dentro del ranking mundial de Universidades por 35 Universidades. Por tal motivo se tomó como muestra a las 4 primeras de ese ranking y se le adicionó una universidad donde se imparten los estudios de la especialidad y que ocupa la posición número seis. La muestra está conformada por:

Nombre	Referencia
Universidad de los Andes Mérida	<a href="http://www.ula.ve/">http://www.ula.ve/</a>
Universidad Simón Bolívar Venezuela	<a href="http://www.usb.ve/">http://www.usb.ve/</a>
Universidad Central de Venezuela (UCV)	<a href="http://web.ucv.ve/">http://web.ucv.ve/</a>
Universidad de Carabobo	<a href="http://www.uc.edu.ve/">http://www.uc.edu.ve/</a>
Universidad del Zulia (6)	<a href="http://www.luz.edu.ve/">http://www.luz.edu.ve/</a>

Tabla 43. Muestra de universidades venezolanas

Un recorrido por estas páginas Web, revisando las ofertas de carreras de pregrado y postgrado, mostró que los estudios de Bibliotecología actualmente se concentran en la Universidad Central de Venezuela<sup>60</sup> y en la Universidad del Zulia. No se registran estos estudios ni en la Universidad de Los Andes, ni en la de Simón Bolívar, ni en la de Carabobo hasta el presente.

En la Universidad del Zulia se otorga el título de Licenciado en Bibliotecología y Archivología, caso particular en esta universidad pues hasta donde se conoce, la UCV solo otorga el título de Licenciado en Bibliotecología. El programa de los estudios de esta especialidad refleja los contenidos clásicos que aparecen en otras escuelas de América Latina. No pudieron identificarse estudios de postgrado en esta especialidad.

---

<sup>60</sup> Los estudios que se dictan en la Universidad Central de Venezuela aparentemente se ofrecen por la Facultad de Humanidades, pero el link hacia su página Web no estaba activo.

### **6.2.2. Análisis de resultados**

En la región de Iberoamérica, existen grandes diferencias en cuanto a la presencia, denominación y desarrollo en las carreras relacionadas con la Ciencia de la Información.

En general en Latinoamérica prima un enfoque tradicional de la Bibliotecología, y no se ha alcanzado la madurez académica necesaria que posibilite la introducción de cursos sobre Visualización de la Información en las carreras que sobre la especialidad se ofrecen. No hay incluso una presencia generalizada de un nivel posgraduado de la especialidad en las universidades de la muestra. No obstante, se conoce y se investiga sobre la temática, aunque todavía de forma incipiente.

Se destacan los programas de España y Portugal, con propuestas de cursos de Visualización de la información y resultados notables en tesis doctorales y proyectos de investigación, orientados fundamentalmente a los estudios de la producción científica y la visualización de dominios de conocimiento.

Sería recomendable introducir una iniciativa que potencie la introducción de la temática en EDIBCIC (Asociación de Educación e Investigación en Ciencia de la Información de Iberoamérica y el Caribe), que congrega instituciones y personas del área de educación e investigación dedicadas a la formación universitaria de profesionales en los campos científicos en Ciencia de la Información, para influir en este sentido en la actuación de los docentes-investigadores universitarios de la región.

### **6.3. Recomendaciones para el estudio de la Visualización de la Información en la especialidad de Ciencias de la Información en La Universidad de la Habana.**

Un profesional de la información debe ser capaz de acompañar los avances tecnológicos en distintos medios, aprendiendo sus potencialidades y agregando valor, incorporando conocimientos específicos permanentemente de la Ciencia de la Información y de otros campos del conocimiento. Por tanto, un programa de estudio disciplinar inherente a la Ciencia de la Información, debe responder a los distintos retos que impone la contemporaneidad con una lógica integradora, pues un perfil con miras demasiado estrechas del profesional graduado corre el riesgo de quedar obsoleto en breve tiempo, dada la celeridad de los cambios que se producen en la ciencia y tecnología. Resulta entonces

aconsejable fortalecer la formación básica del profesional de la información con un perfil amplio, que le permita orientarse y buscar soluciones innovadoras a los problemas relacionados, entre otros, con el manejo de información, y la obtención y procesamiento de datos.

En tal sentido, la especialidad de Ciencias de la Información en la Universidad de La Habana ha considerado por vez primera dentro de su nuevo plan de estudio, denominado Plan "D" (Plan de estudios D, 2008), el abordaje de la Visualización de la Información como contenido asociado a distintas asignaturas, a partir de un reconocimiento de su aplicabilidad en múltiples dominios, y de una necesidad de potenciar su investigación. Por esta razón se consideró oportuno emitir una serie de recomendaciones que permitan conformar una estrategia que garantice los objetivos docentes de forma coherente, enriqueciendo la implementación de un currículo base que permita adquirir los conocimientos esenciales del espacio informacional.

El nuevo plan persigue entre sus objetivos, que el graduado sea capaz de:

- Dominar y distinguir las características de la información, considerando sus particularidades desde los distintos espacios informacionales, así como la incidencia del contexto histórico-social en la existencia de los objetos informacionales y sus instituciones; al igual que las diversas condicionantes teóricas que sustentan la dinámica informacional.
- Desarrollar y fortalecer una capacidad creadora para la resolución de problemas informacionales, actuando de manera activa, comprometida e integrada en equipos de trabajo en ambientes complejos, cambiantes y diversos con enfoques inter y transdisciplinarios;
- Dominar las herramientas tecnológicas apropiadas (en especial las formas de funcionamiento y uso del WWW) para adquirir, organizar, recuperar, almacenar y difundir la información
- Aprender las características y variables asociadas a la creación, captación, procesamiento, visualización, almacenamiento, conservación y preservación de la información; a través del estudio y la utilización de las tendencias y documentos normativos que permitan su análisis.

Entre los campos de acción fundamentales el nuevo programa de estudios incluye: Organización y Representación de la Información y el Conocimiento; Búsqueda y Recuperación de la Información, Gestión Documental, de la Información y del Conocimiento; Alfabetización Informacional; y Diseño y Evaluación de Sistemas de Información, Servicios

Documentales e Informativos. En todos éstos la Visualización de la Información puede encontrar un espacio de estudio y aplicación, con repercusión hacia otras universidades del país, por ser la Universidad de La Habana rectora de los contenidos.

La representación de la información y el conocimiento representa un área clave que incluye el estudio de diferentes sistemas de representación: estadísticos, terminológicos, conceptuales, espaciales, dinámicos y híbridos; así como el estudio de formatos específicos de mercado y comunicación que requieren de una arquitectura en vistas de lograr la visualización de la organización de la información y el conocimiento, que puedan brindar servicios ergonómicos de alta calidad. (Plan de estudios D, 2008) La Recuperación de la Información pretende buscar soluciones eficientes en el uso de las tecnologías para el manejo de grandes volúmenes de información. El desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) con sus métodos y herramientas fundamentales, presentan dos dimensiones esenciales:

1. Relacionada con la concepción de la *Information Retrieval* como un área interdisciplinar donde convergen esfuerzos de la Ciencia de la Computación (algoritmos y estructuras de datos) y la Ciencia de la Información (modelos de documentos y solicitudes, criterios de pertinencia y relevancia, jerarquías y clasificaciones de documentos).
2. Búsqueda de información para satisfacer necesidades informativas (interacción del usuario con el sistema, la información y las personas).

De los análisis presentados en esta investigación se derivan las siguientes recomendaciones, que podrán ser valoradas por las instancias correspondientes:

1. La estrategia de introducción de los temas relacionados con la Visualización de la Información puede orientarse hacia tres intereses aplicados fundamentales: análisis de información, representación y recuperación de la información, y gestión de la información y el conocimiento. En particular, resulta importante hacer la distinción entre las áreas de la Visualización con ejemplos concretos: visualización de datos, visualización científica, visualización del conocimiento, y visualización de la información.
2. Deben contemplarse aspectos que permitan que la Visualización de la información pueda ser impartida con una base necesaria. Por tanto, desde el programa curricular pregrado se necesita revisar los contenidos asociados con la metodología de la investigación, bases de datos, estadística, bibliotecas digitales, representación, búsqueda y recuperación de la información, evaluación de sistemas de información, usabilidad, minería de datos, minería

de textos, minería web, estudios métricos y evaluación de la producción científica, fundamentalmente; para crear y fortalecer competencias que permitan una mejor asimilación de la temática estableciendo asociaciones con la misma.

3. En postgrado debe priorizarse el enfoque alrededor de la visualización de dominios de conocimiento, orientado al estudio de la ciencia y la naturaleza de las actividades científicas. Otras propuestas podrían conformarse alrededor de temas como el Análisis de Redes Sociales, la Visualización del Conocimiento, o la Alfabetización Visual. Asimismo podrían diseñarse cursos multidisciplinarios para dominios aplicados, como la Archivística, la Museología, el Periodismo, la Comunicación social, la Medicina, los Sistemas de Información Geográficos, Historia, entre otros, para fomentar el debate y la innovación en múltiples campos de actuación.
4. Se debe además estimular la realización de proyectos multidisciplinarios donde participen estudiantes y docentes de distintas facultades y departamentos, con la presencia fundamental del área de Computación.
5. En general la investigación y los ejercicios integradores deben respaldar esta estrategia, unido a la preparación constante de los docentes.

Como tópicos esenciales a considerar en el estudio introductorio de la Visualización de la Información, se proponen los siguientes:

- Bases teórico-conceptuales de la visualización: Qué es la Visualización y cuáles son sus objetivos, antecedentes históricos, ramas principales, ejemplos y aplicaciones representativas. Principales influencias interdisciplinarias.
- Teoría de grafos, percepción y cognición. Leyes de la Gestalt.
- Problemas de la representación visual y principios del diseño.
- Definiciones y modelos de referencia de la visualización de la Información
- Dimensionalidad de la información (datos multidimensionales y multivariados) y taxonomías
- Representación, técnicas gráficas e interacción. (metáforas visuales, algoritmos de clasificación y distribución visual, transformación visual)
- Métodos de evaluación y estudio de usuarios
- El análisis de dominio y la visualización de dominios de conocimiento.

- Enfoques bibliométricos
- Recuperación de la Información y Bibliotecas digitales
- Análisis de tendencias
- La influencia del análisis de redes sociales
- Aplicaciones para la Web, Museos, y archivos
- Geovisualización y analítica visual
- Otros ámbitos de aplicación. Casos de estudio de otros campos.
- Principales problemas y tendencias

Entre los objetivos a lograr se pueden proponer los siguientes:

- Comprender las diferencias y complementariedad entre los subcampos de la visualización
- Analizar la importancia de la percepción en el proceso de visualización
- Comprender el alcance y tener una visión general del estado del arte de la Visualización de Información
- Reconocer el potencial del análisis de información mediante técnicas de Visualización de Información.
- Presentar las principales técnicas de solución de problemas genéricos de Visualización de Información.
- Asimilar su importancia como método científico
- Fomentar la capacidad de abstracción y una visión crítica.
- Ser capaz de visualizar la producción científica de un dominio de conocimiento determinado y desarrollar análisis correspondientes.
- Obtener la capacidad de aplicar y relacionar, de forma autónoma y con creatividad, los contenidos de Visualización de la Información de forma interdisciplinar
- Manejar con fluidez diferentes entornos de desarrollo para visualización.
- Debatir acerca de su investigación en el ámbito de la Ciencia de la Información

## Conclusiones Parciales

- Muchos de los autores relevantes en el campo de la Visualización de la Información provienen del ámbito académico universitario, aunque con distintos enfoques condicionados por las disciplinas de las que provienen.
- En el caso de la formación en Ciencia de la información en el ámbito universitario existe una presencia de cursos sobre la temática, aunque con mayor frecuencia en el mundo anglosajón.
- En nuestra disciplina aún se considera un tema novedoso. Los cursos se insertan en la formación posgraduada y tienen un carácter introductorio o general.
- En la región de Iberoamérica, existen grandes diferencias en cuanto a la presencia, denominación y desarrollo en las carreras relacionadas con la Ciencia de la Información.
- En general en Latinoamérica prima un enfoque tradicional de la Bibliotecología, y no se ha alcanzado la madurez académica necesaria que posibilite la introducción de cursos sobre Visualización de la Información en la especialidad.
- En la península Ibérica se destacan en los programas curriculares de España y Portugal, propuestas de cursos de Visualización de la información y resultados notables en tesis doctorales y otros proyectos de investigación. Esto está en relación con la aparición de un nutrido grupo de autores españoles que habíamos presentado en el capítulo anterior.
- La estrategia de introducción de los temas relacionados con la Visualización de la Información en la especialidad puede orientarse hacia tres intereses aplicados fundamentales: análisis de información, representación y recuperación de la información, y gestión de la información y el conocimiento.
- Se recomienda una introducción en postgrado garantizando una base necesaria de conocimientos y capacidades desde pregrado.
- De acuerdo al avance de la temática en la ciencia de la Información, debe priorizarse el enfoque alrededor de la visualización de dominios de conocimiento, orientado al estudio de la ciencia y la naturaleza de las actividades científicas

## CONCLUSIONES GENERALES

Esta investigación analizó el estado del arte de la Visualización de la Información y a partir de una caracterización del ámbito de la Ciencia de la Información, se enfocó en identificar la relación existente entre ambos campos. Aunque al finalizar cada capítulo se fueron brindando conclusiones parciales, como conclusiones generales, podemos enfatizar en las siguientes:

El interés por el análisis de carácter científico, económico y social, ha sido un propósito que acompañó la investigación anterior al surgimiento de la disciplina de la Visualización, en estrecha relación con los avances escalonados del conocimiento científico y los desarrollos tecnológicos, con distintas influencias socio-culturales pertenecientes a cada momento histórico particular.

La Visualización de la Información tiene un basamento interdisciplinar, y se enriquece por investigaciones y enfoques aportados por otras disciplinas (como la Estadística, la HCI y la Psicología Cognitiva, entre otras). Se solapa en su alcance con otras áreas de estudio de la Visualización (Visualización de Datos, Visualización del Conocimiento, Visualización Científica) por la posibilidad de la representación gráfica y de descubrir patrones con ayuda de la interacción y la exploración visual, reflejando cierta confusión sobre la relación dato-información-conocimiento. Constituye un interés permanente de este campo investigar y explorar técnicas, algoritmos y tipos de análisis en la generación de interfaces visuales para la recuperación de información, y su ámbito de aplicación se ha extendido a múltiples campos.

Por otra parte, las investigaciones sobre la naturaleza y organización intelectual de la Ciencia de la Información reflejan su dinámica ante los cambios paradigmáticos, aunque con cierta estabilidad en el núcleo de la estructura del dominio, con un predominio de dos subcampos, relacionados con la recuperación de la información y al análisis de información, y un fuerte vínculo con la tecnología, en especial de la Web. Su naturaleza interdisciplinar es permanentemente analizada desde múltiples enfoques, destacándose los provenientes de las teorías filosóficas y sociológicas, y la aplicación de técnicas bibliométricas a la literatura científica, para extraer y explicar patrones asociados a la comunicación científica y a las estructuras intelectuales inherentes a una dinámica disciplinar, considerando orientaciones teóricas de los investigadores y los paradigmas dominantes en el campo.

Entre éstos se destaca el enfoque cognitivo en la disciplina, que se establece y desarrolla entre los años 80 y los 90, enfocado casi exclusivamente en el usuario individual de la

información en términos de sus modelos mentales, estrategias y estructuras cognitivas, así como en las interfaces e interacción entre el usuario y el sistema. Se concentra en los aspectos cualitativos de la interacción en la recuperación de la información, con énfasis en la investigación interdisciplinar y en una integración teórica, posibilitando un naciente interés por la tecnología de la Visualización, sobre la base de los pioneros estudios sobre redes de citación anteriores a los años 80.

La introducción del análisis de dominio en la Ciencia de la Información en los años '90, impulsa los estudios sobre las estructuras de información en diferentes dominios, así como en la sociología del conocimiento y la teoría del conocimiento, y emergentes investigaciones sobre la visualización de dominios de conocimiento. En particular, las investigaciones sobre la estructura de la ciencia con un interés sociológico e histórico, el análisis exploratorio, el mapeo de la ciencia, y los métodos para el análisis cuantitativo de la producción científica (especialmente ACA), facilitaron la entrada de la Visualización de la Información en la Ciencia de la información, en la segunda mitad de los años '90, con la ayuda de los avances teóricos, teóricos, metodológicos y tecnológicos en la recuperación de la información, la HCI y la Psicología cognitiva.

La investigación posterior sobre Visualización y Visualización de la Información en la Ciencia de la información, ha mantenido una tendencia creciente, y se enfoca fundamentalmente en la visualización de dominios de conocimiento, y las interfaces visuales para la recuperación de la información. Su influencia intelectual fundamental proviene del campo de la Computación, con especial énfasis en los aportes de la HCI y la recuperación de la información en los sistemas de información de aplicación interdisciplinar. Se beneficia además de investigaciones provenientes de la Geografía, el Management, la Bioinformática, y la Medicina entre otros.

La principal vía de importación proviene de grupos de investigación multidisciplinarios asociados a universidades, compuestos predominantemente por investigadores formados en el campo de la Computación que han pasado al ámbito universitario y académico de la Ciencia de la información; siendo la HCI, la Recuperación de la información y la Bibliometría las áreas más influyentes.

Los autores más citados en la producción científica asociada, tienen reconocimiento internacional por sus aportes teóricos en áreas relacionadas con la Ciencia de la información. Se destacan Chaomei Chen, Henry Small, Loet Leydesdorff, Howard D. White, Katherine McCain, Eugene Garfield, Katy Börner y Félix Moya Anegón, aunque la cantidad de autores en esta campo es considerable. Dentro de este grupo es importante destacar la presencia de

varios autores españoles nucleados en torno al grupo SCImago y cuyo referente es el propio Moya Anegón. La producción de este grupo ha venido recibiendo un volumen de citas que corroboran su visibilidad internacional.

En el caso de la formación en Ciencia de la información en el ámbito universitario, se considera aún novedoso el tema. Los cursos se insertan en la formación posgraduada y tienen un carácter introductorio o general, centrado en los fundamentos de la visualización de la información. Aunque se aprecia una preocupación acerca del desarrollo futuro de la temática en la investigación, no se distingue una intención por ubicar la problemática en el contexto de la Ciencia de la Información, y en tal sentido no se encuentra explícitamente que en la formación se trate la visualización de dominios de conocimiento, la influencia bibliométrica o las aplicaciones para bibliotecas digitales. Se distingue una interpretación más cercana a la recuperación de la información y al diseño de interfaces, siendo la Web y la Geovisualización las áreas aplicadas más tratadas.

Las contribuciones fundamentales a la investigación provienen pues de las investigaciones de las comunidades científicas a partir de proyectos específicos de colaboración y Laboratorios de investigación asociados a las instituciones, siendo un área emergente de continua innovación.

En general en Latinoamérica existe una diversidad de enfoques y denominaciones sobre la especialidad, y prima un enfoque tradicional de la Bibliotecología. Se considera que, con excepciones, no se ha alcanzado la madurez académica necesaria que posibilite la introducción de cursos sobre Visualización de la Información, pero puede impulsarse su introducción a partir de las redes de colaboración científica ya establecidas. En la península Ibérica se destacan en los programas curriculares de España y Portugal, propuestas de cursos de Visualización de la información y resultados notables en tesis doctorales, proyectos de investigación, y el fortalecimiento y ampliación de redes de colaboración científica.

La estrategia de diseño de cursos para introducir la formación sobre Visualización de la Información en la especialidad en Cuba puede orientarse hacia tres intereses aplicados fundamentales: análisis de información, representación y recuperación de la información, y gestión de la información y el conocimiento.

De acuerdo al avance de la temática en la Ciencia de la Información, debe priorizarse en la formación el enfoque en la visualización de dominios de conocimiento, orientado al estudio de la ciencia y la naturaleza de las actividades científicas, con énfasis en la investigación multidisciplinar.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

La investigación desarrollada en la presente tesis será continuada con las siguientes líneas de investigación futuras:

- Profundizar aún más en el análisis histórico y epistemológico de la Visualización de la Información en paralelo con el de la Ciencia de la Información para contribuir a una profundización detallada acerca de posibles influencias.
- Ampliar la investigación bibliométrica con la incorporación de datos provenientes de Scopus y Lisa fundamentalmente, para comparar resultados considerando una comparación entre períodos de tiempo.
- Ampliar la investigación sobre a formación en este campo a otras regiones con la finalidad de identificar tendencias, trazar estrategias y elaborar un diseño curricular detallado.

## REFERENCIAS

- Abbott, R. (2004). Subjectivity as a concern for information science: a popperian perspective. *Journal of Information Science*, 30, 95-106.
- ABECIN. (2010). Associação Brasileira de Educação em Ciência da Informação. Portal. Escuelas. Recuperado el 20 de julio del 2010 en:  
<http://www.abecin.org.br/portal/abecin/escolas.xls?sl=ens>
- Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. *J. Applied Systems Analysis*, 16, 3–9.
- ACM SIGCHI (1996). Curricula for human-computer interaction. Consultado el 5 de mayo de 2007 en: <http://www.sigchi.org/>.
- Alfonso-Medina, J. (2009). Recomendaciones para la introducción de la enseñanza de la Visualización de la Información en la especialidad de Bibliotecología y Ciencia de la Información en Cuba. Trabajo de diploma no publicado. Licenciatura en Bibliotecología y Ciencia de la Información. Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana.
- Ahlgren, P., Jarneving, B. & Rousseau, R. (2003). Requirement for a cocitation similarity measure, with special reference to Pearson's correlation coefficient. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(6), 550-560.
- Amar, R. & Stasko, J. (2004). A knowledge task-based framework for design and evaluation of information visualizations. *Proceedings of IEEE InfoVis*, pp.143–149.
- Amar, R., Eagan, J. & Stasko, J. T. (2005). *Low-level components of analytic activity in information visualization. IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '05)*, pp.111-117.
- ANCIB. (2010) Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Ciência da Informação Portal. Recuperado el 20 de julio del 2010 de <http://www.ancib.org.br/>
- Anderson, E. (1957, August 26). A semi graphical method for the analysis of complex problems. *Communicated*. Recuperado el 6 de agosto de 2008 de:  
<http://www.pnas.org/content/43/10/923>.
- Araya, A. (2003). Hidden side of visualization. *Techné*, 7(2), Winter, 27-93. Recuperado el 6 de agosto de 2008 de: <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v7n2/pdf/araya.pdf>.
- Ardito, C., Buono, P., Costabile, M. F. & Lanzilotti, R. (2006). Systematic inspection of information visualization systems. *Proceedings of the 2006 AVI Workshop, Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for information visualization (BELIV '06)*, pp.1-4, New York: ACM Press.

- Artandi, S. (1969). The relevance of information science to library-school curricula. *American Documentation*, 20(4), 337-338.
- Åström, F. (2007). Changes in the LIS research front: time-sliced co-citation analyses of LIS journal articles, 1990-2004. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(7), 947-957.
- Baldonado, M. Q. W., Woodruff, A. & Kuchinsky, A. (2000). Guidelines for using multiple views in information visualization. *Proceedings of AVI '00*, pp.110–119, New York: ACM Press.
- Barnes, S. (1997). Douglas Carl Engelbart: Developing the underlying concepts for contemporary computing. *IEEE Annals of the History of Computing*, 19(3), 63-69.
- Bartram, L. (1997). Perceptual and interpretative properties of motion for information visualization. *Proceedings of the 1997 Workshop on New Paradigms in Information Visualization and Manipulation (NPIV '97)*, pp.3-7.
- Bastien, J. M. C. & Scapin, D. L. (1993). *Ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces*. Rocquencourt, Francia : Institut National de Recherché en Informatique et en Automatique (INRIA). (Technical Report No. 156).
- Bates, M. (1999). The invisible substrate of information science. *Journal of the American Society for Information Science*. 50(12), 1043–1050.
- Bawden, D. (2007). Organised complexity, meaning and understanding. An approach to a unified view of information for information science. *Aslib Proceedings*, 59(4/5), 307-327.
- Belkin, N. (1978a). Information concepts for information science. *Journal of Documentation*, 34, 55-85.
- Belkin, N. (1978b). Information science and the phenomena of information. *Journal of American Society for Information Science*, 27, 197-204.
- Belkin, N. (1984). Cognitive models and information transfer. *Social Science Information Studies*, 4, 111- 129.
- Belkin, N. (1990). The cognitive viewpoint in information science. *Journal of Information Science*, 16, 11-15.
- Belkin, N. & Oddy, R. N. (1979). Design study for an anomalous state of knowledge based information retrieval system. *British Library R & D Report No. 5547*. Birmingham: University of Aston in Birmingham, Computer Centre.
- Belkin, N., Oddy, R. N, & Brooks, H. M. (1982). ASK for information retrieval: part I. background and theory. *Journal of Documentation*, 38(2). Recuperado el 9 de diciembre del 2009 de: <http://comminfo.rutgers.edu/~belkin/articles/>.

- Belkin, N. & Robertson, S. E. (1976). Information science and the phenomenon of information. *Journal of the American Society for Information Science*, 27(4), 197-204.
- Beniger, J. R. & Robyn, D. L. (1978). Quantitative graphics in statistics: a brief history. *The American Statistician*, 32(1), 1.
- Bertalanffy, K. L. (1951). General system theory – a new approach to unity of science (Symposium). *Human Biology*, 23, 303-361.
- Bertin, J. (1967). *Sémiologie Graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes*. Paris: La Haye.
- Bertini, E., Plaisant, C. & Santucci, G. (2007). Beyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization (BELIV '06), *Interactions*, 14(3), 59-60.
- Bertoline, G. R. (1998). Visual science: an emerging discipline. *Journal for Geometry and Graphics*, 2(2), 181-187.
- Blackwell, A. & Engelhardt, Y. (1998). Taxonomy of diagram taxonomies. *Proceedings of Thinking with Diagrams 98: Is there a science of diagrams?* Recuperado el 5 de mayo de 2007 de: <http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/publications/TwD98.html>.
- Blake, M. L. (1985). Information as the possible. *Journal of Information Science*, 10, 99-109.
- Borém-Lima, G. A. (2003). Interfaces entre a ciência da informação e a ciência cognitiva. *Ciência da Informação*, 32(1), 77-87. Recuperado el 6 de agosto de 2008 de: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19652003000100008&script=sci_arttext).
- Borgatti, S.P., Everett, M.G., & Freeman, L.C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Borgman, C. L. & Rice, R. E. (1992). The convergence of information science and communication: a bibliometric analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 43(6), 397-411.
- Borko, H. (1967). *The analysis and design of information systems. technical information center administration (TICA 3)*, pp.121-132. Washington: Spartan Books. (Drexel Information Science Series, 4).
- Borko, H. (1968). Information science: what is it? *American Documentation*, 19(1), 3-5.
- Börner, K., Chen, C. & Boyack, K. W. (2003). Visualizing knowledge domains. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37, 179-255.
- Boyack, K. W., Wylie, B. N. & Davidson, G. S. (2002). Domain visualization using vxinsight for science and technology management. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 53(9), 764-774.

- Braam, R. R., Moed, H. F. & Van Raan, A. F. J. (1991). Mapping of science by combined co-citation and word analysis. I. Structural aspects. *Journal of the American Society for Information Science*, 42(4), 233-251.
- Brath, R. (1997a). 3D interactive information visualization: Guidelines from experience and analysis of applications. *Proceedings of the Seventh International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International '97)*, August 24-29, Vol. 2, San Francisco, California. Recuperado el 6 de julio de 2007 de: [www.oculusinfo.com/papers/HClintl1.pdf](http://www.oculusinfo.com/papers/HClintl1.pdf).
- Brath, R. (1997b). Metrics for effective information visualization. *Proceedings for IEEE Symposium on Information Visualization, 20-21*, pp.108-111, 126.
- Bresciani S. & Eppler M. (2008). The risks of visualization. A classification of disadvantages associated with graphic representations of information. ICA Working Paper #1/2008, University of Lugano (USI), Lugano, Switzerland. .Recuperado el 2 de agosto de 2007 en: <http://www.knowledge-communication.org/pdf/bresciani-eppler-risks-visualization-wpaper-08.pdf>
- Brier, S. (1992). Information and consciousness: A critique of the mechanistic concept of information. *Cybernetics & Human Knowing*, 1(2/3), 71-94.
- Brier, S. (1998). Cybersemiotics: a transdisciplinary framework for information studies, *BioSystems*, 46,185-191.
- Brodie, K. W., Duce, D. A., Gallop, J. R., Walton, J. P. R. B. & Wood, J. D. (2004). Distributed and collaborative visualization. *The Eurographics Association and Blackwell Publishing* 0(0), 1–29.
- Brookes, B. C. (1975). The fundamental equation of information science. *Problems of Information Science*, (F.I.D. 530), pp. 115-130, Moscú: VINITI.
- Brookes, B. C. (1980a). The foundations of information science. Part I. Philosophical aspects. *Journal of Information Science*, 2(3/4), 125-133.
- Brookes, B. C. (1980b). The foundations of information science. Part II. Quantitative aspects: classes of things and the challenge of human individuality. *Journal of Information Science*, 2(5), 209-221.
- Brookes, B.C. (1980c). The foundations of information science. Part III. Quantitative aspects: objective maps and subjective landscapes. *Journal of Information Science*, 2(6), 269-275.
- Brookes, B.C. (1981). The foundations of information science. Part IV. Information science: the changing paradigm. *Journal of Information Science*, 3(1), 3-12.

- Buckland, M. (1999). The landscape of information science: The American Society for Information Science at 62. *Journal of the American Society for Information Science*. 50(11), 970–974.
- Buckland, M. & Liu, Z. (1998). History of information science. Recuperado el 5 de mayo de 2007 de: <http://people.ischool.berkeley.edu/~buckland/histis98.pdf>
- Burkhard, R. (2004). Learning from architects: the difference between knowledge visualization and information visualization. *Proceedings of Eighth International Conference on Information Visualization (IV04)*, pp. 519-524.
- Bush, V. (1945a). As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176, 101-108. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>.
- Bush, V. (1945b). Science: The endless frontier. *Report to the President on a program for postwar scientific research*. Washington: Government Printing Office. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://www.nsf.gov/about/history/vbush1945.htm>.
- Butler, D. M., Almond, J. C., Bergeron, R. D., Brodlie, K. W. & Haber, R. B. (1993). Visualization reference models. En: D. Bergeron and G. Nielson, (Eds.). *Proceedings of the 4th Conference on Visualization '93* (IEEE Visualization), October 25-29. San Jose, California, pp. 337-342.
- Butenfield, B. & MacKanness, W. A. (1991). *Visualization. Geographic information systems: principles and practice*. pp. 427-223, London: Longman.
- Buttlar, J. (1999). Information sources in library and information science doctoral research. *Library & Information Science Research*, 21(2), 227-245.
- Capurro, R. (2003). *Epistemología e Ciência da informação*. V Encontro Nacional de pesquisa em ciência da informação. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 10-12 noviembre de 2003. Escola de Ciência da Informação da UFMG.
- Capurro, R. (2007). Epistemología y ciencia de la información. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 4(1), 11-29.
- Card, S. K., & MacKinlay, J. D. (1997). The structure of the information visualization design space. *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization 1997 (InfoVis'97)*, pp. 92-99, 125.
- Card, S. K., MacKinlay, J. & Shneiderman, B. (Eds.) (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Card, S. K., Newell, A. & Moran, T. P. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, N. J.: Erlbaum.

- Carpenter, M. & Narin, F. (1973). Clustering of Scientific Journals. *Journal of the American Society for Information Science*, 24(6), 425-436.
- Catarci, T. & Cruz, I. F. (1996). Information visualization. *SIGMOD*, 25(4), 14-15.
- Chalmers, M & Chitson, P. (1992). BEAD - Explorations in Information Visualization. *SIGIR 92: Proceedings of the Fifteenth Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 330-337
- Chang, R., Ziemkiewicz, C., Green, T. M. & Ribarsky, W. (2009). Defining insight for visual analytics. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(2), 14-17.
- Chen, C. (1999). Visualising semantic spaces and author cocitation networks in digital libraries. *Information Processing & Management*, 35, 401-420.
- Chen, C. (2002). Information visualization. *Information Visualization*, 1, 1-4.
- Chen, C. (2003). *Mapping Scientific Frontiers: The Quest for Knowledge Visualization*. London: Springer.
- Chen, C. (2005). Top 10 unsolved information visualization problems. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(4), 12-16.
- Chen, C. (2006). *Information visualization: Beyond the horizon* (2nd ed.). London: Springer
- Chen, C. & Czerwinski, M. (2000). Empirical evaluation of information visualization: an introduction. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53, 631-635.
- Chen, M., Ebert, D., Hagen, H., Laramée, R. S., van Liere, R., Ma, K., Ribarsky, W., Scheuermann, G. & Silver, D. (2009). Data, information and knowledge in visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(1), 12-19.
- Chen, C, Ibekwe-SanJuan, F. & Hou, J. (2010). The Structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective co-citation analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(7), 1386-1409.
- Chen, S. Y. & Liu, X. (2004). The contribution of data mining to information science. *Journal of Information Science*, 30(6), 550-558.
- Chen, C. & Paul, R. J. (2001). Visualizing a knowledge domain's intellectual structure. *Computer*, 34(3), 65-71.
- Chen, C., Paul, R. J., & O'Keefe, B. (2001). Fitting the jigsaw of citation: information visualization in domain analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(4), 315-330.
- Chen, H. & Xu, J. (2006). Intelligence and security informatics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 40, 229-289.

- Chen, C. & Yu, Y. (2000). Empirical studies of information visualization: a meta-analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53, 851-866.
- Chi, E. H. (2000). A taxonomy of visualization techniques using the data state reference model. *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization 2000 (InfoVis '00)*, pp. 69-75.
- Chua, A. Y. K. & Yang, C. C. (2008). The shift towards multi-disciplinarity in information science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(13), 2156–2170.
- Chuah, M. C. & Roth, S. F. (1996). On the semantics of interactive visualizations. En *Proceedings of the IEEE Symposium on information Visualization (INFOVIS '96), October 28 - 29*. pp. 29-36, Washington: IEEE Computer Society.
- Conti, G., Ahamad, M., & Stasko, J. (2005). Attacking information visualization system usability overloading and deceiving the human. En: *Proceedings of the 2005 Symposium on Usable Privacy and Security* (Pittsburgh, Pennsylvania, July 06-08). SOUPS '05, vol. 93. pp. 89-100. New York: ACM.
- Cooper, W. S. (1971). A definition of relevance for information retrieval. *Information Storage and Retrieval*, 7(1), 19-37.
- Costa, J. (1998). *La esquemática. Visualizar información*. Barcelona: Paidós, (Colección Paidós Estética 26), pp. 222.
- Craft, B., & Cairns, P. (2008). Directions for Methodological research in information visualization. En: *iV, 12th International Conference on Information Visualization*, pp. 44-50, London: IEEE Computer Society Press.
- Crapo, A. W., Waisel, L. B., Wallace, W. A. & Willemain, T. R. (2000). *Visualization and the process of modeling: a cognitive-theoretic view*. *Proceedings of the Sixth ACM SIGKDD international Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD '00)*. pp. 218-226, New York: ACM Press.
- Cronin, B. (2008). The sociological turn in information science. *Journal of Information Science*, 34, 465.
- Cronin, B. & Meho, L. I. (2008). The shifting balance of intellectual trade in information studies. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(4), 551–564.
- Cronin, B. & Pearson, S. (1990). The export of ideas from information science. *Journal of Information Science*, 16, 381-391.
- Crouch, D. B. (1986) The visual display of information in an information retrieval environment. En: F. Rabitti, (Ed.). *Proceedings of the 9th Annual international ACM SIGIR Conference*

- on *Research and Development in information Retrieval*, SIGIR '86. Pisa, Italy. pp. 58-67, New York: ACM Press.
- Csinger, A. (1992). *The Psychology of Visualization*. UMI Order Number: Technical Report. TR-92-28. University of British Columbia. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://www2.iath.virginia.edu/time/readings/visualization-representation/psychology-of-visualization.pdf>.
- Debbons, A. & Otten, K. (1969). Foundations of a concept for an education program in information science. *American Documentation*, 20(4), 346-351.
- Dick, A. L. (2002). Social epistemology, information science and ideology, *Social Epistemology*, 16(1), 23-35.
- Ding, Y., Chowdhury, G. G. & Foo, S (2000). Journal as markers of intellectual space: Journal co-citation analysis of Information retrieval area, 1987-1997. *Scientometrics*, 47(1), 55-73.
- Donohue, J. C. (1966). Librarianship and the science of information. *American Documentation*, 17(3), 120-123.
- Dürsteler, J. C. (2002). Information visualisation, what is it all about? *Inf@Vis!* The digital magazine of InfoVis.net, 100. Recuperado el 3 de mayo de 2007 de: <http://www.infovis.net/printMag.php?num=100&lang=2>.
- Eick, S. G. (2001). Visualizing on-line activity. *Communications of the ACM*, 4(8), 45-50.
- Ellingham, H. J. T. (1948)., Reports and Papers of the Royal Society Scientific Information Conference. Divisions of Natural Science and Technology, 21 June–2 July. London: The Royal Society,
- Ellis, D., Allen, D. & Wilson, T. (1999). Information science and information systems: conjunct subjects, disjunct disciplines. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(12), 1095–1107.
- Engelbart, D. C. (1962). Augmenting human intellect: a conceptual framework, summary. Report AFOSR-3223 under Contract AF 49(638)-1024, SRI Project 3578 for Air Force Office of Scientific Research, Menlo Park, Calif: Stanford Research Inst.
- Eppler, M. J. & Burkhard, R. A. (2004). Knowledge visualization. towards a new discipline and its fields of application. ICA Working Paper #2/2004. University of Lugano. Recuperado el 22 de enero de 2009 de: <http://www.library.lu.usi.ch/cerca/bul/pubblicazioni/com/pdf/wpca0402.pdf>
- Eppler, M. J., Mengis, J. & Bresciani, S. (2008). Seven types of visual ambiguity: on the merits and risks of multiple interpretations of collaborative visualizations. En: *IV*, 12th

- International Conference on Information Visualisation*, pp. 391-396. London: IEEE Computer Society.
- Erbacher, R. F. (2007). Exemplifying the inter-disciplinary nature of visualization research. *1th International Conference Information Visualization (IV'07)*. London: IEEE Computer Society.
- Fallis, D. (2000). Veritistic social epistemology and information science. *Social Epistemology*, 14, 305-316.
- Fallis, D. (2002). Introduction: social epistemology and information science, *Social Epistemology*, 16(1), 1-4.
- Fallis, D. (2006). Social epistemology and information science. *Annual Review of Information Science and Technology*, 40, 475-519.
- Farradane, J. (1955). Professional education of the information scientists. *Congrès international des bibliothèques et des centres de documentation*, Vol. 2B, pp. 76-81. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Farradane, J. (1976). Towards a true information science, *Information Scientist*, 10, 91-101.
- Farradane, J. (1979). The nature of information. *Journal of Information Science*, 1, 13-17.
- Farradane, J. (1980). Knowledge, information and information science. *Journal of Information Science*, 2(2), 75-80.
- Fayyad, U., Grinstein, G. G. & Wierse, A. (2002). *Information Visualization in Data Mining and Knowledge Discovery*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Fienberg, S. E. (1979). Graphical methods in statistics. [The American Statistician](#), 33(4), 165-178.
- Foskett, D.J. (1973). Information science as an emergent discipline: educational implications. *Journal of Librarianship and Information Science*, 5(3), 161-174.
- Freire, G. (2006). Ciência da informação: temática, histórias e fundamentos. *Perspectivas em Ciência da Informação. Belo Horizonte*, 11(1), 6-19.
- Freitas, C. M. D. S.; Luzzardi, R. G.; Cava, R. A.; Winckler, M. A. A.; Pimenta, M. S. & Nedel, L. (2002). Evaluating usability of information visualization techniques. Proceedings of Advanced Visual Interfaces (AVI '02). Recuperado el 14 de abril de 2007 de: [www.inf.ufrgs.br/cg/publications/carla/FreitasEtAl-IHC.pdf](http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/carla/FreitasEtAl-IHC.pdf)
- Friedhoff, R. M. & Benzon, W. (1989). *Visualization, the second computer revolution*. New York: Abrams.

- Friendly, M. & Denis, D. (2006). Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. Recuperado el 21 de junio de 2007 de:  
<http://curvebank.calstatela.edu/index/milestone.pdf>
- Froehlich, T. J. (1989). The foundations of information science in social epistemology. *Proceedings of the Twenty-Second Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (HICSS). pp. 306-315. Washington: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3(1), 269-404.
- García Alonso, M. & Baeza Martín, C. (1996). *Modelo teórico para la identidad cultural*. Ciudad de la Habana, Centro de Investigación y Desarrollo de la Cultura Cubana Juan Marinello, pp. 9-11.
- Garfield, E. (1963) Citation Indexes in Sociological and Historical Research. *American Documentation*, 14(4), p. 29-31.
- Garfield, E. (1994). Research fronts, *Current Contents*, 41, pp. 3-6. Recuperado el 8 de agosto de 2009 de:  
[http://thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/research\\_fronts/](http://thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/research_fronts/)
- Garfield, E. (1998). Mapping the world of science. *150 Anniversary Meeting of the AAAS*, Philadelphia, PA. Recuperado el 8 de agosto de 2009 de:  
<http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/mapsciworld.html>
- Garfield, E., Sher, I. & Torpie, R. (1964). *The use of citation data in writing the history of science*. Philadelphia, Pennsylvania: Institute for Scientific Information. Recuperado el 8 de agosto de 2009 de:  
[www.garfield.library.upenn.edu/papers/useofcitdatawritinghistofsci.pdf](http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/useofcitdatawritinghistofsci.pdf)
- Garrison, G. (1988). Challenges to information science education. Part V. The future. *Journal of the American Society for Information Science*. 39(5), 362-366.
- Gershon, N., Eick, S. G. & Card, S. (1998) Information Visualization. *ACM Interactions*, March/April.
- Gershon N. & Page, W. (2001). What storytelling can do for information visualization? *Communications of the ACM*, 44(8), 31-37.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. En: J. K. Gilbert, et al. (eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, pp. 3–24, New York: Springer.

- Giuliano, V. (1969). The relationship of information science to librarianship problems and scientific training. *American Documentation*, 20(4), 344-345.
- Goffman, W. (1964). On Relevance as a Measure. *Information Storage and Retrieval*, 2(3), 201-203.
- Goffman, W. (1970). Information Science: discipline or disappearance. *Aslib Proceedings*, 22(12), 589-596.
- Goffman, W. (1975). On the phenomena of interest to an Information Science. *The International Research Workshop on the Theoretical Basis of Information Science*, 29 July-2 August, p. 7. London: Westfield College.
- Gonzalez, V. & Kobsa, A. (2003). A workplace study of the adoption of information visualization systems. *3rd International Conference on Knowledge Management (I-KNOW'03)*, Graz, Austria.
- Griffith, B. C., Small, H. G., Stonehill, J. A. & Dey, S. (1974). The structure of scientific literatures. II. Toward a macro- and microstructure for science. *Social Studies of Science*, 4; 339-365.
- Grudin, J. (2005). Three faces of human-computer interaction. *IEEE Annals of the History of Computing*, 27(4), 46-62.
- Guzmán-Sánchez, M. V. (2009). ViBlioSOM: Metodología para la visualización de información métrica con mapas auto-organizados. Disertación doctoral no publicada. Universidad de La Habana. Facultad de Comunicación.
- Harmon, G. (1971). On the evolution of information science (opinion paper). *Journal of the American Society for Information Science*, 22(4), 235-241.
- Hartigan, J. A. (1975). *Clustering algorithms*. New York: Wiley.
- Hassan-Montero, Y. & Herrero-Solana, V. (2006). Interfaz visual para recuperación de información basada en análisis de metadatos, escalamiento multidimensional y efecto ojo de pez. *El Profesional de la Información*, 15(4), 278-289.
- Hayes, R. M. (1969). Education in information science. *American Documentation*, 20(4), 362-365.
- Hearst, M. (2003). Information visualization: principles, promise, and pragmatics. *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2003)*. Recuperado: el 5 de mayo de 2007 de: <http://sigchi.org/chi2003/tutorial-details.html>.
- Hegarty, M. (2004). Diagrams in the mind and in the world: Relations between internal and external visualizations. En: A. Blackwell, K. Mariott & A. Shimojima (Eds.). *Diagrammatic*

- Representation and Inference. Lecture Notes in Artificial Intelligence*. pp. 1-13, Berlin: Springer.
- Henry, N., Goodell, H., Elmqvist, N. & Fekete, J. D. (2007). 20 years of four HCI conferences: A visual exploration, *International Journal of Human-Computer Interaction*, 23(3), 239-285.
- Hernández, A. (2006). Organización y representación del conocimiento: paradigmas, hipertextos y fundación metamodélica. Disertación Doctoral no publicada Universidad de La Habana, Cuba.
- Herrero-Solana, V. (2000). Modelos de representación visual de la información bibliográfica: aproximaciones multivariantes y conexionistas. Disertación Doctoral no publicada. Universidad de Granada, España.
- Herrero-Solana, V. & Hassan-Montero, Y. (2006). Metodologías para el desarrollo de interfaces visuales de recuperación de Información: análisis y comparación. *Information Research*, 11(3), Abril. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://informationr.net/ir/11-3/paper258.html>
- Hillman, D. J. (1964). The Notion of Relevance (I). *American Documentation*, 15(1), 26.
- Hillman, D. J. (1969). How to win the pentathlon unifying theories of information science. *American Documentation*, 20(4), 335.
- Hjørland, B. (1992) The concept of "subject" in information science. *Journal of Documentation*, 48(82), 172-200.
- Hjørland, B. (1993). Toward a new horizon in information science (IS): domain-analysis, ASIS '93. *Proceedings of the 56th ASIS Annual Meeting, American Society for Information Science*. Vol. 30. Medford, NJ: Learned Information.
- Hjørland, B. (1997). Information seeking knowledge organization. The presentation of a new book. *Knowledge Organization*, 24(3), 136–144.
- Hjørland, B. (2000). Library and information science: practice, theory, and philosophical basis. *Information Processing and Management*. 36, 501-531
- Hjørland, B. (2002a). Epistemology and the socio-cognitive perspective in information science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53, 257-270.
- Hjørland, B. (2002b). Domain analysis in information science. Eleven approach-traditional as well innovative. *Journal of Documentation*, 58(4), 422-462.
- Hjørland, B. (2005). Library and information science and the philosophy of science. *Journal of Documentation*, 61(1), 5-10.
- Hjørland, B. (2007a). Information: objective or subjective/situational? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(10), 1448-56.

- Hjørland, B. (2007b). Semantics and knowledge organization. *American Society for Information Science and Technology*, 41(1), 367-405.
- Hjørland, B. & Albrechtsen, H. (1995). Towards a new horizon in information science: domain analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(6), 400-425.
- Holland, G. A. (2008). Information science: an interdisciplinary effort? *Journal of Documentation*, 64(1), 7-23.
- Hollnagel, E. (2001). Extended cognition and the future of ergonomics, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2(3), 309-315.
- Holmes, B. P. (2001). The contributing disciplines to information science: 1973 to 1993. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: [http://www.cais-acsi.ca/proceedings/2001/holmes\\_2001.pdf](http://www.cais-acsi.ca/proceedings/2001/holmes_2001.pdf)
- Hook, P. (2007). Domain maps: purposes, history, parallels with cartography, and applications. *11th International Conference Information Visualization (IV'07)*. Zurich, Switzerland, July 4-6, pp. 442-446. IEEE Computer Society Conference Publishing Services.
- Hoyt, R. H. (1969). An analysis of information science programs. *American Documentation* 20(4), 358-361.
- Huotari, M. & Iivonen, M. (2005). Knowledge processes. A strategic foundation for the partnership between the university and its library. *Library Management*, 26(6/7), 324-335.
- Ibekwe-SanJuan, F. & SanJuan, E. (2009). The landscape of information science: 1996-2008. *Proceedings of the 9th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (Austin, TX, June 15-19)*. JCDL '09, pp. 401-402. New York: ACM. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://doi.acm.org/10.1145/1555400.1555483>
- Ingram, R. & Benford, S. (1995). Legibility enhancement for information visualization. *Proceedings of the 6th Conference on Visualization '95. IEEE Visualization*. Washington: IEEE Computer Society.
- Ingwersen, P. (1992). *Information Retrieval Interaction*. London: Taylor Graham. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://www.db.dk/pi/iri>
- Ingwersen, P. (1996). Cognitive perspectives of information retrieval interaction: elements of a cognitive IR theory. *Journal of Documentation*, 52(1), 3-50.
- Jacob, E. K. & Shaw, D. (1998). Sociocognitive perspectives on representation. *Annual Review of Information Science and Technology*, 33, 131-185.
- Jankun-Kelly, T.J. (org.), Robert Kosara, Gordon Kindlmann, Chris North, Colin Ware & Wes Bethel, E. (2006, October). Is there science in visualization? IEEE Visualization 2006, Baltimore, MD.

- Johnson, C. (2004). Top scientific visualization research problems. *Visualization viewpoints*, July/August. IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE Computer Society.
- Johnson, C. R., Moorehead, R., Munzner, T., Pfister, H., Rheingans, P. & Yoo, T. S. (2006) (Eds.). *NIH-NSF Visualization Research Challenges Report*. IEEE Press,. Recuperado el 2 de mayo de 2007 de: <http://tab.computer.org/vgtc/vrc/index.html>.
- Juarez, O., Hendrickson, C. & Garrett, Jr., J. H. (2000). Evaluating visualizations based on the performed task. *Proceedings of Fourth International Conference on Information Visualisation (IV'00)*.
- Juarez-Espinosa, O. (2003). CAEVA: Cognitive architecture to evaluate visualization applications. En: *Proceedings of the Seventh international Conference on information Visualization (July 16-18)*. IV p. 589.. Washington: IEEE Computer Society.
- Kamada, T., & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters*, 31, 7–15.
- Karwowski, W. (2005). Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems. *Ergonomics*, 48(5), 436–463.
- Ke, W., Börner, K. & Viswanath, L. (2004). Major information visualization authors, Papers and topics in the ACM Library. En: *Proceedings of the IEEE Symposium on information Visualization (October 10-12)*. INFOVIS. IEEE Computer Society, Washington. Recuperado el 8 de noviembre de 2007 de: <http://dx.doi.org/10.1109/INFOVIS.2004.45>
- Keim, D. A (2002). Information visualization and visual data mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 8(1), 39-51.
- Keim, D. A. & Kriegel, H. (1996). Visualization techniques for mining large databases: A comparison. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 8(6), 923-938.
- Keller, T. & Tergan, S. (2005). Visualizing knowledge and information: an introduction. Tergan, S. & Keller, T. (Eds.). *Knowledge and information visualization*, pp. 1–23. Berlin: Springer.
- Kent, A. (1964). Education in information science. *American Behavioral Scientist*, 8, 31.
- Kerren, A., Stasko, J. T. & Dykes, J. (2008), Teaching information visualization. En: Kerren, A., Stasko J.T., Fekete, J.-D. & C. North (Eds.). *Information Visualization: human-centered issues and perspectives*, Volume 4950 of LNCS State-of-the-Art Survey, pp. 71-97. New York: Springer.
- Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers, *American Documentation*, 14(1), 10–25.

- Klempner, I. M. (1969). Information Science Unlimited? A Position Paper. *American Documentation*, 20(4), 339-343.
- Kling, R., Rosenbaum, H. & Hert, C. (1998). Social informatics in information science: an introduction. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(12), 1047-1052.
- Kobsa, A. (2001). An empirical comparison of three commercial information visualization systems. *Proceedings of InfoVis 2001*, IEEE Symposium on Information Visualization, San Diego, CA.
- Kobsa, A. (2004). User experiments with tree visualization systems. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS '04)*. Recuperado el 20 de agosto de 2010 de:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.3655&rep=rep1&type=pdf>
- Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, 43, 59-69.
- Kohonen, T. (1989). *Self-organization and associative memory* (3<sup>rd</sup> ed.). New York: Springer.
- Korfhage, R. R. (1991). To see, or not to see— Is that the query? *Communications of the ACM*, 34, 134-141.
- Kosara, R. (2007). Visualization criticism - the missing link between information visualization and art. *Proceedings of the 11th international Conference information Visualization* (July 04 - 06, 2007). IV. pp.631-636, Washington, DC: IEEE Computer Society.
- Kosara, R., Healey, C. G., Interrante, V., Laidlaw, D. H., & Ware, C. (2003). Thoughts on user studies: why, how, and when? *IEEE Computer Graphics and Applications (CG&A), Visualization Viewpoints*, 23(4), 20–25.
- Koshman, S. (2004). Comparing usability between a visualization and text-based system for information retrieval. *Journal of Documentation*, 60(5), 565–580.
- Koua, E. L., MacEachren, A. & Kraak, M. J. (2006). Evaluating the usability of visualization methods in an exploratory geovisualization environment. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(4), 425–448.
- Kraidy, U. (2002). Digital media and education: cognitive impact of information visualization. *Learning, Media and Technology*, 27(3), 95–106.
- Kruskal, J. B., & Wish, M. (1978). *Multidimensional scaling (quantitative applications in the Social Sciences)*. Newbury Park: SAGE.
- Kunz, W. (1972). Information science: on the structure of its problems. *Information Storage and Retrieval*, 8. 95-98.

- Lascurain, M. L., Iribarren, I. & Sanz, E. (2008). Análisis de la bibliografía recomendada en los planes de estudio de las diplomaturas en Biblioteconomía y Documentación y las licenciaturas en Documentación de las universidades españolas. En J. A. Frías & C. Travieso (Eds.), *Formación, investigación y mercado laboral en Información y Documentación en España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Lengler, R. & Eppler, M. (2007). Towards a periodic table of visualization methods for management. *IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007)*, Clearwater, Florida.
- Lenk, P. (1983). Mappings of Fields Based on Nominations. *Journal of the American Society for Information Science*, 34(2), 115-122.
- Lin, X. (1997). Map Displays for Information Retrieval. *Journal of the American Society for Information Science*. 48(1), 40–54.
- Lin, X., Bui, Y., & Zhang, D. M. (2007). Visualization of knowledge structures. *Proceedings of the 11th International Conference on Information Visualization (IV 2007)*, Zurich, Switzerland.
- Lin, X., Soergel, D. & Marchionini, G. (1991). A self-organizing semantic map for information retrieval. *Proceedings of the Fourteenth Annual International ACM/SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, Chicago, pp. 262-269.
- Linares, R. (2004). La presencia cognitiva en ciencia de la información y su entorno. *Ciencia da Informacao*, 33(1), 33-37.
- Lira-Vieira, J. M. & Fernandes- Corrêa, R. (2010). Recuperação de informação através de recursos visuais. Encontro Nacional de Estudantes de Biblioteconomia, Documentação, Gestão, e Ciência da Informação Os desafios do profissional da informação frente às tecnologias e suportes informacionais do século XXI: lugares de memória para a biblioteconomia. Universidade Federal da Paraíba 18 a 24 de julho. Recuperado el 20 de enero del 2008 en: <http://dci.ccsa.ufpb.br/enebd/index.php/enebd/article/view/1>
- Lohse, G. L. (1991). A cognitive model for understanding graphical perception. Cognitive Science and Machine Intelligence Laboratory Tech. Rep. No. 39. Ann Arbor: University of Michigan
- Lowry, W. K. (1968). Opinion paper science information problems needing solution. *American Documentation*, 19(3), 352.
- Ltifi , H., Ben Ayed, M., Alimi, A.M. & Lepreux, S. (2009). Survey of Information Visualization Techniques for Exploitation in KDD. *IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications, AICCSA 2009*, 10-13 May, pp. 218 - 225

- Luzzardi, R. G. & Freitas, C. M. D. S. (2004). An extended set of ergonomic criteria for information visualization techniques. *Proceedings of the Seventh IASTED International Conference on Computer Graphics and Imaging (CGIM 2004)*, Kauai, Hawaii.
- MacEachren, A. M., Edsall, R., Haug, D., Baxter, R., Otto, G., Masters, R., Fuhrmann, S. & Qian, L. (1999). Virtual environments for geographic visualization: potential and challenges. En: *Proceedings of the 1999 Workshop on New Paradigms in information Visualization and Manipulation* in conjunction with the *Eighth ACM international Conference on Information and Knowledge Management* (Kansas City, Missouri, November 02-06). NPIVM '99. pp, 35-40, New York: ACM.
- MacEachren, A. M. & Taylor, D. R. F. (Eds.) (1994). *Visualization in Modern Cartography*, London: Pergamon.
- Machado-Suárez, D. (2009). Visualización del Conocimiento: retos y alcances para los profesionales de la información. Trabajo de diploma para optar por la Licenciatura en Bibliotecología y Ciencia de la Información. Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana.
- MacKinlay, J. (1987). Automating the Design of graphical presentations of relational information. *ACM Transactions on Graphics*, 5, 110-141.
- Marshakova, I. V. (1973). A system of document connections based on references. *Scientific and Technical Information Serial of VINITI*, 6, 3-8.
- Marshakova-Shaivevich, I. (2005). Bibliometric maps of field of science. *Information Processing and Management*, 41, 1534–1547
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: University Press.
- Mazza, R. (2006). Evaluating information visualization applications with focus groups: the coursevis experience. *Proceedings of the 2006 AVI Workshop on beyond time and errors: novel evaluation methods for information visualization* (BELIV'06), pp.1-6, New York: ACM Press.
- McAllister, C. & Bell, J. M. (1971). Human factors in the design of an interactive library system. *Journal of the American Society for Information Science*, 22(2), 96-104.
- McCain, K. W. (1990). Mapping authors in intellectual space: A technical overview. *Journal of the American Society for Information Science*, 41, 433–443.
- McCain, K. W. (1991). Core journal networks and cocitation maps: New bibliometric tools for serials research and management. *Library Quarterly*, 61(3), 311-336.
- McCormick, D. H., Defanti, T. A. & Brown, M. D. (1987). Visualization in scientific computing. *SIGGRAPH Computer Graphics Newsletter*, 21(6), 50-58.

- McCulloch, W. S. & Pitts, W. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115.
- Medina-Peralta, S. (2007). Visualización para la recuperación. Convergencias y aplicaciones en el espacio informacional. Trabajo de diploma no publicado. Licenciatura en Bibliotecología y Ciencia de la Información. Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63, 81-97. Recuperado el 10 de julio de 2009 de: <http://www.musanim.com/miller1956/>
- Monarch, I. A. (2000). Information science and information systems: converging or diverging? Recuperado el 10 de julio de 2009 de: [http://www.caais-acsi.ca/proceedings/2000/monarch\\_2000.pdf](http://www.caais-acsi.ca/proceedings/2000/monarch_2000.pdf).
- Mooers, C. N. (1951). Zatocoding applied to mechanical organization of knowledge. *American Documentation*, 2, 20-32.
- Moreiro, J. A. (1998). Introducción al estudio de la información y la documentación. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Morris, S. A. (2008). Mapping Research Specialties. *Annual Review of Information Science and Technology*, 42, 213-295.
- Morris, S. A., Yen, G., Wu, Z. & Asnake, B. (2003). Timeline visualization of research fronts. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(5), 413-422.
- Moya-Anegón, F. & Herrero-Solana, V. (2000). Visibilidad internacional de la producción científica iberoamericana en Biblioteconomía y Documentación (1991-1999). V Encuentro EDIBCIC, Universidad de Granada.
- Moya-Anegón, F., Herrero-Solana, V. & Guerrero-Bote, V. (1998). La aplicación de redes neuronales artificiales (RNA) a la recuperación de la información. *Anuario SOCADI de Documentación e Información (Barcelona)* 2, 147-164.
- Moya-Anegón, F., Herrero-Solana, V. & Jiménez-Contreras, E. (2006). A connectionist and multivariate approach to science maps: SOM, clustering and MDS applied to Library & information science research. *Journal of Information Science*, 32(1), 61-75.
- Moya-Anegón, F., Jiménez-Contreras, E. & Moneda-Corrochano, M. de la (1998). Research fronts in library and information science in Spain (1985-1994). *Scientometrics*, 42(2), 229-246.

- Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Chinchilla, Z., Corera-Álvarez, E., Muñoz-Fernández, F.J., & Herrero-Solana, V. (2007). Visualizing the marrow of science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(14), 2167-2179.
- Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Herrero-Solana, V., Chinchilla, Z., Corera-Álvarez, E. & Muñoz, F.J. (2004). A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories. *Scientometrics*, 61(1),129-145.
- Myers, B. A. (1998). A brief history of human computer interaction technology. *ACM interactions*, 5(2), 44-54.
- Narin, F, Carpenter, M. & Berlt, N. C. (1972). Interrelationships of scientific journals, *Journal of the American Society for Information*, 23, 323-31.
- Nielson, G. M. (1991). Visualization in science and engineering computation. *IEEE Computer*, 6(1), 15-23.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*, p.43, Reading, Mass.: Addison-Wesley.
- Norman, D. A. & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*. Erlbaum Associates Inc. 544 pages. Recuperado el 30 de julio del 2008 en: [http://www.ebook3000.com/Donald-A--Norman--Stephen-W--Draper---User-Centered-System-Design--New-Perspectives-on-Human-computer-Interaction\\_82198.html](http://www.ebook3000.com/Donald-A--Norman--Stephen-W--Draper---User-Centered-System-Design--New-Perspectives-on-Human-computer-Interaction_82198.html)
- Novak, J. & Wurst, M. (2004). Collaborative knowledge visualization for cross-community learning. En: Tergan, S. & Keller, T. (Eds.). *Knowledge and Information Visualization*, pp. 95-116, Berlin: Springer.
- Olsen, K. A., Korfhage, R. R. & Sochats, K. M. (1993). Visualization of a document collection: The VIBE System. *Information Processing & Management*, 29, 69-81.
- Ørom, A. (2000). Information Science, historical changes and social aspects: a Nordic outlook. *Journal of Documentation*, 56(1), 12-26.
- Owen, G. S. (1999). Definitions and rationale for visualization. Recuperado el 10 de julio de 2009 de: <http://www.siggraph.org/education/materials/HyperVis/visgoals/visgoal2.htm>
- Palsky, G. (1999). The debate on the standardization of statistical maps and diagrams (1857-1901). Elements for the history of graphical language. *Cybergeo: European Journal of Geography*. Recuperado el 10 de julio del 2009 de: <http://www.cybergeo.eu/index148.html>
- Parker, E. B. & Paisley, W. J. (1966). Research for psychologists at the interface of the scientist and his information system. *American Psychologist*, 21, 1061-1071.

- Pereira-Díaz, M. & Fontanini de Carvalho, J. O. (2007). A Visualização da Informação e a sua contribuição para a Ciência da Informação. *DataGramaZero* 8(5). Recuperado el 20 de enero del 2008 en: [http://www.dgz.org.br/out07/Art\\_02.htm](http://www.dgz.org.br/out07/Art_02.htm)
- Pérez-Montoro, M. (2004). Identificación y representación del conocimiento organizacional: la propuesta epistemológica clásica. Recuperado el 10 de febrero de 2009 de: <http://www.uoc.edu/in3/esp/index.htm>.
- Perianes, A., Ovalle, M. A. & Olmeda, C. (2008). Visualización y detección de grupos de investigación a través de coautoría. En J. A. Frías & C. Travieso (Eds.), *Formación, investigación y mercado laboral en Información y Documentación en España y Portugal*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Persson, O. (1994). The intellectual base and research fronts of JASIS 1986-1990. *Journal of the American Society for Information Science*, 45(1), 31-38.
- Persson, O. (2006). Bibexcel: A tool for bibliometricians. Recuperado el 10 de agosto de 2009 de: [www.umu.se/inforsk/Bibexcel/index.html](http://www.umu.se/inforsk/Bibexcel/index.html)
- Pfzner, D., Hobbs, V. & Powers, D. (2001). A unified taxonomic framework for information visualization. En: J. Weckert, (Ed). *2nd Australian Institute of Computer Ethics Conference (AICE2000)*, Canberra. Conferences in Research and Practice in Information Technology, Vol. 1.
- Pillat, R. M., Valiati, E. R. A. & Freitas, C. M. D. S. (2005). Experimental study on evaluation of multidimensional information visualization techniques, *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction CLIHC '05*, ACM International Conference Proceeding Series, 124, 20-30.
- Plaisant, C. (2004). *The Challenge of Information Visualization Evaluation*. *IEEE Proceedings of AVI*.
- Plaisant, C., Grosjean, J. & Bederson, B. B. (2002). SpaceTree: supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2002 (InfoVis '02)*.
- Pontis, S. (2007). La historia de la esquemática en la visualización de datos. *Simposio Visualizar'07*, MediaLab-Prado, Madrid. Recuperado el 10 de julio de 2009 de: [http://medialabprado.es/article/la\\_historia\\_de\\_la\\_esquematica\\_en\\_la\\_visualizacion\\_de\\_datos\\_por\\_sheila\\_pontis](http://medialabprado.es/article/la_historia_de_la_esquematica_en_la_visualizacion_de_datos_por_sheila_pontis)
- Price, D. de S. (1965). Network of Scientific Papers. *Science*, 149(3683), 510-515.
- Purchase, H. C., Andrienko, N., Jankun-Kelly, T. J. & Ward, M. (2008). Theoretical Foundations of Information Visualization. In *information Visualization: Human-Centered*

- Issues and Perspectives. A. Kerren, J. T. Stasko, J. Fekete, and C. North, (Eds.). *Lecture Notes In Computer Science*, vol. 4950. pp. 46-64. Berlin: Springer.
- Quillian, M. R. (1968). Semantic memory. En: M. L. Minsky (Ed). *Semantic Information Processing*, pp.227-270. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rayward, W. B. (1996). The history and historiography of information science: some reflections. *Information Processing & Management*, 32, 1, 3-17.
- Rayward, W. B. (1997). The origins of information science and the International Institute of Bibliography/International Federation for Information and Documentation (FID). *Journal of the American Society for Information Science*. 48(4), 289–300.
- Reed, M. & Heller, D. (1997). Olive, on-line library of information visualization environments. Recuperado el 5 de mayo de 2007 de: <http://otal.umd.edu/Olive>.
- Rester, M. & Pohl, M. (2006). Methods for the evaluation of an interactive InfoVis tool supporting exploratory reasoning processes. *Proceedings of the 2006 AVI Workshop on Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for information Visualization* (Venice, Italy, May 23 - 23, 2006) BELIV '06. pp.1-6.. New York: ACM Press.
- Rhyne T. M. (2007). Visualization and the larger world of computer graphics. What's happening out there? *Tr News*, 252, 20-23.
- Rice, R. E. & Crawford, G. A. (1992). Analysis of citations between communication and library and information science articles. En: D. Shaw (Ed.). *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the American Society for Information Science*, pp. 8–12.
- Robertson, G., Card, S. & MacKinlay, J. (1993). Information visualization using 3D interactive animation. *Communications of the ACM*, 36(4), 57–71.
- Robertson, G., Card, S., & MacKinlay, J. (1989). The cognitive coprocessor architecture for interactive user interfaces. *Proceedings of the 2nd Annual ACM SIGGRAPH Symposium on User interface Software and Technology. UIST '89*. pp. 10-18. New York: ACM Press.
- Robinson, L. (2008). Information science: communication chain and domain analysis. *Journal of Documentation*. 65, 578-591.
- Rogers, Y. (2004). New theoretical approach for human-computer interaction. *Annual Review of Information Science and Technology*. 38, 87-143
- Roman, G. & Cox, K. C. (1992). Program visualization: the art of mapping programs to pictures. *Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering, ICSE '92*. pp. 412-420. New York: ACM Press.
- Rosenblatt, F. (1958). The Perceptron, a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65, 386-404.

- Rovira, R. (2003). Mapas conceptuales para la representación del conocimiento. En: C. Rovira y L. Codina (dir.). Documentación digital. Barcelona: Sección Científica de Ciencias de la Documentación. Departamento de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Pompeu Fabra. Recuperado el 12 de mayo de 2007 en:  
<http://www.hipertext.net/modulo7/ayudaEditor2.htm>
- Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, 33(2), 163–180.
- Salton, G. (1966). Gerard Salton Reviewed work(s): Information Science. Kochen, Manfred (Org.) *SIAM Review*, 8(2), 242-243. Recuperado el 24 de octubre de 2009 de:  
<http://www.jstor.org/stable/2028285>.
- Salton, G. (1989). *Automatic text processing: the transformation, analysis and retrieval of information by computer*. Reading, MA: Addison Wesley.
- Salton, G. & McGill, M. J. (1983). *Introduction to modern information retrieval*. NewYork: McGraw-Hill.
- Saracevic, T. (1975). Relevance: A review of and a framework for the thinking on the notion in information science. *Journal of the American Society for Information Science*, 26(6), 321-343.
- Saracevic, T. (1992). Information science: Origin, evolution and relations. *Proceedings of the International Conference: Conceptions of Library and Information Science: Historical, Empirical and Theoretical Perspectives*, pp. 5–27, Tampere, Finland. Recuperado el 3 de mayo de 2007 de:  
<http://comminfo.rutgers.edu/~kantor/601/Readings2004/Week2/w2R1.PDF>
- Saracevic, T. (1995). Interdisciplinary nature of information science. *Ciência da Informação*, 24(1). Recuperado el 10 de octubre de 2007 en:  
[http://dici.ibict.br/archive/00000598/01/natureza\\_interdisciplinar.pdf](http://dici.ibict.br/archive/00000598/01/natureza_interdisciplinar.pdf)
- Saracevic, T. (1999). Information science. *Journal of the American Society for Information Science*. 50(12), 1051–1063.
- Saraiya, P., North, C. & Duca, K. (2004). An evaluation of microarray visualization tools for biological insight, *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'04)*, Washington, D.C., pp.1-8.
- Saraiya, P., North, C. & Duca, K. (2005). An insight-based methodology for evaluating bioinformatics visualizations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 11, 443–456.

- Sawyer, S. & Rosenbaum, H. (2000). Social informatics in the information sciences: Current activities and emerging directions. *Informing Science*, 3(2), 89-95.
- Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). External cognition: how do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schlueter, R. A. (1969). Information Science: some questions and answers. *American Documentation*, 20(4), 366-368.
- Schneider, J. W. & Borlund, P. (2004) Introduction to bibliometrics for construction and maintenance of thesauri. Methodical considerations. *Journal of Documentation*, 60(5), 524-549.
- Schvaneveldt, R. (Ed.) (1990). *Pathfinder Associative Networks: Studies in Knowledge Organization*. Norwood, NJ.: Ablex.
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Illinois: University of Illinois Press.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, pp. 379-423 (July), 623-656 (October). Recuperado el 8 de junio del 2008 de: <http://www.tcs.tifr.res.in/~onkar/teaching/shannon1948.pdf>.
- Shapiro, F. R. (1995). Coinage of the term information science. *Journal of the American Society for Information Science*, 46(5), 384-385.
- Shneiderman, B. (1983). Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer*, 16(8), 57-69.
- Shneiderman, B. (1992). Tree visualization with tree-maps: A 2-d space-filling approach. *ACM Transactions on Graphics*, 11(1), 92-99.
- Shneiderman, B. (1996). The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations. *Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages*, pp. 336-343, Washington: IEEE Computer Society Press. Recuperado el 9 de octubre de 2008 de: <http://citeseer.ist.psu.edu/409647.html>
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. (3ra. ed.). Menlo Park, CA: Addison Wesley.
- Shneiderman, B. & Plaisant, C. (2006). Strategies for evaluating information visualization tools: multi-dimensional in-depth long-term case studies. *Proceedings of the 2006 AVI Workshop on Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for information Visualization BELIV '06*. pp.1-7. New York: ACM Press.

- Skupin, A. & Fabrikant, S. I. (2003). Spatialization methods: a cartographic research agenda for non-geographic information visualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 30(2), 95-115.
- Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 24, 265-269.
- Small, H. (1981). The relationship of information science to the social sciences: a co-citation analysis. *Information Processing & Management*, 17, 39-50
- Small, H. (1999). Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American Society for Information Science*. 50(9), 799–813.
- Small, H. (2003). Paradigms, citations, and maps of science: A personal history. *Journal of the American Society for Information Science*, 54(5), 394–399.
- Small, H. & Griffith, B. C. (1974). The Structure of Scientific Literatures. I: Identifying and Graphing Specialties. *Science Studies*, 4, 17-40.
- Smith, L.C. (1981). Citation Analysis. *Library Trends*, 30(1), 83-106.
- Soergel, D. (1997). An information science manifesto. *Bulletin of the American Society for Information Science*, 24(2), 10-12. Recuperado el 22 de noviembre de 2007 de: <http://www.asis.org/Bulletin/Dec-97/Soergel.htm>
- Somervell, J., McCrickard, D. S., North, C. & Shukla, M. (2002). An evaluation of information visualization in attention-limited environments, *Proceedings of the symposium on Data Visualisation*, (ACM International Conference Proceedings Series, 22), pp. 211-216.
- Spence, I. (2006). William Playfair and the psychology of graphs. *Proceedings of the American Statistical Association, Section on Statistical Graphics*. Alexandria VA: American Statistical Association, pp. 2426-2436.
- Spence, R. (2000). *Information Visualization*. New York: Addison-Wesley.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría*. Caracas: UNESCO.
- Stasko, J., Domingue, J., Brown, M. H. & Price, B. A. (1998). *Software visualization: Programming as a multimedia experience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sutherland, I. E. (2003). *Sketchpad: A man-machine graphical communication system*. Technical Report UCAM-CL-TR-574, University of Cambridge. Recuperado el 9 de diciembre de 2007 de: <http://www.cl.cam.ac.uk/TechReports/>.
- Tang, R. (2004a). Evolution of the interdisciplinary characteristics of information and library science. *ASIST 2004: Proceedings of the 67th ASIST Annual Meeting*, vol. 1, pp. 54–63.

- Tang, R. (2004b). Visualizing interdisciplinary citations to and from information and library science publications. *Proceedings of the Eighth International Conference on Information Visualisation*, pp. 972–977.
- Tergan, S. O. & Keller, T. (2005). Visualizing knowledge and information: an introduction. *Knowledge and Information Visualization*, LNCS 3426, pp. 1–23.
- Thomas, J. J. & Cook K. A. (eds.) (2005). *Illuminating the path: the research and development agenda for visual analytics*. IEEE CS Press, 2005. Recuperado el 6 de marzo de 2007 de: <http://nvac.pnl.gov/agenda.stm>.
- Tory, M. & Möller, T. (2004). Human factors in visualization research. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 10(1), 72-84.
- Tory, M. & Möller, T. (2005). Evaluating visualizations: do expert reviews work? *Computer Graphics and Applications*. 25(5), 8-11.
- Tufte, E. R. (1983). *The visual display of quantitative information*. Cheshire, CT: Graphics Press.
- Tukey, J. W. (1962). The future of data analysis. *Annals of Mathematical Statistics*, 33(1), 1–67.
- Vakkari, P. (2003). Task-based information seeking. *Annual Review of Information Science and Technology*, 37, 413-464.
- Valiati, E. A. R. (2005). Taxonomia de tarefas para técnicas de visualização de informações multidimensionais. Porto Alegre, PPGC/UFRGS, Recuperado el 5 de mayo del 2007 de: <http://www.inf.ufrgs.br/~carla/papers/EValiati.pdf>.
- Vallee, J. F. & Askevold, G. L. (1973). Information organization for interactive use: design implications in data-base systems. *Journal of the American Society for Information Science*. 24(4), 287-299.
- Van Wijk, J. J. (2006). Views on Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(4), 421-432.
- Vega-Almeida, R. L., Fernández-Molina J. C. & Linares, R. (2009). Coordinadas paradigmáticas, históricas y epistemológicas de la Ciencia de la Información: una sistematización. *IR Information Research*. 14(2). Recuperado el 7 de mayo de 2010 de: <http://informationr.net/ir/14-2/paper399.html>.
- Veerasamy, A. & Belkin, N.J. (1996). Evaluation of a Tool for Visualization of Information Retrieval Results. En Frei, H.P. et al., (Eds.) *Proceedings of the 19th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* (SIGIR '96), 85-92, New York : ACM.

- Wang, Y., Teoh, S. T. & Ma, K. L. (2006). Evaluating the effectiveness of tree visualization systems for knowledge discovery. *Proceedings of Eurographics/IEEE-VGTC Symposium on Visualization*, pp. 67-74.
- Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design* (2nd Ed.). San Francisco, CA: Morgan Kaufman.
- Wasserman, S. & Faust, K. (1994). *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge, University Press.
- Wehrend, S. & Lewis, C. (1990). A problem-oriented classification of visualization techniques. *Proceedings of the 1st Conference on Visualization '90*, San Francisco, California, October 23-26, pp.139-143.
- Weinberg, A. M. (1963). Scientific Communication. *International Science and Technology*, April, pp. 65-74.
- Welser, H. T, Gleave, E., Fisher, D. & Smith, M. (2007). Visualizing the signatures of social roles in online discussion groups. *Journal of Social Structure*, 8(2). Recuperado el 10 de septiembre de 2009 de: <http://www.cmu.edu/joss/content/articles/volume8/Welser/>.
- Wersig, G. & Neveling, U. (1975). The phenomena of interest to Information Science. *The Information Scientist*, 9(4), 127-140.
- Wersig, G. (1993). Information science: the study of postmodern knowledge usage. *Information Processing & Management*, 29(2), 229-239.
- White, H.D. (1981). Cocited author retrieval online: an experiment with the social indicators literature. *Journal of the American Society for Information Science*, 32(1):16-21.
- White, H. D. (1983). A cocitation of the social indicators movement. *Journal of the American Society for Information Science*, 34(5):307-312.
- White, H. D. (2003). Pathfinder networks and author cocitation analysis: A remapping of paradigmatic information scientists. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(5):423-434.
- White, H. D. & Griffith, B. C. (1981). Author cocitation: a literature measure of intellectual structure. *Journal of the American Society for Information Science* 32(3), 163-171.
- White, H. D. & McCain, K. W. (1989). Bibliometrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 24, 119-186.
- White, H. D. & McCain, K. W. (1997). Visualization of literatures. *Annual Review of Information Science and Technology*, 32, 99-168.

- White, H. D. & McCain, K. W. (1998). Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972–1995. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(4), 327–355.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge: MIT Press.
- Williams, J. & Kim, C. (1975). On theory development in information science. *Journal of the American Society for Information Science*, 26(1), 3-9.
- Williams, J. G., Sochats, K. M. & Morse, E. (1995). Visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, 30, 161–207.
- Williams, M. E. (1987-88). Defining information science and the role of ASIS. *Bulletin of the American Society for Information science*. 14(2), 17-19.
- Winckler, M. A., Palanque, P., & Freitas, C. (2004). Tasks and scenario-based evaluation of information visualization techniques. *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Task Models and Diagrams*, TAMODIA '04. Prague, Czech Republic, November 15-16, pp. 165-172. New York: ACM Press.
- Wise, J. A. (1999). The ecological approach to text visualization. *Journal of the American Society for Information Science*. 50(13),1224-1233.
- Wise, J. A., Thomas, J. J., Pennock, K., Lantrip, D., Pottier, M., Schur, A. & Crow, V. (1995). Visualizing the non-visual: spatial analysis and interaction with information from text documents. En: *Proceedings of the 1995 IEEE Symposium on Information Visualization* (Atlanta, Georgia, October 30 - 31). INFOVIS, 51-58. Washington: IEEE Computer Society.
- Wiss, U., Carr, D. & Jonsson, H. (1998). Evaluating three-dimensional information visualization designs: a case study of three designs. *Proceedings of the IEEE Conference on Information Visualization*, London, pp. 137-144.
- Wünsche, B. (2004). A survey, classification and analysis of perceptual Concepts and their Application for the Effective Visualization of Complex Information. *Proceedings of the 2004 Australasian Symposium on Information Visualisation*, pp. 17-24. Recuperado el 10 de junio de 2007 de: <http://citeseer.ist.psu.edu/728909.html>.
- Xavier, R. F. (2009). Análise de Métodos de Produção de Interfaces Visuais para Recuperação da Informação. 78 p. Tesis de Maestria no publicada – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília. Recuperado el 10 de junio del 2010 en: [http://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/xavier\\_rf\\_me\\_mar.pdf](http://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/xavier_rf_me_mar.pdf)

- Yan, P. (2008). Syndromic surveillance systems.. *Annual Review of Information Science and Technology*, 42, 425-495.
- Yang, H. (2007). The top 40 citation classics in the Journal of the American Society for Information Science and Technology. *Scientometrics*, 78(3), 421–426.
- Yang-Pelaez, J. & Flowers, W. C. (2000). Information content measures of visual displays. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '00)*, pp. 99-103.
- Yi, J. S., Kang, Y. A., Stasko, J., & Jacko, J. (2007). Toward a deeper understanding of the role of interaction in information visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 13(6), 1224-1231. Recuperado el 5 de marzo de 2007 de: <http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2007.70515>
- Yost, B. (2006). The perceptual scalability of visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 12(5), 837-844.
- Yovits, M. C. (1969). Information science: toward the development of a true scientific discipline. *American Documentation*, 20(4), 369-376.
- Zhang, J. (2007). *Visualization for Information Retrieval*. En: [The Information Retrieval Series](#), vol.23. Berlin: Springer.
- Zhao, D. & Strotmann, A. (2008). Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996-2005: Introducing author bibliographic-coupling analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 59(13), 2070–2086.
- Zhou, M. X. Y. & Feiner, S. K. (1998). Visual task characterization for automated visual discourse synthesis. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Los Angeles, California, April 18 - 23). C. Karat, A. Lund, J. Coutaz, & J. Karat, (Eds.) Conference on Human Factors in Computing Systems. pp. 392-399. New York: ACM Press/Addison-Wesley.
- Zhu, B. & Chen, H. (2005). Information Visualization. *Annual Review of Information Science and Technology*, 39, 139-177.
- Zilleruelo-Ramos, R. A. (2008). Visualización de redes sociales en comunidades virtuales para la toma de decisiones. Tesis de Graduación no publicada para Ingeniero Civil en Computación. Departamento de Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Recuperada el 5 de mayo del 2009 en: [http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2008/zilleruelo\\_rr/html/index-frames.html](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2008/zilleruelo_rr/html/index-frames.html).
- Zins, C. (2006). Redefining information science: from “information science” to “knowledge science”. *Journal of Documentation*, 62(4), 447-461.

Zins, C. (2007a). Conceptions of information science, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(3), 335–350.

Zins, C. (2007b). Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(4), 479–493.

Zuk, T. & Carpendale, M. S. T. (2006). Theoretical analysis of uncertainty visualizations. *Proceedings SPIE & IS&T Conf. Electronic Imaging*, Vol. 6060: Visualization and Data Analysis.