Guía de lecturas en el ámbito de la visualización de datos

PID_00279599

Julià Minguillón Alfonso

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 5 horas



Universitat Oberta de Catalunya

Julià Minguillón Alfonso

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por el profesor: Julià Minguillón Alfonso

Tercera edición: febrero 2021
© de esta edición, Fundació Universitat Oberta de Catalunya (FUOC)
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Autoría: Julià Minguillón Alfonso
Producción: FUOC



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento-Compartir igual (BY-SA) v.3.0. Se puede modificar la obra, reproducirla, distribuirla o comunicarla públicamente siempre que se cite el autor y la fuente (Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), y siempre que la obra derivada quede sujeta a la misma licencia que la obra original. La licencia completa se puede consultar en: http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/legalcode.es

Índice

Introducción..... 5

1. Pioneros de la visualización..... 11

2. Antecedentes históricos..... 13

3. Representaciones visuales..... 16

4. ¿Qué es una visualización?..... 22

5. Tipos de datos y operaciones..... 28

6. Principios de percepción..... 31

7. Principios de diseño para la comunicación visual..... 35

8. Los aspectos estéticos en el proceso de diseño..... 38

9. Visualizaciones que dejan huella..... 44

10. La visualización como medio de comunicación..... 48

11. Introducción al análisis visual..... 51

12. Herramientas de análisis visual..... 54

13. La interacción en la visualización de datos..... 56

14. Visualización de datos masivos..... 59

15. Introducción a D3.js..... 61

16. Incorporación de la perspectiva de género..... 64

Resumen..... 66

Introducción

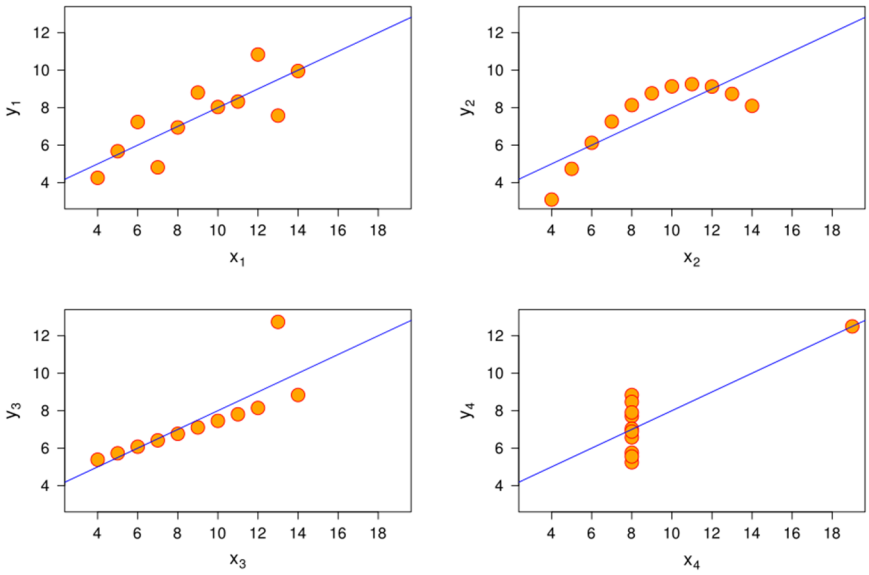
La visualización de datos es un ámbito de conocimiento en constante evolución que últimamente se ha visto impulsado debido a la gran cantidad de datos disponibles, los cuales esperan a ser analizados, interpretados y contextualizados mediante una narrativa que combina texto, imágenes y otros recursos interactivos, más allá de presentaciones estáticas que usan ciertos elementos gráficos como soporte. El *boom* de las redes sociales, el uso de dispositivos móviles y la práctica digitalización de todos los servicios (consumo, educación, ocio, etc.) permiten, en la práctica, disponer de datos sobre cualquier actividad humana que opere parcial o totalmente con la tecnología. Así, desde la aparición de internet a mediados de los años noventa, la capacidad de generar, procesar y compartir datos ha ido creciendo exponencialmente, se ha multiplicado por mil cada pocos años y ha obligado a adoptar nuevos prefijos (*mega-*, *giga-*, *tera-*, etc.) que reduzcan las cifras manejadas a cantidades razonables.

En este sentido, la visualización de datos es uno de los mecanismos de los cuales se dispone para presentar toda esta información de forma razonable para los usuarios finales, sin que estos se vean superados por semejante avalancha de datos. Una visualización de datos es un primer paso para el análisis y proyección de los datos disponibles, utilizando los recursos del sistema visual humano como procesador para detectar patrones, tendencias y/o anomalías. En este sentido, una visualización permite, de forma eficiente, medir y comparar datos, entre otras operaciones. Incluso un simple resumen de un conjunto de datos puede ser mejor transmitido y comprendido mediante una visualización que mediante el uso de texto y tablas numéricas.

Un ejemplo es el conocido como «cuarteto de Anscombe», creado por Francis Anscombe en 1973 para mostrar las limitaciones del uso de descriptores estadísticos para resumir un conjunto de datos, tal y como muestra la figura 1. Está compuesto por cuatro conjuntos de once puntos en el plano de la forma (x, y) cada uno de ellos, de forma que la media y varianza de cada variable, así como la correlación entre ambas variables y el coeficiente de la recta de regresión óptima son idénticos para los cuatro conjuntos, siendo estos claramente diferenciables si se utiliza una representación visual. Obviamente cada conjunto representa el resultado de cuatro procesos diferentes: una colección de datos típica (figura superior izquierda), unos datos que siguen una relación no lineal (figura superior derecha), unos datos que siguen una relación lineal excepto uno de ellos, un posible *outlier* (figura inferior izquierda) y, finalmente, unos datos que muestran una relación no lineal entre las dos variables, pero donde un simple *outlier* genera un coeficiente de correlación elevado. Sin la visualización de estos datos usando un simple gráfico *x-y* es muy difícil hacerse a la idea de las cuatro distribuciones subyacentes en cada caso. Aunque se trata de un ejemplo sintético, muestra de forma convincente las limitaciones de los

descriptores estadísticos más habituales en los trabajos de investigación y las posibilidades de la visualización como herramienta de análisis visual complementaria.

Figura 1. El cuarteto de Anscombe



Fuente: Wikipedia.

Por lo tanto, acompañar (o incluso sustituir) los datos originales por una representación gráfica de estos puede ser muy efectivo para explicar el porqué de estos, especialmente por lo que respecta a la causalidad. No obstante, contar historias por medio de los datos requiere combinar competencias y habilidades de diferentes áreas de conocimiento, incluyendo matemáticas y estadística, informática, psicología de la percepción y, por supuesto, diseño gráfico. Se trata de un ámbito claramente multidisciplinario donde normalmente se trabaja en equipo, aunque es necesario disponer de conocimientos básicos y de un vocabulario común en cada una de las áreas mencionadas.

Para ser un experto en visualización de datos es necesario, por lo tanto, disponer de un amplio abanico de conocimientos, lo cual no es sencillo ni rápido de adquirir, sino que exige un proceso continuo. Ya en 2010, Enrico Bertini (experto en visualización de datos y profesor de la New York University) lo describió desde su experiencia personal de la manera siguiente:

Enrico Bertini

Twitter: @FILWD

1) Estudiar mucho, usando los recursos abiertos disponibles en la red y otros accesibles desde una biblioteca (p. ej. artículos en bases de datos). Bertini cita como ejemplo uno de los trabajos clave en el ámbito de la visualización escrito por Edward Tufte, llamado *The Visual Display of Quantitative Information*, que a pesar de ser antiguo (data de 1983) sigue siendo una piedra angular de cualquier trabajo relacionado con la visualización de datos, tal y como lo demuestran las casi diez mil citas, según Google Scholar, y la segunda edición del libro.

Edward Tufte

Sitio web: https://www.edwardtufte.com

Twitter: @EdwardTufte

2) Robar (o, mejor dicho, copiar) buenas prácticas, pero no limitándose a reproducirlas, sino absorbiendo los detalles y trucos que hacen que una visualización de datos funcione y sea una buena práctica. Bertini recomienda estar al corriente de las principales revistas y congresos internacionales del ámbito, así como conocer los trabajos de los principales autores (como Nathan Yau, por ejemplo). Actualmente, es posible seguir mediante el uso de redes sociales (principalmente Twitter) a los mejores especialistas del ámbito, dado que internet es mejor canal para difundir este tipo de trabajos especialmente cuando requieren interactividad.

Nathan Yau

Sitio web: http://flowingdata.com/
Twitter: @flowingdata

3) Criticar, siendo capaz de detectar aquellos aspectos que diferencian lo que es una buena práctica de lo que no lo es, intentando en este caso detallar y corregir los aspectos erróneos, lo que permitirá ver las dificultades del problema que hay que resolver.

4) Producir una buena visualización, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos. Esto puede exigir el uso de herramientas más o menos complejas (desde Excel hasta Tableau, por ejemplo) o incluso lenguajes y bibliotecas de programación (Processing o D3, entre otros), lo cual determinará el grado de sofisticación alcanzable. Tal como dice Bertini, es posible crear visualizaciones excelentes independientemente de la tecnología usada. También es necesario disponer de datos que se visualizarán, aunque hoy día internet es un enorme repositorio de datos sobre los cuales hacerse preguntas interesantes y tratar de responderlas mediante una visualización.

Processing

Sitio web: https://processing.org/

5) Salir de la zona de confort, exponiendo la visualización creada al escrutinio público, especialmente mediante las redes sociales o el uso de repositorios y sitios web dedicados especialmente a compartir trabajos de este tipo. Los tres beneficios esperados son tener que darle más importancia y realizar un buen trabajo antes de exponerlo, tener que pensar sobre el uso que se le va a dar a la visualización y, especialmente, obtener *feedback* de otros usuarios interesados en la visualización de datos, de forma que sea posible detectar y corregir aquellos detalles que lo requieran.

Así pues, una manera de empezar con este plan descrito por Bertini es conocer algunos de los trabajos de autores clave en el ámbito. Con este objetivo, este material pretende guiar al lector a través de una serie de referencias básicas en el ámbito de la visualización de datos, con el objetivo de comprender qué es una visualización, los antecedentes históricos previos a la situación actual de abundancia de datos y tecnologías, el uso de visualizaciones interactivas para manipular y analizar dichos datos, así como los elementos que componen una visualización y determinan, tanto objetiva como subjetivamente, su percepción por parte del usuario final de la visualización. Se trata, por lo tanto, de proporcionar un vocabulario básico y una introducción a los principios que rigen la visualización de datos como mecanismo para la creación y transmisión de conocimiento. Es importante recordar en este momento la secuencia

«datos, información, conocimiento y sabiduría», y evitar la discusión sobre si se están visualizando datos o información, dado que siempre se trata de lo segundo, aunque se utilicen indistintamente los dos conceptos.

Esta guía no es, de ninguna manera, exhaustiva, sino que se trata de una serie de lecturas escogidas por su temática, representatividad o por la importancia de sus autores dentro del ámbito y que, de alguna manera, están relacionadas entre sí por su contenido multidisciplinar. Al contrario, constantemente se hará referencia a otros recursos (principalmente sitios web) que pueden usarse como punto de partida para alcanzar una visión más completa de este ámbito en constante evolución. Y, obviamente, esta guía no sustituye a las lecturas, sino que sirve de punto de entrada para ponerlas a todas en contexto.

Los artículos que constituyen esta guía de lectura (por orden de aparición en el texto) son los siguientes:

- *The Visual Display of Quantitative Information*. Edward Tufte, 1983. Graphics Press (vol. 2, núm. 9), Chesire, CT, EE. UU.

- «A brief history of data visualization». Michael Friendly, 2006. *Handbook of Data Visualization* (págs. 15-56).

- «Visual Representation». Alan Blackwell, 2011. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (2.ª ed.), (cap. 5).

- «What is Visualization?». Lev Manovich, 2010.

- «The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations». Ben Shneiderman, 1996. *Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages* (págs. 336-343).

- «Data Visualization for Human Perception». Stephen Few, 2011. *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (2.ª ed.), (cap. 35).

- *Design principles for visual communication. Communications of the ACM*. M. Agrawala; W. Li; F. Berthouzoz, 2011 (vol. 54, núm. 4, págs. 60-69).

- A. V. Moere; H. Purchase (2011). «On the role of design in information visualization». *Information Visualization* (vol. 10, núm. 4, págs. 356-371).

- Borkin, M. A.; Vo, A. A.; Bylinskii, Z.; Aísla, P.; Sunkavalli, S.; Oliva, A.; Pfister, H. (2013). «What makes a visualization memorable?» *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (vol. 19, núm. 12, págs. 2306-2315).

- Pandey, A. V.; Manivannan, A.; Nov, O.; Satterthwaite, M.; Bertini, E. (2014). «The persuasive power of data visualization» *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, (vol. 20, núm. 12, págs. 2211-2220).

- *Visual analytics: Definition, process, and challenges. In Information visualization* D. Keim; G.Andrienko; J. D. Fekete; C. Görg; J. Kohlhammer; G. Melançon, 2008 (págs. 154-175). Berlín, Heidelberg: Springer.

- «Interactive Dynamics for Visual Analysis: a taxonomy of tools that support the fluent and flexible use of visualizations». Jeffrey Heer y Ben Shneiderman, 2012. *ACM Queue* (vol. 10, núm. 2).

- Dimara, E.; Perin, C. (2019). «What is Interaction for Data Visualization? ». *IEEE transactions on visualization and computer graphics* (vol. 26, núm. 1, págs. 119-129).

- *Massive data visualization analysis analysis of current visualization techniques and main challenges for the future. In Information Systems and Technologies (CISTI), 2017 12th Iberian Conference on* (págs. 1-6). M. P. Cota; M. D. Rodríguez; M. R. González-Castro; R. M. M. Gonçalves (junio de 2017). IEEE.

- «D^3: Data-Driven Documents». Michael Bostock, Vadim Ogievetsky y Jeffrey Heer, 2011. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (vol. 17, núm. 12, págs. 2301-2309).

- D'Ignazio, C.; Klein, L. F. (2016, octubre). «Feminist data visualization». *In Workshop on Visualization for the Digital Humanities (VIS4DH)*, Baltimore. IEEE.

1. Pioneros de la visualización

Edward Tufte

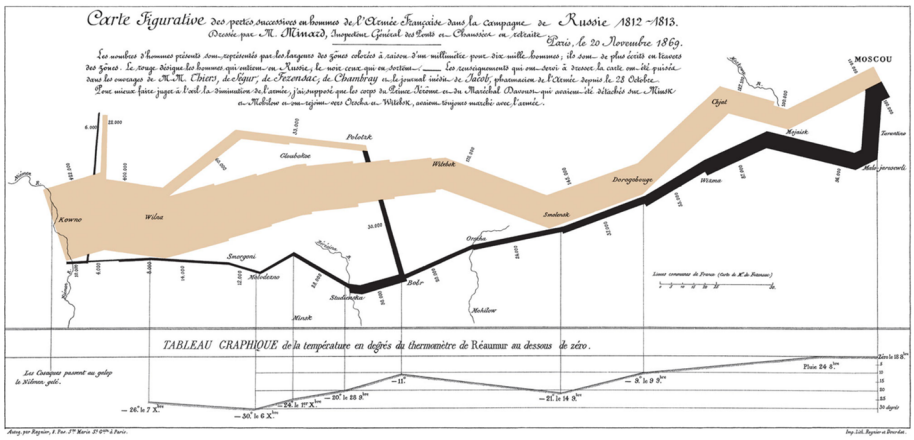
Sitio web: https://www.edwardtufte.com/tufte/
Twitter: @EdwardTufte

Uno de los primeros trabajos en el ámbito de la visualización de datos es *The Visual Display of Quantitative Information*, escrito por Edward Tufte en 1983. Tufte es profesor de la Universidad de Yale y está considerado como uno de los pioneros de la visualización de datos. Tufte introdujo el uso de diagramas como metodología habitual para la descripción de datos y su análisis preliminar, como una herramienta más parte de la estadística. Es el inventor del concepto *chart junk* (diagrama basura), para criticar el mal uso de las visualizaciones cuando no aportan nada a los datos representados. También definió lo que se conoce como *data-ink ratio*, que es el porcentaje de tinta (en el sentido del área ocupada en el gráfico) útil respecto al total, es decir, aquella parte del gráfico que es indispensable para entenderlo, al contrario de otros detalles puramente estéticos que sí serían superfluos.

En este trabajo, Tufte desgrana una serie de visualizaciones de datos y las relaciona con el tipo de datos que se van a visualizar y el contexto en el cual fueron creadas, y también hace un repaso a algunas visualizaciones históricas, como el gráfico que describe las pérdidas del ejército francés durante la campaña de Napoleón en Rusia (1812-1813), creado por Charles Minard y mostrado en la figura 2. Tufte describe en detalle el uso de mapas, series temporales y su combinación, lo que él llama narrativas espacio-temporales, así como el uso de visualizaciones para mostrar relaciones entre elementos.

Pero lo más interesante del trabajo de Tufte es el concepto de *excelencia*, que define como la comunicación de ideas complejas con claridad, precisión y eficiencia. La excelencia es lo que proporciona al usuario de la visualización la mayor cantidad de ideas en el más corto espacio de tiempo mediante el mínimo uso de tinta y en el espacio más pequeño posible. La excelencia es casi siempre multivariada, no depende de una sola variable. Y, finalmente, la excelencia requiere contar la verdad sobre los datos, algo que desafortunadamente parece haberse perdido en muchas visualizaciones de carácter político, en las que se utilizan las visualizaciones como herramienta de manipulación. En este sentido, cualquier persona interesada en ser un «periodista de datos» debería adoptar las ideas de Tufte como principios básicos.

Figura 2. Mapa figurativo de las sucesivas pérdidas de hombres de la Armada Francesa en la campaña de Rusia 1812-1813, por Charles Minard (1869)



Fuente: Wikipedia.

2. Antecedentes históricos

Michael Friendly

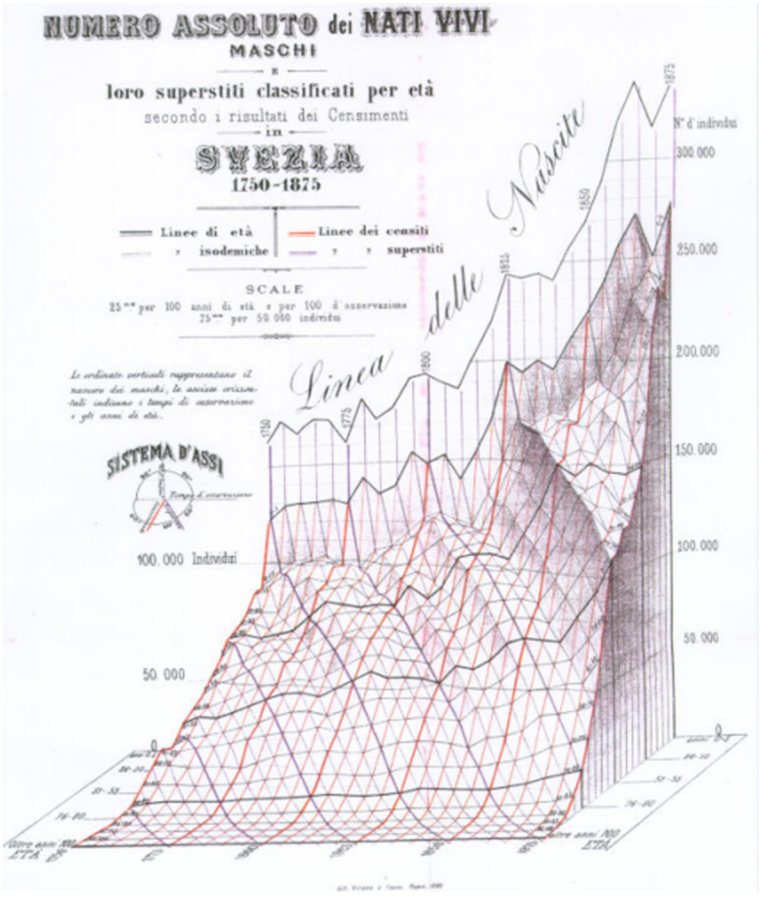
Sitio web: http://www.datavis.ca/

Aunque hay excelentes introducciones sobre qué es una visualización de datos y el significado del concepto a lo largo de la historia, la lectura recomendada para este apartado es el artículo «A brief history of data visualization», de Michael Friendly, publicado en el año 2006 como un capítulo de un manual de visualización de datos parte de una colección de libros de estadística, lo que da muestra de la importancia de la visualización como herramienta para el análisis de datos. Friendly es un autor muy prolífico en el ámbito de la visualización, impulsor del sitio web DataVis, en el cual se pueden encontrar muchos otros recursos relacionados, incluyendo artículos, libros y software.

El artículo de Friendly está estructurado según una línea temporal, que incluye desde las primeras visualizaciones (de hecho, mapas y diagramas) previas al siglo XVII hasta la actualidad (a partir de 1975), donde la tecnología ha hecho posible la creación masiva de visualizaciones. De hecho, una revisión del artículo hoy día seguramente añadiría una nueva sección dedicada al *boom* que ha tenido la visualización recientemente, por la disponibilidad masiva de datos y la aparición de tecnologías que permiten la creación de visualizaciones de datos dinámicas, con la utilización de la web como medio.

Una de las etapas más interesantes destacadas por Friendly es la ocurrida en la segunda mitad del siglo XIX, cuando se desarrollaron muchas técnicas para el análisis estadístico, que eran aplicadas a todos los ámbitos de la planificación social, la industrialización, el comercio y el transporte. Esto provocó la aparición de muchas innovaciones en la visualización de datos, necesarias para poder explicar los datos y fenómenos tan complejos de la sociedad del momento. Un primer paso fue la utilización de elementos 3D proyectados como vía de escape del plano que hasta el momento limitaba las posibilidades, como el ejemplo de la figura 3. Otro fue la combinación de mapas con datos de cada región, de forma que en una misma representación se combinaban datos espaciales con otros temporales. Finalmente, el uso de gráficos para el análisis estadístico (la correlación era un concepto aún en desarrollo) permitió a Francis Galton y otros investigadores avanzar en la formalización de las observaciones realizadas y convertirlas en técnicas estadísticas, como muestra la figura 4. Un resultado de toda esta actividad fue la aparición de atlas estadísticos, es decir, informes de datos recopilados sobre casi todos los aspectos de la vida cotidiana acompañados de gráficos detallados. Friendly destaca la colección «Albums de Statistique Graphique», publicada anualmente por el Gobierno francés entre 1879 y 1897, y que fue discontinuada por su alto coste de producción, así como la realizada por el Gobierno de Estados Unidos entre 1872 y 1874.

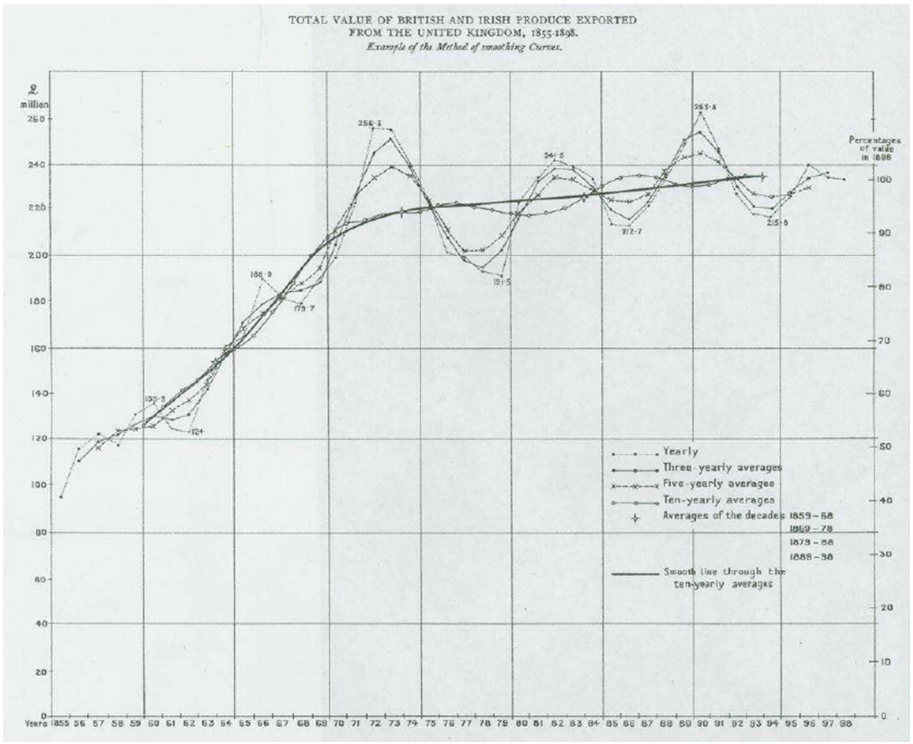
Figura 3. Población de Suecia entre 1750 y 1875, realizada por Luigi Perozzo en 1880



Fuente: datavis.ca.

Friendly destaca varios elementos que han sido clave en la evolución de lo que actualmente se conoce como visualización de datos. Por una parte, el desarrollo y formalización de herramientas estadísticas para el análisis de datos, y la consiguiente necesidad de representar los resultados obtenidos mediante estas. Por otra parte, la aparición de ordenadores y lenguajes de programación (como Fortran), que permitieron automatizar cálculos y crear las primeras representaciones gráficas para conjuntos de datos con cientos o miles de elementos.

Figura 4. Visualización del efecto del suavizado en series temporales, por Arthur Bowley, 1901



Finalmente, Friendly resume la evolución de la visualización de datos sobre la base de la necesidad de resolver problemas concretos, relacionados con el deseo de visualizar fenómenos y relaciones entre elementos de forma diferente, y esto último es posible gracias al desarrollo de las metodologías (análisis estadístico) y las tecnologías (ordenadores).

3. Representaciones visuales

Alan Blackwell

Sitio web: http://www.cl.cam.ac.uk/~afb21/

Otra aproximación a la evolución del uso de la imagen a lo largo del tiempo se puede encontrar en el artículo «Visual Representation», de Alan Blackwell, publicado en 2011 como un capítulo de una enciclopedia del ámbito de la interacción persona-ordenador (en inglés *human-computer interaction*), lo cual no resulta extraño en cuanto los seres humanos son, principalmente, visuales y los ordenadores han evolucionado para maximizar el uso de imágenes como interfaz para facilitar su uso.

Este trabajo tiene dos partes bien diferenciadas. En la primera, Blackwell describe mediante el uso de ejemplos los diferentes tipos de elementos que se han usado a lo largo de la historia para la representación de datos e información, desde los primeros textos hasta el uso de representaciones basadas en iconos para la creación de interfaces de usuario. En la segunda parte, Blackwell presenta una aproximación holística que engloba todos los elementos descritos en la primera, de acuerdo con tres dimensiones complementarias: el tipo de elemento o recurso utilizado, la correspondencia con la realidad representada y su uso en un contexto de diseño de la interacción.

Así pues, Blackwell inicia la primera parte mediante la descripción de los elementos que siempre han formado parte del conjunto de herramientas básicas para contar historias, empezando por el texto, el cual se modula mediante el uso de estructuras sencillas (párrafos, columnas y tablas en páginas) y sus propiedades (alineación, indentación, bordes y sombreados), junto con la elección de una tipografía adecuada (tamaño, familia y color). El concepto de texto es muy amplio, e incluye obviamente el uso de dígitos y otros símbolos propios de otros sistemas de representación, como por ejemplo el uso de letras griegas en el caso de ecuaciones y fórmulas matemáticas o la notación musical, un lenguaje en sí mismo fuertemente visual.

El siguiente elemento destacado por Blackwell son los mapas y diagramas, que son una evolución del concepto de símbolo, ya que permiten concentrar mayor cantidad de información y establecer relaciones entre los elementos que los componen, modificando parámetros como su posición y tamaño, por ejemplo. En el caso concreto de los mapas, usados desde tiempos ancestrales, el objetivo habitual es representar la realidad (una región de nuestro mundo 3D) mediante un conjunto de símbolos y etiquetas, que representan y describen los elementos que se desea destacar, como por ejemplo el mapa de Juan de la Cosa, creado justo después del descubrimiento de América, mostrado en la figura 5.

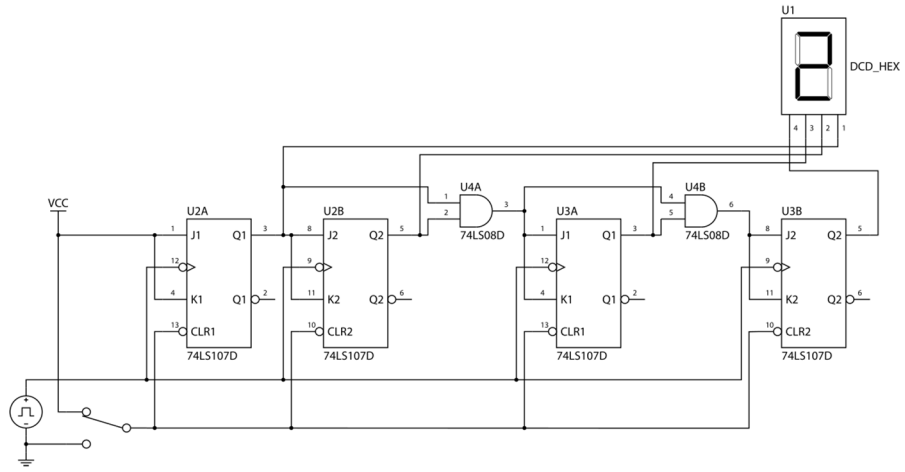
Figura 5. Mapamundi de Juan de la Cosa, hacia 1500, el primer mapa que representa el nuevo y recién descubierto continente, América



Fuente: Wikipedia.

Por su parte, los diagramas son representaciones esquemáticas de un elemento complejo, con el objetivo de simplificar su entendimiento, que se focalizan en aquellos aspectos que determinan su naturaleza, habitualmente con un conjunto de símbolos propio. Un ejemplo son los esquemas usados para la representación de circuitos electrónicos, como el mostrado en la figura 6. En los diagramas el tamaño y distancia relativos de los elementos que los componen no son tan importantes como en un mapa, dado que se está haciendo una abstracción de la realidad, eliminando detalles innecesarios.

Figura 6. Diagrama de circuito de un contador TTL de 4 bits



Fuente: Wikipedia.

Un tipo especial de diagramas son aquellos que hacen énfasis en las relaciones entre los elementos que lo componen, de forma que la posición exacta pierde fuerza con respecto al orden o proximidad entre los elementos. Un ejemplo característico son los diagramas usados para la representación de las redes de transporte (especialmente el metro, como el mostrado en la figura 7), en los que la posición absoluta de los elementos no importa, y es la posición relativa (entre dichos elementos) la que aporta información. No son un mapa por lo que respecta a precisión, pero sirven igualmente de orientación. Los diagramas

suelen representar estructuras tipo árbol o grafo, las cuales permiten describir relaciones (en algunos casos jerárquicas) entre elementos. Blackwell menciona la dificultad que puede comportar para algunos usuarios entender este tipo de visualización, especialmente si no se relativiza el concepto de distancia entre elementos.

Figura 7. Diagrama de la red de transporte subterráneo de New York

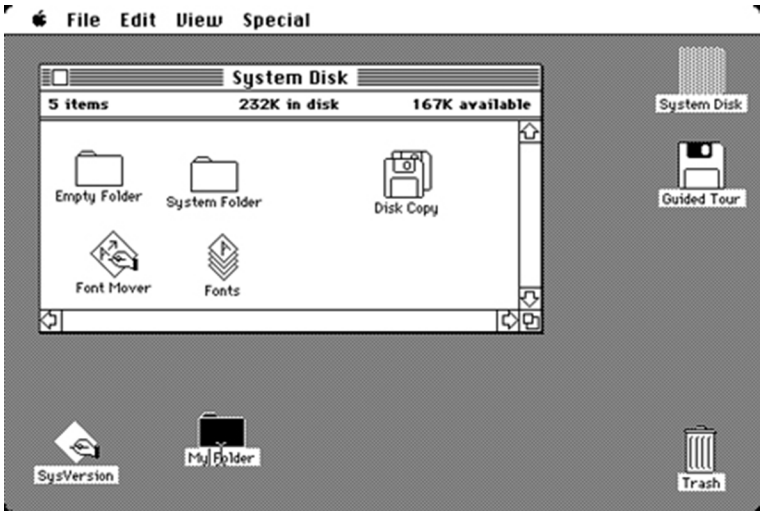


Fuente: Wikipedia.

El siguiente paso que describe Blackwell es no representar la realidad mediante un esquema, sino hacerlo directamente mediante una imagen, ya sea natural o sintética, de forma que sea posible hacerse una idea fidedigna del elemento representado. Por *natural* se entiende una imagen que reproduce un fragmento de la realidad («analógica»), mientras que por *sintética* se entiende una imagen que ha sido generada mediante un algoritmo o proceso («digital»). En el primer caso las imágenes se capturan mediante la tecnología existente, ya sea la pintura o la fotografía. En el segundo, se trata de imágenes generadas por ordenador, como las presentes en un videojuego o el resultado de un algoritmo. No obstante, la sofisticación de los gráficos generados por ordenador y su popularización en el mundo audiovisual han causado la difuminación de las barreras entre ambos tipos, por lo que en algunos casos es difícil determinar qué es real y qué no en una imagen.

El uso de imágenes para representar la realidad ha evolucionado también en lo que se conoce como *iconos*, es decir, símbolos que representan esquemáticamente un elemento de la realidad cotidiana, suplantándola y simplificándola, haciéndola fácilmente reconocible. Un ejemplo son los logos de las marcas comerciales, que sustituyen al propio nombre de la marca, como en el caso de Nike, cuyo logo (llamado Swoosh) es reconocido sin necesidad de texto alguno. En otro sentido, las interfaces de usuario actuales son un compendio de iconos que representan acciones (servicios) y/o contenidos (recursos), de acuerdo con ciertos criterios. Esto surge del concepto de metáfora visual, que fue explotado inicialmente por los investigadores de Xerox PARC, en Palo Alto (California), para el desarrollo de interfaces de usuario visuales, en un contexto en el que los ordenadores personales se usaban y programaban mediante una línea de comandos. Estas interfaces, basadas en el uso de iconos que representan elementos típicos de un entorno de trabajo o de una oficina, permitían un uso más sencillo al reducir la cantidad de texto que se tenía que leer y escribir (es decir, los comandos usados para las operaciones básicas). La metáfora de escritorio, desarrollada por Alan Kay en 1970, convierte la pantalla del ordenador en un espacio virtual que asemeja o reproduce un entorno de trabajo físico habitual, Apple fue la que lo popularizó en 1984 con la interfaz de usuario del Apple Macintosh, mostrada en la figura 8.

Figura 8. Escritorio del Apple Macintosh en 1984



Fuente: Wikipedia.

Finalmente, Blackwell se basa en la tesis doctoral de Yuri Engelhardt para clasificar todos estos elementos según tres dimensiones: el tipo de recurso gráfico utilizado, su correspondencia con algún concepto del mundo real que desea ser representado y su utilización como parte del diseño que determina la visualización. Los elementos se agrupan en cuatro categorías:

Yuri Engelhardt

Sitio web: http://datagood.org/
Twitter: @YuriEngelhardt

- Marcas: son los atributos de más bajo nivel, incluyendo forma, orientación, tamaño, textura, saturación, color y tipo de línea. En este caso, la correspondencia con el concepto representado puede ser literal (una imitación de alguna de las características físicas), un mapeo a una escala relativa o convencional (arbitraria). Los usos de este tipo de recursos son marcar

la posición, identificar categorías (mediante formas, texturas y colores), e indicar dirección y magnitud, mediante el uso de símbolos y códigos de color sencillos.

- Símbolos: incluye elementos geométricos, texto, logos e iconos, elementos pictóricos y elementos de conectividad. La correspondencia puede ser topológica (enlazando elementos), descriptiva (usando convencionalismos pictóricos), figurativa (mediante metonimia o bromas visuales), connotativa (asociada a aspectos culturales o profesionales) o adquirida (en el caso de alfabetos especializados). Se usan para la representación de textos y el cálculo simbólico, diagramas, marcas o logos, retórica visual y la definición de regiones.

- Regiones: este concepto incluye rejillas para alinear elementos, bordes, marcos, rellenos, el uso del espacio en blanco y la idea de integración de la Gestalt para dar más valor al todo que a las partes que lo componen. Así, se pueden crear contenedores para elementos de más bajo nivel, separarlos, encuadrarlos (en un sentido fotográfico, integrándolos en una composición) y crear capas. Los usos son identificar una pertenencia compartida a un cierto conjunto o categoría, la separación de elementos diferentes en paneles o bien la colocación de etiquetas, subtítulos o leyendas.

- Superficies: es la generalización de más alto nivel, e incluye los objetos físicos (3D) donde se mapea (superpone) el elemento gráfico. En este caso, la correspondencia puede ser literal (como en un mapa), euclídea (respetando escalas y ángulos), métrica (según unos ejes cuantitativos), yuxtapuesta u ordenada (en regiones y/o categorías), esquemática o bien situada en un contexto. En este nivel, los usos son los habituales en la visualización de datos: la creación de diseños tipográficos, gráficos y diagramas, incluyendo los relacionales, interfaces visuales, etc.

Con esta clasificación, Blackwell proporciona unos criterios básicos para el análisis de cualquier representación visual, indicando qué elementos deben identificarse y cuál es su significado, siguiendo el orden propuesto. Un ejemplo indicado por el autor es una partitura (mostrada en la figura 9), la cual parte de unas formas básicas (líneas, círculos...) y una disposición (el pentagrama) para representar algo tan complejo como una sinfonía. Existe un orden determinado por la lectura del pentagrama, de izquierda a derecha y de arriba a abajo, incluyendo múltiples capas (p. ej. las anotaciones que realiza el director o autor sobre la obra).

Figura 9. Pentagrama de una composición de Mozart en su infancia



Fuente: AP.

4. ¿Qué es una visualización?

Lev Manovich

Sitio web: http://manovich.net/

Twitter: @manovich

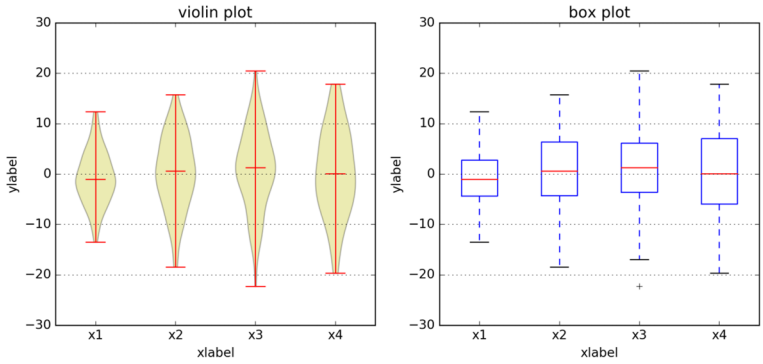
Este apartado toma el nombre de un famoso artículo del no menos famoso Lev Manovich, conocido teórico por sus trabajos sobre los medios de comunicación y las transformaciones motivadas por la adopción de las nuevas tecnologías. El artículo fue publicado en 2010, bajo el título «What is Visualization?». En dicho artículo el autor presenta un análisis de los principios que han sido clave en el desarrollo del ámbito, especialmente por lo que respecta a los nuevos medios que han impulsado y popularizado el uso de visualizaciones para narrar historias. El sitio web de Manovich es también una referencia para todos los interesados en la visualización de datos, pero desde una perspectiva más amplia, e incluye proyectos relacionados con el uso social de la imagen (por ejemplo, la moda del *selfie* o autofotos) así como otros de carácter más teórico.

En este artículo, Manovich revisa su definición inicial de 2002, en la cual define una visualización como «una transformación de datos cuantificados no visuales en una representación visual (de estos)». El autor se preocupa por definir «visualización de información» (*infovis*, abreviadamente) de la forma más inclusiva posible, teniendo en cuenta la diversidad de trabajos que podrían cobijarse bajo semejante término. Manovich empieza mostrando la diferencia entre visualización de información y visualización científica, e indica que esta última (según otros autores) se limita a datos numéricos, mientras que la primera engloba otros conceptos de semántica más compleja, como el texto o las redes y grafos. Manovich no hace semejante distinción según dicho criterio, ya que, según él, la mayoría de las visualizaciones combinan datos numéricos y no numéricos. Para Manovich, la principal diferencia entre visualización de información y visualización científica es el uso de tecnologías diferentes y el hecho de que provengan de culturas diferentes, del diseño en el primer caso y del ámbito científico en el segundo. Igualmente, Manovich se pregunta si la visualización de información es diferente del diseño de información, en este caso (abusando del lenguaje) es una cuestión de visualizar datos *versus* visualizar información, respectivamente. No obstante, Manovich rechaza una distinción tajante y considera que todos los términos se solapan.

Según Manovich, desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta la actualidad han existido dos principios clave que han dado forma a la visualización de información. El primero es el principio de reducción, que consiste en el uso de primitivas gráficas (puntos, líneas, formas geométricas simples...) para la representación de elementos y sus relaciones, que revelan patrones y estructuras subyacentes, sin necesidad de visualizar los datos originales. Esto ha conllevado una pérdida de importancia de los datos con respecto a sus representaciones, demasiado esquemáticas en algunos casos. Un ejemplo es el resumen de un conjunto de datos mediante descriptores estadísticos, como el ya mencionado cuarteto de Anscombe. El más sencillo es la media, acompañado habi-

tualmente de la varianza, que indica cómo de centrados alrededor de la media están los datos. El siguiente paso es usar *box-plots* para describir los cuartiles, mostrando la distribución de los datos y la existencia de posibles *outliers*. Actualmente se usan los *violin plots*, que integran el histograma como parte de la visualización, añadiendo información sobre la distribución real de los datos, tal y como muestra la figura 10. En función del nivel de detalle deseado y de la naturaleza de los datos, se puede optar por una representación u otra.

Figura 10. Ejemplo de *violin plot* como extensión del *box-plot* equivalente



Este reduccionismo, presente en todos los ámbitos de las ciencias, propone que el mundo puede ser analizado sobre la base de los elementos simples que lo componen y las reglas que rigen sus interacciones, de forma que pueda ser posible comprender la totalidad mediante una descripción simplificada o reducida. Así, durante el siglo XIX se desarrollaron todos los gráficos típicos para representar estos datos «reducidos» que permiten explicar aspectos sociales, demográficos, etc. Fue en esta época cuando aparecieron los gráficos de barras y de tarta, los histogramas, etc., todos ellos conceptualizados desde dicha visión reduccionista y usando los mismos elementos.

Así, el segundo principio es del uso de variables espaciales (posición, tamaño, forma, etc.) para representar diferencias en los datos y revelar así los patrones y relaciones existentes más importantes. En el ejemplo (ficticio) de la figura 10 se pueden observar las diferencias entre cuatro clases diferentes por lo que respecta a la distribución de una cierta variable con respecto a cada clase. Manovich hace notar que la visualización de información privilegia las dimensiones espaciales sobre otras, dando más importancia a la topología y a la geometría, y menos a otros aspectos como el color, la saturación o la transparencia. Así, para representar un conjunto de datos, las dimensiones más importantes son asignadas a la disposición espacial (llamada *layout*), mientras que el resto de las dimensiones se mapean habitualmente al resto de las variables visuales (color, etc.). En este caso, el color y/o la forma se usan para particionar los elementos de un conjunto de datos en diferentes clases.

Manovich hace una reflexión teórica sobre el porqué de esta distinción, es decir, ¿por qué la organización geométrica de los elementos en una representación ha de ser más importante (para la percepción humana) que las otras dimensiones visuales (color, etc.)? Manovich menciona el hecho de que todo

objeto ocupa una única parte del espacio como posible razón, dado que el cerebro utiliza esta información para segmentar el mundo tridimensional en una colección de objetos diferentes que probablemente conforman identidades diferentes (por ejemplo, gente, el cielo, el suelo, edificios, etc.). El propio concepto de arte moderno y contemporáneo en corrientes como la abstracción se ha basado en romper con la tradición de identificar y representar entidades en su contexto, dando más importancia al color sobre la forma, por ejemplo. Manovich menciona también la dificultad de reproducir representaciones gráficas mediante la tecnología existente, lo cual limita el uso del color, la transparencia, etc. Han sido los ordenadores los que han permitido crear y manipular representaciones más complejas, potenciando el uso de otras dimensiones visuales.

Manovich prosigue entonces con el concepto de visualización sin reducción (o visualización directa), en la que los datos adoptan una mayor importancia que en el caso anterior. Un ejemplo son los *tag clouds* o nubes de palabras clave, popularizados por diferentes herramientas y redes sociales aparecidas con la web 2.0, como Flickr o los blogs, entre otros. Un *tag cloud* muestra la frecuencia de aparición de cada palabra en un texto, de forma que rápidamente es posible hacerse una idea de los conceptos que aparecen en él. La figura 11 muestra una nube de palabras con las doscientas palabras más frecuentes del artículo de Manovich. Aunque sería posible usar un gráfico de barras para representar la misma información, la visualización directa proporcionada por la nube de palabras es mucho más rica, al mismo tiempo que estéticamente más agradable. No es importante saber el porcentaje de veces que aparece la palabra «visualization», sino que se puede ver rápidamente que es una de las más usadas. De hecho, una visualización directa interactiva podría proporcionar esa información si el usuario se sitúa encima de una palabra en concreto, por ejemplo, es decir, aportando detalles solamente cuando estos son requeridos, a diferencia de una visualización basada en la reducción en la que son estos detalles, precisamente, los que gobiernan la visualización.

Figura 11. *Tag cloud* con las palabras más usadas en el artículo de Manovich, «What is Visualization?»



Fuente: Elaboración propia (Tagxedo).

Manovich describe otros ejemplos de visualización directa o sin reducción. Uno de ellos es el famoso «Cinema Redux» de Brendan Dawes, creado en 2004. Dawes toma un fotograma por segundo de una película y lo reduce a una imagen de un tamaño de 8 × 6 píxeles. Luego toma sesenta de estas imágenes y las ordena como elementos de una línea, añadiendo tantas líneas como minutos dura la película, tal y como muestra la figura 12. Así, Dawes visualiza toda una película en una sola imagen, pero sin recurrir a una reducción (aun el título de la obra). Como bien indica Manovich, no se trata de una reducción propiamente dicha, sino un muestreo o *sampling*, de forma que solamente se muestran algunos de los datos originales (un fotograma de cada veinticuatro –a 24 fps–, un pixel de cada siete mil doscientos –a una resolución de 720 × 480–). Si el autor hubiera utilizado el color promedio de cada fotograma o la imagen promedio de cada veinticuatro *frames* sí que se trataría entonces de una visualización reduccionista.

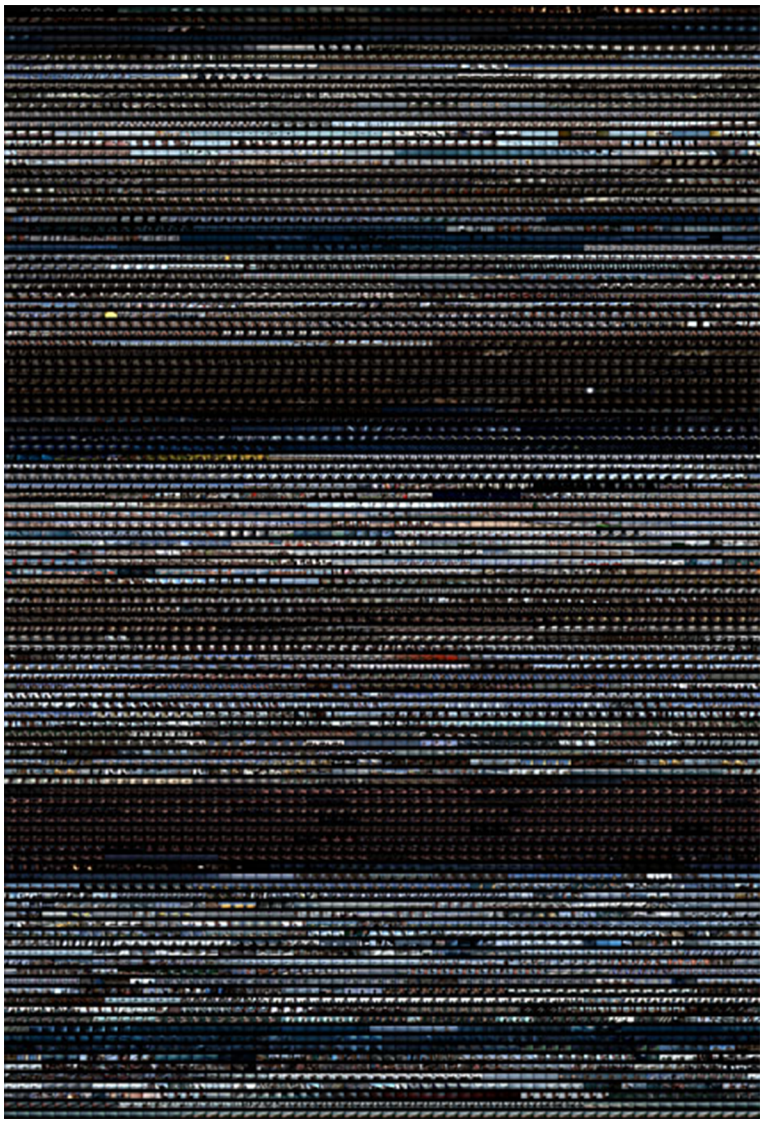
Brendan Dawes

Sitio web: http://www.brendandawes.com/

Twitter: @brendandawes

Cinema Redux: http://www.brendandawes.com/projects/ cinemaredux

Figura 12. Resumen visual de «Jaws», por Brendan Dawes, 2004



Fuente: Brendan Dawes.

Este tipo de visualización es imposible de realizar sin una tecnología que permita acceder al contenido y manipularlo según unas reglas. Dawes utilizó el lenguaje de programación Processing para capturar los fotogramas de cada película, reducirlos de tamaño y reordenarlos en forma de matriz. Estas nuevas visualizaciones aparecen de las posibilidades que ofrece la tecnología para manipular datos en su totalidad, no mediante el uso de las reducciones habituales. Manovich destaca que Dawes usa fotogramas reales, no el color promedio. No es necesario reducir los datos (a un solo número, usando descriptores estadísticos) para destacar patrones en estos datos, sino que se puede utilizar muestreo, usando los datos originales. Además, no es necesario seguir ninguna configuración espacial concreta, sino que se utiliza el orden natural de los datos.

Manovich finaliza su artículo con una reflexión alrededor del concepto de visualización directa, y se plantea si es o no un método diferente de la visualización de información, la cual sigue actualmente basándose en el uso de primitivas gráficas. Dado que las visualizaciones directas también permiten extraer

patrones y revelar estructuras en los datos, Manovich plantea que pueden ser consideradas visualizaciones tradicionales, aun cuando en la mayoría de los casos provengan de autores con *backgrounds* muy diferentes al tradicional del ámbito estadístico o científico. Ha sido la disponibilidad de tecnologías como Processing lo que ha permitido a otros autores crear visualizaciones en las que los parámetros que determinan su aspecto no son los tradicionales, aprovechando las posibilidades de manipulación por igual en todos ellos. No obstante, sigue existiendo una limitación en forma del ancho de banda necesario para transmitir imágenes (mapas de bits, datos completos), así que los gráficos tradicionales (vectoriales, basados en reducciones) seguirán siendo omnipresentes, aunque cada vez más complejos. En este sentido, lenguajes como Processing o mejor aún D3 son la prueba de que Manovich tiene razón cuando dice que la visualización directa o sin reducción es un nuevo paradigma para ser explorado, especialmente desde ámbitos como las ciencias sociales y las humanidades.

5. Tipos de datos y operaciones

Ben Shneiderman

Sitio web: http://www.cs.umd.edu/users/ben/
Twitter: @benbendc

Aunque relativamente antiguo (data de 1996), el artículo «The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations» de Ben Shneiderman sigue siendo una referencia (ha sido citado más de tres mil setecientas veces según Google Scholar) por lo que respecta a diseño de interfaces visuales para la manipulación de datos. Citando al crítico de arte Ernst Hans Josef Gombrich, Shneiderman presentó este trabajo en un simposio sobre lenguajes visuales, mostrando la necesidad de categorizar los elementos que componen una representación visual y las operaciones que se derivan de ellos.

En este trabajo, Shneiderman introduce su famoso mantra sobre cómo debe plantearse la búsqueda visual de información: «Overview first, zoom and filter, then details-on-demand», es decir, primero una visión general, después seleccionar y ampliar la zona de interés, y finalmente añadir el detalle necesario según las necesidades del usuario. A partir de esta idea, Shneiderman define siete tareas que pueden ser aplicadas a conjuntos de datos, que también son (coincidentemente) de siete tipos diferentes:

- Datos 1-dimensionales: datos organizados secuencialmente, que son consumidos según el orden como que se han generado. Por ejemplo, documentos de texto, listas de elementos, etc.

- Datos 2-dimensionales: datos que representan una cierta estructura espacial, por lo tanto, incluyendo el concepto de posición. Un ejemplo obvio son los mapas o diagramas.

- Datos 3-dimensionales: en algunos casos, se desea representar la posición de un conjunto de elementos en el mundo real, y en este caso es necesario utilizar tres dimensiones. Muchos de los primeros esfuerzos en el ámbito de la visualización de datos pertenecían a esta categoría, como por ejemplo los sistemas de información geográfica, los entornos de diseño asistidos por ordenador (CAD) para el modelado de piezas o en la arquitectura, o las imágenes resultantes de procesos de barrido del cuerpo humano.

- Datos temporales: son aquellos relacionados con eventos que tienen un inicio y un fin, y que pueden solaparse. Es importante no confundirlos con datos 1-dimensionales que son generados por un proceso con un cierto ritmo, como por ejemplo un conjunto de mediciones de la temperatura diaria en un lugar.

- Datos multidimensionales o n-dimensionales: en la mayoría de los casos, los ítems almacenados en una base de datos se describen mediante *n* atri-

butos, lo cual dificulta su visualización dadas las limitaciones de nuestro mundo tridimensional.

- Árboles (datos jerárquicos): en este caso se trata de datos que tienen una relación entre ellos, en la que cada elemento o nodo tiene un enlace a su (único) *ancestor*, excepto en el caso del nodo raíz.

- Redes: cuando las relaciones entre nodos son más generales y no existen restricciones, los árboles generalizan en grafos, los cuales pueden ser de muchos tipos diferentes (dirigido, bipartido, acíclico, etc.). Actualmente el análisis y visualización de datos de redes es una de las áreas con mayor interés (por ejemplo, el análisis del flujo de contenido en Twitter).

Sobre estos tipos de datos, Shneiderman define siete operaciones básicas, según la idea repetida en el mantra («Overview first, zoom and filter, then details-on-demand»). Obviamente para cada tipo de datos, el significado de la operación puede ser ligeramente diferente:

- *Overview*: se trata de crear una vista general de todos los datos disponibles, como punto de entrada a la exploración de estos. La vista general puede no incluir todos los datos al mismo tiempo, pero entonces debe proporcionar un mecanismo para que el usuario pueda seleccionar otros datos al mismo nivel de detalle.

- *Zoom*: se trata de un ajuste de la vista anterior, seleccionando un subconjunto de datos, pero manteniendo la sensación de posición y el contexto, acercándose o alejándose de los datos. El zoom complementa la operación anterior para poder hacerse una idea de la estructura subyacente en los datos.

- *Filter*: el usuario puede seleccionar un subconjunto de los datos, de forma que solamente visualice aquellos que cumplan unos ciertos criterios, eliminando el resto. Los criterios pueden especificarse de muchas maneras, dependiendo del tipo de datos: en el caso de una variable numérica 1-dimensional, se puede especificar un rango, mientras que en una 2-dimensional se utiliza el concepto de *bounding box*, o caja que encierra un conjunto de datos.

- *Details-on-demand*: una vez, mediante las operaciones anteriores, ya se ha seleccionado un subconjunto reducido de datos, el usuario puede solicitar información de cada uno de ellos, normalmente mediante el uso del ratón, pasando por encima o haciendo clic en los datos, de forma que aparezca la información adicional contenida en cada uno de ellos.

- *Relate*: en el caso de datos n-dimensionales, es posible establecer criterios de distancia entre los elementos del conjunto, según su tipología y el uso que se le quiera dar a la visualización. Mediante esta distancia es posible

entonces establecer relaciones entre elementos (cercanos) que comparten una o más características.

- *History*: se trata de mantener una lista de las operaciones realizadas, de forma que sea posible deshacer alguno de los pasos realizados durante el proceso de visualización de los datos.

- *Extract*: finalmente, una vez se han seleccionado los datos y la información adicional requerida, se trata de poder volcarlos para poder reutilizarlos en otro contexto, almacenándolos como un nuevo conjunto de datos.

Finalmente, Shneiderman propone una manera sencilla para que usuarios no expertos puedan crear selecciones complejas (es decir, filtros) a partir de los datos disponibles, combinando operadores booleanos sencillos de forma dinámica, obteniendo visualizaciones de datos adaptadas a sus necesidades. Si la visualización no es usable y no permite al usuario responder a sus preguntas, entonces no es útil. Shneiderman, de forma casi profética, finaliza su artículo destacando que el uso de ordenadores ha generado una explosión de datos difícilmente gestionable, pero que a la vez es posible utilizar los ordenadores para visualizar dichos datos mediante diferentes herramientas conocidas (que combinan las operaciones descritas anteriormente) así como otras (usando palabras textuales del autor) que todavía deben ser domadas y validadas.

6. Principios de percepción

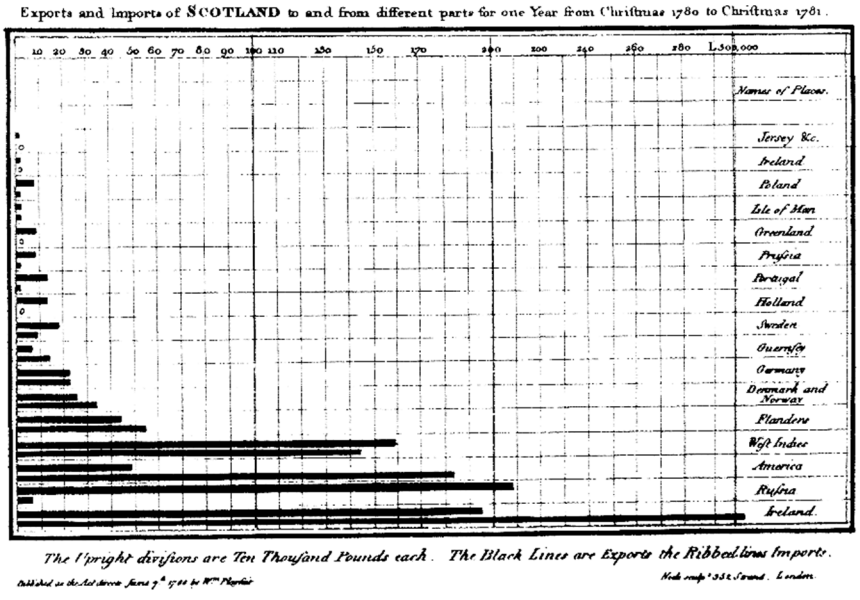
Stephen Few

Sitio web: https://www.perceptualedge.com/

También forma parte de la enciclopedia de la interacción persona-ordenador el artículo «Data Visualization for Human Perception», publicado en 2011, que presenta qué aspectos relacionados con la percepción son importantes a la hora de tomar decisiones respecto al diseño de una visualización. En este artículo, Stephen Few describe unos principios básicos de percepción visual y cognición que se han de respetar, de forma que sea posible traducir una idea abstracta a un conjunto de atributos físicos, entre otros la forma, posición, tamaño y el color, de los elementos que compondrán la visualización.

Es un dicho popular que «una imagen vale más que mil palabras», pero esto solamente es cierto si la historia se puede narrar mejor visualmente y está bien diseñada. Por ejemplo, analizar tablas con datos numéricos no da una idea de su estructura, es mucho mejor visualizarlos y detectar rápidamente tendencias, patrones, máximos y mínimos, etc. Este es el poder de la visualización de datos, poder captar rápidamente los aspectos más característicos de un conjunto de datos mediante las capacidades del sistema visual humano. Lo mismo sirve para otros tipos de datos, como las redes o estructuras de elementos relacionados entre sí. Few describe la evolución del uso de gráficos para la representación de datos desde el trabajo pionero de William Playfair (1759-1823), quien usó por primera vez gráficos de diferentes tipos (de líneas, de barras y de tarta), como muestra el ejemplo de la figura 13.

Figura 13. Importaciones y exportaciones de Escocia a otras regiones del mundo, por William Playfair, 1786



Fuente: Wikipedia.

Usando diferentes ejemplos, Few introduce las ideas que deberían regir cualquier visualización de datos:

- Una visualización debería indicar claramente cómo los valores mostrados se relacionan (comparan) los unos con otros, o cada uno con la totalidad.
- Representa las cantidades de forma precisa.
- Facilita la comparación entre cantidades.
- Facilita establecer el orden de los elementos según la cantidad que representan, es decir, detectar máximos y mínimos.
- Deja claro cómo debería usarse la visualización y cuáles son sus objetivos y para qué debería usarse.

Así, se puede observar que un gráfico tan extendido como el gráfico de tarta no es eficiente, puesto que no facilita la comparación entre cantidades ni permite reordenar fácilmente los elementos una vez representados. Es mucho más efectivo un gráfico más sencillo como el de barras, principalmente porque se percibe mejor una dimensión lineal (una barra) que una angular (un segmento de tarta).

Según Few, la visualización de datos funciona porque cambia el equilibrio entre la percepción y la cognición, aprovechando las capacidades visuales del cerebro humano. Few se basa en la psicología de la Gestalt, una corriente de la psicología moderna que trata (entre otros) del concepto de percepción, para describir cómo los seres humanos perciben patrones, sus formas y la organización de estos cuando se visualiza algo. Algunos de los principios que determinan estos aspectos son:

- Principio de proximidad: los objetos que se encuentran cerca unos de otros se perciben como un grupo.
- Principio de similitud: los objetos que comparten atributos similares (por ejemplo, su forma o color) se perciben como un grupo.
- Principio de adjunción: los objetos que parecen tener una frontera o borde alrededor de ellos (una línea o un área de color) se perciben como un grupo.
- Principio de clausura: una estructura abierta (parcialmente) se percibe como cerrada, completa y regular siempre que exista la posibilidad razonable de ser interpretada de dicha manera.

- Principio de continuidad: los objetos que están alineados o bien aparecen uno a continuación de otro se perciben como un grupo.

- Principio de conectividad: los objetos que están conectados (por ejemplo, mediante una línea) se perciben como grupo.

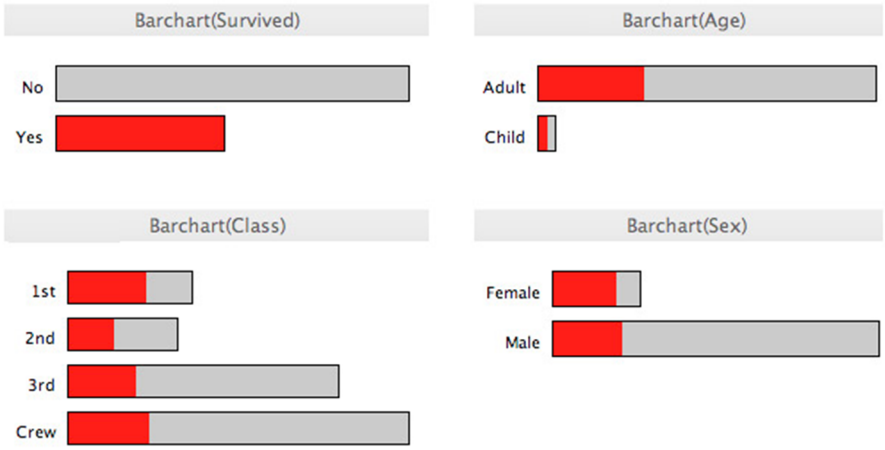
Estos principios y las ideas anteriormente mencionadas se pueden entender mejor mediante los avances en dos ámbitos de estudio: el procesamiento visual preventivo (en inglés, *preemptive*) y los mecanismos y limitaciones de la atención y la memoria. Es sabido que el procesamiento visual es más rápido que el verbal. En parte, porque el sistema visual humano realiza tareas de bajo nivel muy rápidamente dado que están codificadas mediante circuitos neuronales específicos, para detectar atributos básicos como longitud, tamaño, color (tono e intensidad), ángulo, textura y forma, entre otros. Además, las limitaciones para procesar y recordar múltiples elementos simultáneamente hacen que sea más eficiente utilizar una visualización. Según Few, la visualización de datos puede extender la capacidad de análisis, ya sea mediante el uso de visualizaciones simples pero efectivas o bien, en un futuro, mediante nuevos usos, incluyendo el uso de interfaces complejas para interactuar con visualizaciones de forma sencilla, integrando el análisis estadístico y el uso de minería de datos para la extracción de conocimiento.

Robert Kosara

Sitio web: http://kosara.net/ y https://eagereyes.org/
Twitter: @eagereyes

Finalmente, se puede destacar un comentario de Robert Kosara respecto al concepto de metáfora visual, muy extendido actualmente y mencionado con anterioridad en el artículo de Alan Blackwell. Kosara, uno de los responsables actuales de la herramienta de visualización de datos Tableau y del blog eagereyes, presenta brevemente la idea de metáfora visual como una manera de forzar la visualización, de acuerdo con otros criterios (quizás puramente estéticos), especialmente por lo que respecta a la interacción. Kosara describe diferentes operaciones que se pueden usar para manipular datos en una visualización interactiva, desde las más sencillas asociadas al movimiento del ratón sobre los diferentes elementos que la componen hasta el *linking* (cuando una visualización muestra el mismo subconjunto de datos en diferentes vistas mediante los mismos atributos, estableciendo una relación o enlace entre ellos) y el *brushing* (cuando el usuario selecciona diferentes elementos para crear un subconjunto de datos de interés), tal y como muestra la figura 14. Así, una vez se han seleccionado (*brushing*) los pasajeros que sobrevivieron al accidente del *Titanic* en la figura superior izquierda, la visualización muestra los mismos pasajeros repartidos según las otras categorías (dimensiones) usadas para clasificarlos, lo que permite ver, por ejemplo, que el porcentaje de mujeres que sobrevivieron es mucho mayor que el de hombres.

Figura 14. Ejemplo de *brushing* y *linking* en una visualización de datos sobre los pasajeros y la tripulación del *Titanic*



7. Principios de diseño para la comunicación visual

En este artículo, publicado en la revista *Communications of the ACM* en 2011, los autores describen los principios de diseño básicos que fundamentan la creación de visualizaciones en un ámbito de aplicación, como por ejemplo la generación de mapas o la de manuales técnicos, siguiendo una metodología que combina el conocimiento adquirido de buenas prácticas con técnicas para automatizar la generación de diseños.

Los autores identifican los factores que hacen que una visualización sea efectiva, basándose en las capacidades del sistema visual humano, mejorando la comprensión, la memorización y la capacidad de inferencia respecto a otros mecanismos para transmitir información. Este hecho es especialmente importante en el contexto actual, donde se generan grandes cantidades de datos y de información cada día; así, es necesario disponer de herramientas que faciliten la creación de visualizaciones basadas en unos principios que aseguren los factores mencionados.

Un ejemplo es el rediseño que propuso Harry Beck para el mapa de las estaciones de metro de Londres, mostrado en la figura 15, y que se empezó a usar en 1933. En este mapa el principal cambio es que el autor no respetó las posiciones ni distancias entre estaciones, sino que optó por estilizar las líneas y cambiar la distancia entre estaciones. Este cambio se basa en que los usuarios del metro no necesitan saber exactamente dónde están por los túneles, solo la dirección y las paradas que quedan para llegar a su destino, que es exactamente donde pone el acento este mapa.

Figura 15. Mapa de Jerry Beck para el metro de Londres



Fuente: https://londontopia.net/site-news/featured/london-icon-tube-map/.

Los autores huyen del debate sobre la interacción entre los aspectos estéticos y las propiedades funcionales de la visualización; se centran en cómo las elecciones tomadas en el diseño afectan a la percepción y cognición de la visualización. Para hacerlo, definen el concepto de «principio de diseño», como una

compilación de guías que ayudan a crear visualizaciones más comprensibles. Los principios de diseño no son rígidos, sino más bien consejos que, de hecho, pueden ser contradictorios entre sí, dejando entrever la componente subjetiva del proceso, funcionando como un conocimiento tácito que se desarrolla creando y analizando ejemplos. No obstante, los autores intentan formalizar estos principios de diseño sobre la base de una aproximación fundamentada en tres fases:

1) Identificación de los principios de diseño, mediante el análisis de visualizaciones previas en el ámbito de conocimiento, intentándolos conectar con la investigación en aspectos de percepción y cognición.

2) Implementación de los principios de diseño en forma de algoritmos e interfaces que permiten crear visualizaciones según los principios establecidos.

3) Evaluación de los principios de diseño sobre la base de las visualizaciones creadas, midiendo las mejoras que aporta la visualización en cuanto al procesamiento de información, comunicación y toma de decisiones.

A continuación, los autores detallan dos casos en los que han usado esta aproximación, uno para la creación de mapas esquemáticos (para dar direcciones para llegar a un lugar, por ejemplo) y el otro para crear manuales técnicos donde se muestra cómo funciona un proceso o herramienta y las partes que los componen. El caso de los mapas esquemáticos es muy interesante, dado que incorporan aspectos psicológicos de cómo los humanos usamos los mapas para ir a un lugar concreto, descartando el detalle innecesario, respetando orientaciones pero no distancias, etc. El proceso de rediseño recoge estas premisas (es decir, identifica los principios de diseño típicos del ámbito, en este caso la creación de mapas) y muestra cómo se puede crear una herramienta que, a partir de un mapa real a una cierta escala y dos puntos, genere las indicaciones para ir de un punto al otro, utilizando solo los conceptos clave de la ruta, como por ejemplo «gira aquí, coge la carretera X, etc.», sin dar tanta importancia a la distancia exacta recorrida, como hacen los GPS actuales, desafortunadamente, a pesar de que últimamente Google ha empezado a usar también estos mismos principios para rediseñar su sistema de guiado.

Es decir, se trata de incorporar los aspectos más ligados a los usuarios finales, especialmente los de percepción y cognición, en el proceso de diseño, denominando este conjunto de guías o consejos «principios de diseño». En la fase de implementación, los autores caracterizan estos principios de diseño en dos categorías: reglas de diseño y criterios de evaluación. Las reglas de diseño permiten establecer restricciones de cara a que el diseño creado sea factible (y usable), mientras que los criterios de evaluación cuantifican la efectividad de algún criterio relativo a la visualización, de forma que un conjunto de criterios de evaluación complementarios permitan evaluar la visualización en su totalidad.

Finalmente, en la fase de evaluación los autores proponen obtener diferentes medidas de la visualización, especialmente de sus usuarios, incluyendo el retorno en forma de cuestionarios o entrevistas, así como analíticas del uso de la visualización y otras técnicas más sofisticadas, como el análisis del movimiento de los ojos cuando los usuarios utilizan la visualización. Los autores destacan la importancia de incorporar a los usuarios finales desde las primeras etapas del diseño, siguiendo un modelo de diseño centrado en el usuario, aun sin mencionarlo explícitamente. También explicitan la necesidad de una evaluación rigurosa para evitar caer en la trampa de incluir otros aspectos más subjetivos que pueden distorsionar la evaluación realizada.

Como conclusión, los autores dicen que no es siempre sencillo comparar entre visualizaciones, y que esto puede depender en un grado elevado del ámbito de aplicación. Sin embargo, teniendo en cuenta la importancia creciente del uso de visualizaciones en nuestro día a día, los autores recomiendan seguir esta aproximación (identificar/implementar/evaluar) en cualquier ámbito de conocimiento, haciendo un esfuerzo por analizar e identificar los principios de diseño propios del ámbito mediante la revisión de los trabajos previos y la posible investigación ya realizada con anterioridad.

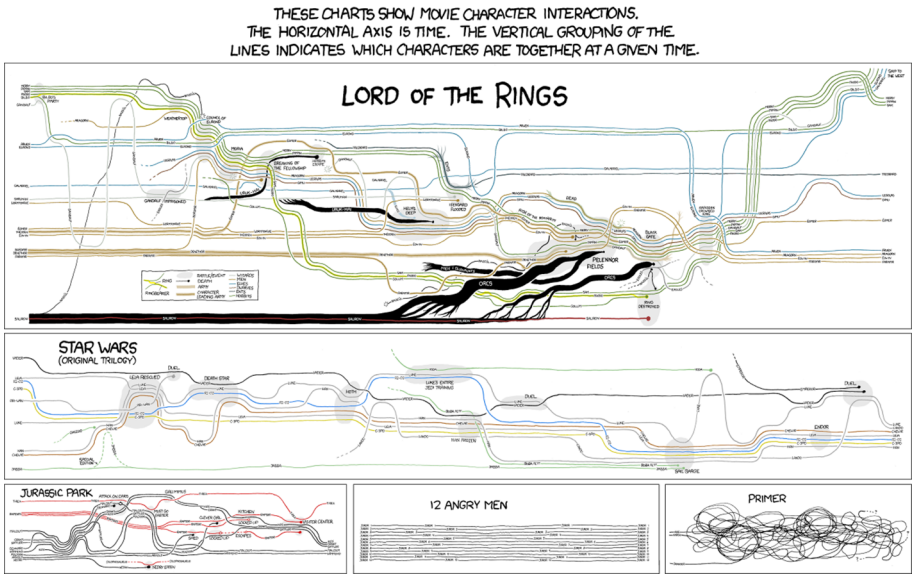
8. Los aspectos estéticos en el proceso de diseño

Históricamente, la visualización de datos ha estado unida al desarrollo científico, evolucionando a medida que era necesario medir y mostrar nuevos conceptos y, más recientemente, según los avances en los campos de la computación y la algorítmica. Así, la investigación en visualización de datos se ha focalizado principalmente en apoyar a usuarios expertos en un ámbito para interpretar datos complejos y realizar operaciones también complejas con los mismos.

En un artículo del año 2011, llamado «On the role of design in information visualization» y publicado en *Information Visualization*, los autores describen la importancia de las decisiones propias del ámbito del diseño a la hora de crear visualizaciones de datos. Los autores parten de la premisa de que la mayoría de visualizaciones de datos creados dentro del ámbito de la informática hacen énfasis en resolver problemas de forma funcional, dejando de lado otros aspectos, como por ejemplo los estéticos o la experiencia de usuario. Cuando las visualizaciones de datos son creadas por expertos para ser usadas también por expertos, esto quizás no representa un problema, pero en la situación actual, donde el uso de visualizaciones de datos se ha extendido a muchos ámbitos, incluyendo no científicos o tecnológicos, y que cada vez es más fácil crear visualizaciones dado el abanico de datos y herramientas disponibles, se hace necesario establecer unos ciertos criterios de diseño para asegurar que la visualización es adecuada y satisface todos los criterios mencionados.

Mediante diferentes ejemplos de otros ámbitos, los autores muestran cómo las visualizaciones se han hecho populares y han creado una cierta corriente, como por ejemplo las publicaciones del *New York Times* u otras más lúdicas como la visualización de líneas temporales popularizada por XKCD, mostrada en la figura 16 y que ha dado pie a muchas versiones.

Figura 16. Ejemplos de visualizaciones de líneas temporales



Fuente: XKCD. https://xkcd.com/657/.

Los autores utilizan estos ejemplos para mostrar cómo la misma visualización (de hecho, la elección de la misma configuración o *layout*) puede acabar siendo muy diferente en función de los principios de diseño estéticos que se hayan usado a la hora de implementarla, incluso con resultados positivos y negativos en ejemplos diferentes. De hecho, los autores destacan la dificultad de criticar de forma objetiva la calidad global de una visualización si no queda claro cuáles han sido los principios de diseño seguidos durante su creación, y recomiendan desarrollar este aspecto para acercar el proceso de creación de visualizaciones de datos al rigor científico que se supone que rige los aspectos de funcionalidad y robustez.

Para hacerlo, proponen encontrar el equilibrio entre diferentes aproximaciones a la creación de visualizaciones, ya sean basadas en la toma de decisiones según unos criterios muy establecidos, basadas en el diseño centrado en el usuario, o bien en lo que denominan «genio», donde es un experto el que toma todas las decisiones según sus instintos y experiencia. El objetivo es balancear lógica e intuición, combinando procesos propios de la ingeniería con otros más creativos. De hecho, los autores proponen una definición de diseño como «la concepción y realización de cosas nuevas», el que tiene «sus propias cosas diferentes (distintas) por conocer, las formas de conocerlas y las maneras de descubrirlas», de forma que el diseño es parte de la visualización de datos, en particular cuando se están creando nuevos tipos de visualizaciones, sean del ámbito que sean.

Así, basándose en el trabajo del arquitecto romano Vitruvio en su obra *De Architectura* hacia el año 25 a. C., una buena visualización tiene equilibrados tres aspectos complementarios: su utilidad, su robustez y su atractivo:

- La **utilidad** hace referencia a los conceptos de funcionalidad, usabilidad y otras medidas cuantitativas. En el caso concreto de la visualización de

datos, estos aspectos se definen en términos de efectividad (la precisión y completitud con la que los usuarios pueden realizar ciertas tareas mediante la visualización) y la eficiencia (el coste de realizar dichas tareas). Es habitual que en la investigación sobre visualización de datos se dediquen muchos esfuerzos a describir y evaluar estos dos aspectos.

- La **robustez** hace referencia al hecho de poder asegurar que la visualización funciona independientemente del conjunto de datos, es resistente a errores y carencias en los datos y que su implementación funciona de forma adecuada. Hoy en día esto también quiere decir que la implementación es capaz de gestionar grandes volúmenes de datos. Es habitual que este aspecto se pueda evaluar mediante dos hechos: el primero, que los detalles técnicos (algoritmos, formatos...) estén descritos en detalle, y el segundo, que sea posible reutilizar o reproducir la visualización a partir de su implementación.

- La **atractividad** hace referencia a los aspectos estéticos, es decir, a la belleza intrínseca de una visualización, así como su originalidad, innovación y otros conceptos más difusos. Es el aspecto más subjetivo y, por lo tanto, el más difícil de evaluar, el que hace que habitualmente no se hable de ello a la hora de describir una visualización de datos.

Una vez definidos estos tres aspectos, los autores se centran en el de atractividad, dado que es el que habitualmente no se describe o bien no se presenta tan formalmente como los otros, a pesar de que hay investigaciones que parecen indicar que el hecho de que un diseño sea atractivo puede influir positivamente en cómo los usuarios utilizan objetos cotidianos y quedan satisfechos al respecto. Autores como Lev Manovich utilizan conceptos como *info-aesthetics* para hablar de la calidad visual que caracteriza a las visualizaciones y que, de hecho, también ha dado pie a modas o a corrientes como ocurre en el arte o la arquitectura, por ejemplo, especialmente cuando ciertos tipos de visualizaciones (concretamente, *layouts*) se vuelven populares, como por ejemplo los *treemaps*. Siguiendo esta línea de pensamiento de Manovich, trabajos previos de los autores describen tres características potenciales que afectan a cómo una visualización es recibida por los usuarios finales: la calidad visual, que incluye el estilo visual y la experiencia de usuario en general; el foco en los datos, donde se mide cómo la visualización es eficaz y eficiente para transmitir hechos y tendencias; y la interacción, que incluye los aspectos de fluidez, flujo, participación activa y colaboración social. El objetivo es identificar por qué una visualización es atractiva desde dos puntos de vista complementarios: la intención última del diseño y sus propiedades como objeto visual.

Bibliografía

L. Manovich (2010). *Info-aesthetics*. Bloomsbury Academic. Disponible en línea: <http://manovich.net/index.php/projects/ info-aesthetics>

Es por todo esto que los autores defienden que es necesario formalizar y detallar todas las decisiones presentes durante el diseño de una visualización, por insignificantes que parezcan, indicando también de forma explícita qué aspectos no se han tenido en cuenta pero forman parte de la visualización (por ejemplo, quizás muchas veces la tipografía usada en una visualización es la gran olvidada, o puede serlo la paleta de colores). Los autores se basan en el modelo de Card, el cual describe el proceso de crear una visualización de datos en cuatro fases:

1) La primera, preprocesar todos los datos en crudo de diferentes fuentes, ya sean estructuradas o no.

2) La segunda, generar los ficheros con los datos a visualizar en forma tabular (en general, estructurados).

3) La tercera, hacer el mapeo entre los datos y los elementos de la visualización, usando recursos como por ejemplo la gramática de los gráficos.

4) La cuarta, los aspectos de interactividad presentes en la visualización (*zoom*, etc.).

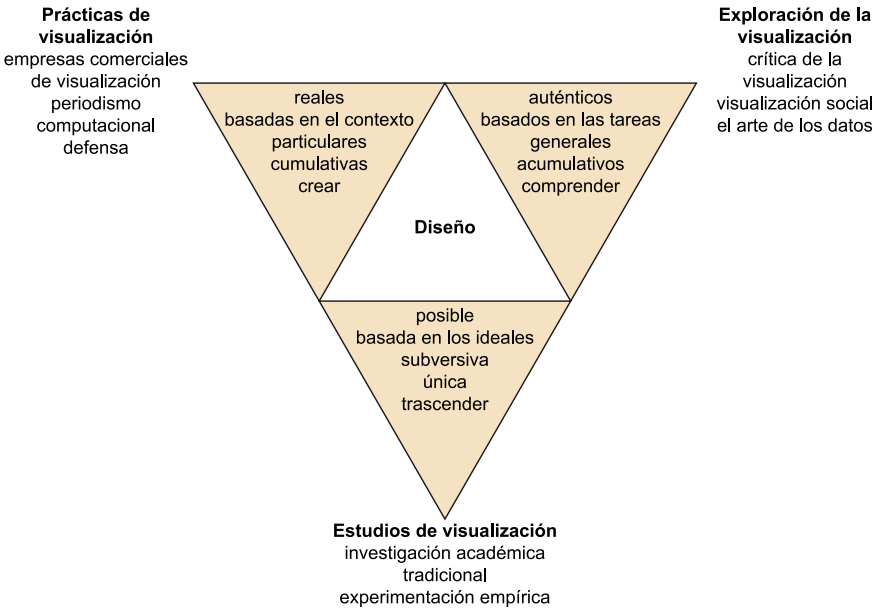
Es la tercera fase (aunque también la cuarta) donde se tienen que tomar más decisiones de diseño al respecto y donde es más necesario documentarlas de forma detallada. Este proceso lo hacen de forma interiorizada y casi inconscientemente los diseñadores expertos, dado que tienen construido ya un proceso mental que integra aspectos de percepción, cognición y conocimientos del ámbito del diseño. Los autores piden que este conocimiento se ha de convertir en buenas prácticas documentadas, de forma que sea posible entender el proceso mental seguido para llegar a una solución en forma de visualización.

Los autores proponen una reinterpretación del modelo de investigación en diseño de Daniel Fallman, que combina tres ámbitos del diseño (estudios teóricos, aplicación práctica y exploración creativa), de forma que se incluyen los aspectos específicos del uso de visualizaciones de datos, tal y como muestra la figura 17. Es especialmente el uso de visualizaciones para la exploración de nuevos ámbitos y/o datos donde se desarrollan soluciones más atractivas, y que pueden ser adoptadas por las otras dos áreas, una vez han demostrado su valía.

Bibliografía

S. K. Card; J. D. Mackinlay; B. Shneiderman (eds.) (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*. Morgan Kaufmann.

Figura 17. Modelo de los tres roles del diseño en la visualización de información



Finalmente, los autores describen los puntos clave que hay que tener en cuenta durante el proceso de diseño de una visualización:

- El diseño no es un añadido que se crea después, sino que se tiene que tener presente desde el principio y aparece continuamente en procesos iterativos o en espiral.

- El diseño no es una «caja negra» con soluciones mágicas creadas por gurús, sino que es una serie de decisiones tomadas siguiendo razonamientos y conocimientos previamente utilizados y evaluados.

- El diseño no es un arte, dado que persigue propósitos funcionales.

- El diseño no es un proceso de ingeniería, dado que incorpora aspectos creativos y de exploración.

- El diseño de visualizaciones puede (y tiene que) ser documentado y diseminado.

- Es posible aprender a realizar buenos diseños construyendo un argumentario personal basado en la experiencia y buenas prácticas; no se trata solo de tener una buena inspiración en un momento dado.

- El diseño de visualizaciones es un ámbito específico del diseño en general, así que puede alimentarse de todas las técnicas y metodologías que sean válidas.

Con estos principios, los autores quieren reforzar la idea de que el diseño no es solo vigilar los aspectos estéticos de una visualización de datos, sino que es todo un proceso de toma de decisiones basadas en razonamientos y experiencias previas, siendo necesario documentar las decisiones tomadas de forma que sea posible evaluarlas y reaprovecharlas en futuros diseños.

Los autores finalizan el artículo con una reflexión de las implicaciones prácticas que tendría esta «normalización» del proceso de diseño en diferentes ámbitos, así como que también permitiría su desarrollo como disciplina y esto reforzaría su importancia.

9. Visualizaciones que dejan huella

En un artículo llamado «What makes a visualization memorable?», publicado en 2013 en la revista *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, los autores se plantean una pregunta muy relevante a la hora de crear visualizaciones efectivas, y es qué son los factores que hacen que una visualización sea recordada por los usuarios que la han visto. Para hacerlo, los autores analizan miles de visualizaciones de datos obtenidos de diferentes fuentes, que son etiquetadas de acuerdo con una taxonomía en función de su tipo, origen, etc.

En la literatura científica sobre el tema se pueden encontrar dos posiciones «enfrentadas»: una, defendida por Edward Tufte y Stephen Few, que promueve las visualizaciones claras y sencillas, sin ninguna distracción visual; y otra que promueve el uso de ciertos artefactos visuales que captan la atención del usuario, usando recursos básicos en la comunicación visual. La literatura científica también muestra que ciertos aspectos de la visualización, como por ejemplo el uso del color, el grafismo, o aspectos estéticos, etc., también son claves para determinar cómo un usuario percibe y recuerda una visualización de datos.

Los autores se fundamentan en el ámbito de la psicología, analizando qué dice la teoría de la percepción, el debate alrededor de la idea de usar artefactos visuales para hacer las visualizaciones de datos más efectivos y la psicología cognitiva, analizando trabajos previos sobre cómo se recuerdan imágenes naturales (reales). También usan la literatura sobre taxonomías aplicadas al ámbito de la visualización para definir cómo categorizar las visualizaciones a analizar de forma sistemática. En este sentido, un total de 5.693 visualizaciones fueron seleccionadas, analizadas y clasificadas de acuerdo con los criterios siguientes:

- Solo se consideran visualizaciones estáticas, sin elementos interactivos.

- Igualmente, solo se consideran visualizaciones que no son múltiples, es decir, se representan en un solo gráfico o diagrama.

- Las visualizaciones se extraen de webs de la administración o bien de organismos internacionales, de medios de comunicación, infografías en general, o bien provenientes del ámbito de la visualización científica.

- Las categorías usadas son las habituales: gráficos de áreas, barras, diagramas, distribuciones, etc., incluyendo subtipos específicos.

- También se analizan las propiedades y atributos: por un lado, si son 2D o 3D, la multiplicidad, o si presentan datos temporales; por el otro lado, si usan color o no, el número diferente de colores utilizados y cuatro atribu-

tos interesantes: *data-ink ratio*, densidad visual, si contienen objetos reconocibles por una persona y si muestran una persona o no.

A partir de estos criterios, un total de 2.070 visualizaciones fueron elegidas y etiquetadas, y se pidió a 261 participantes que participaran en un juego que tenía como objetivo detectar visualizaciones mostradas anteriormente en una secuencia al azar. El objetivo del juego (de hecho, el experimento) es ver si hay imágenes que son fácilmente más recordadas que otras. El artículo describe de forma detallada todo el procedimiento para diseñar el experimento, los criterios de admisión de cada una de las visualizaciones, la presentación aleatoria, la recogida de datos, etc., y es un ejemplo interesante de cómo realizar un experimento de esta escala de forma sistemática. La figura 18 muestra algunas de las imágenes usadas en el experimento.

Figura 18



El experimento tenía como objetivo demostrar o refutar las siguientes hipótesis:

- Los participantes recordarán peor las visualizaciones de datos que las imágenes naturales mostradas.
- Las visualizaciones más recordadas contienen pictogramas o viñetas con una imagen reconocible.
- Una visualización es más recordada si usa más el color.
- Una visualización es más recordada si tiene una densidad visual baja.
- Una visualización es más recordada si es más «minimalista», es decir, tiene un buen *data-ink ratio*.
- Una visualización es más recordada si incluye un tipo de visualización «habitual» (p.e. un gráfico de barras).

- Una visualización es menos recordada si la fuente de origen es una publicación científica.

Los resultados obtenidos del análisis de los experimentos realizados muestra lo siguiente:

- Los participantes recuerdan más las imágenes naturales que no las visualizaciones.

- Los participantes recuerdan más las visualizaciones que incluyen pictogramas y viñetas.

- Los participantes recuerdan más las visualizaciones con 7 o más colores, seguidas de las que usan entre 2 y 6 colores, y finalmente, las que usan un color o son en blanco y negro.

- Los participantes recuerdan más las visualizaciones densas, aquellas que ocupan más porcentaje del espacio disponible en el conjunto del gráfico.

- Los participantes recuerdan más las visualizaciones con un *data-ink ratio* bajo, es decir, que contienen más información que no es estrictamente relevante para entender el gráfico.

- Los participantes recuerdan más visualizaciones que usan diagramas, por encima de gráficos sencillos como por ejemplo barras, histogramas, etc. Igualmente, las tablas son las visualizaciones menos recordadas.

- Finalmente, los participantes recuerdan más aquellas visualizaciones generales en forma de infografía, básicamente porque incluyen todos los aspectos mencionados anteriormente. Por otro lado, las visualizaciones usadas en publicaciones científicas son más recordadas que otras provenientes de otras fuentes.

Los autores muestran que estos resultados son constantes entre los diferentes participantes, y que se pueden considerar generalizables, a pesar de que pueden haber sesgos en la selección de las visualizaciones que podrían afectar los resultados, especialmente en el caso de las infografías, que son productos más elaborados y que normalmente no se publican en la web si no han sido validadas antes por un equipo de diseñadores, creativos, etc.

Estos resultados son interesantes a la hora de crear visualizaciones que pretendan comunicar algo, dado que proporcionan pistas sobre cómo hacerlo. Los resultados parecen inclinarse por el uso de elementos estéticos superfluos, por encima de visualizaciones minimalistas, pero hay que tener en cuenta que el objetivo de una visualización es transmitir un mensaje, respondiendo a una

pregunta concreta, y que este objetivo no puede quedar escondido por todos los detalles innecesarios, que pueden hacer que se recuerde la visualización pero no el mensaje que transmite.

10. La visualización como medio de comunicación

En un artículo llamado «The Persuasive Power of Data Visualization», publicado en 2014 en la revista *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, los autores analizan el impacto que tiene el uso de visualizaciones a la hora de influir en la actitud de un usuario hacia su opinión de un tema del que es informado. El objetivo de los autores es responder a la pregunta siguiente: cuando se presentan hechos a un usuario, ¿es mejor usar tablas o gráficos para las evidencias que apoyan?

Los autores plantean el estudio dentro del ámbito de lo que en psicología se conoce como persuasión, definida como «una comunicación humana diseñada para influir a otros mediante la modificación de sus creencias, valores o actitudes». A partir de la literatura existente sobre el tema en los ámbitos de la psicología y las interfaces de usuario, los autores analizan como la persuasión es usada en la comunicación y, en menor medida, en las interfaces de usuario, una área de investigación todavía por desarrollar, especialmente en cuanto a las visualizaciones de datos como interfaz. Como resumen, los autores identifican una visualización de datos como un mecanismo de comunicación que invoca la parte cognitiva del usuario, que puede ser positivo o no, en función de su contexto de uso.

Se trata de un artículo que describe muy bien todo el proceso seguido para llegar a las conclusiones, que son muy interesantes para los practicantes de la visualización de datos. Resumiendo, para aquellos usuarios que no tienen una opinión muy polarizada a priori sobre un tema en concreto, el uso de visualizaciones de datos provoca más cambios de actitud que no el uso de tablas para la exposición de las evidencias que respaldan el hecho. Esto quiere decir que las visualizaciones de datos sencillas (en este caso gráficos de barras, principalmente) son más efectivas para transmitir un mensaje con el objetivo de hacer cambiar la opinión del usuario.

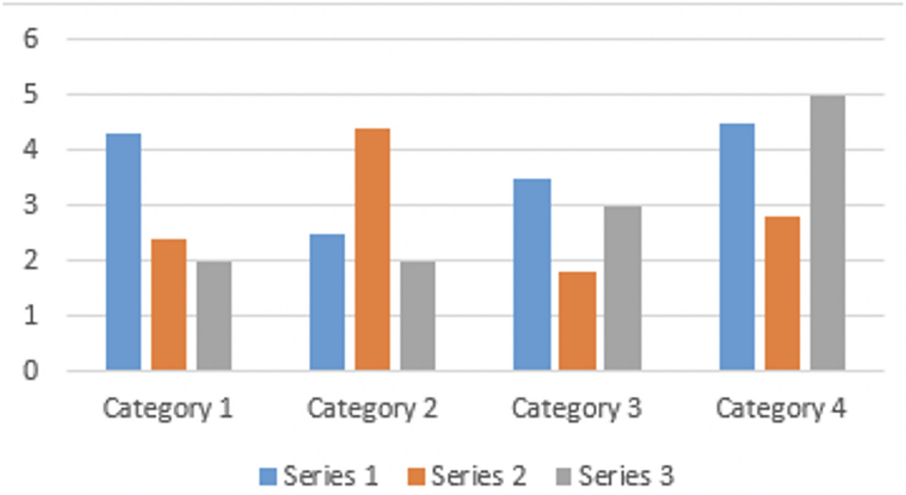
La metodología usada es la siguiente: antes que nada, los autores eligen tres temas donde la mayoría de usuarios no están muy polarizados, ni positivamente ni negativamente. Es decir, eligen temas donde los usuarios tienen margen para rehacer su opinión al respecto. Los temas tienen que ser generales, cotidianos y no muy complejos. De una lista inicial de temas, los autores seleccionan estos tres, expresados como opinión de forma que los usuarios puedan decir cuán de acuerdo están o no con cada tema:

- La reducción de impuestos crea puestos de trabajo.
- La prisión no reduce la criminalidad.
- Los videojuegos violentos no contribuyen a la violencia juvenil.

Entonces, por cada tema, los usuarios son primero preguntados por su opinión usando una escala de Likert de 7 puntos, que va de –3 a +3. Los usuarios se clasifican en tres categorías: negativamente polarizados (si contestan –3 o –2), neutrales o débilmente polarizados (–1, 0, +1) y positivamente polarizados (+2, +3). Luego, son expuestos a una serie de hechos que apoyan en cada uno de los temas, usando información textual (para describir el tema y proporcionar un cierto contexto donde el usuario pueda formarse una opinión), una exposición neutra del tema, usando texto y números (p.e. «durante este periodo el indicador X creció mientras Y decreció»), y después, de forma aleatoria, una tabla o bien un gráfico (parecidos a los mostrados a la figura 19) que apoyan la evidencia presentada. En todo momento se muestran las fuentes y orígenes de los datos usados para cada tema. Entonces los usuarios tienen que reflexionar sobre la información recibida y vuelven a expresar su opinión al respecto.

Figura 19

	Series 1	Series 2	Series 3
Category 1	4.3	2.4	2
Category 2	2.5	4.4	2
Category 3	3.5	1.8	3
Category 4	4.5	2.8	5



Los resultados obtenidos muestran que para aquellos usuarios que no están negativamente polarizados (en menor medida por los que están positivamente polarizados), el uso de visualizaciones sencillas es más persuasiva que el uso de tablas. Sorprendentemente, para los usuarios negativamente polarizados, hay una mayor tendencia al cambio cuando se usan tablas más que visualizaciones, aspecto que los autores no pueden explicar del todo, a pesar de que este efecto no es estadísticamente tan significativo como el anterior, dado que son pocos los usuarios que parten de esta categoría.

Además del tratamiento estadístico de los datos, los autores también hacen hallazgos interesantes que pueden aplicarse en el ámbito de la visualización de datos, a partir de las respuestas abiertas de los usuarios participantes. Los autores se plantean diferentes preguntas complementarias:

- ¿Por qué los usuarios no cambian su opinión? Entre otras razones, los autores mencionan las respuestas de los usuarios participantes en el estudio:
  - Por escepticismo sobre los datos usados en la presentación del tema.
  - Por escepticismo sobre la metodología usada para presentar el tema.
  - Porque el tema es muy personal y arraigado a una fuerte opinión al respecto.
  - Porque el tema es demasiado complejo y no es posible formarse una opinión.
  - Porque ya fueron persuadidos anteriormente al respecto.

- ¿Por qué los usuarios cambian su opinión?
  - Porque son «golpeados» por las evidencias presentadas.
  - Porque son persuadidos todavía más de lo que ya pensaban.
  - Por un efecto bumerán, donde algunos usuarios cambian de opinión negativamente por otras razones.

- ¿Qué elementos han hecho cambiar esta opinión?
  - Los gráficos ayudan a formarse una opinión.
  - Ver los datos ha sido determinante.

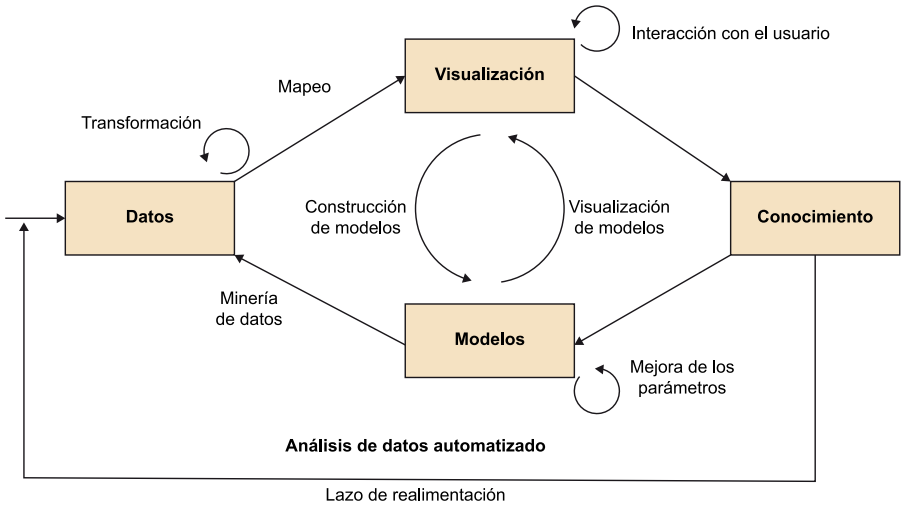
A pesar de limitaciones del estudio, los autores piensan que hay mucho margen todavía para estudiar cómo el uso de visualizaciones sencillas puede ser más persuasivo que el uso de información textual en forma de tablas, principalmente. Sin embargo, los autores mencionan que quizás no será el caso para cualquier tema, especialmente los más polarizados, no queda claro qué elementos de la visualización (o su tipo) son los determinantes para un cambio de opinión y, finalmente, la complejidad de los participantes, su conocimiento sobre el contexto de cada tema y sus objetivos al respecto. Sea como fuere, el artículo es un buen ejemplo de la dirección correcta para evaluar el uso de visualizaciones como medio de comunicación persuasivo.

11. Introducción al análisis visual

Uno de los usos obvios de la visualización de datos es poder explorar, de forma rápida y eficiente, la naturaleza y estructura interna de un conjunto de datos, aprovechando las capacidades del sistema visual humano para detectar patrones, tendencias, valores extremos, etc. En el contexto actual, donde es muy fácil generar y capturar datos de forma masiva, esto es clave para poder extraer valor de los datos, intentando evitar lo que se conoce como sobrecarga informacional, que consiste en perderse en un montón de datos que son irrelevantes para la tarea que se quiere realizar y han sido procesados y/o presentados de forma inadecuada. Si una visualización de datos tiene que permitir tomar una primera decisión informada de forma eficiente, entonces estos aspectos se convierten en fundamentales.

En el artículo «Visual analytics: definition, process, and challenges», publicado en 2008 como un capítulo del libro *Information Visualization* (vol. 4.950 de LNCS), los autores presentan el concepto de analítica visual, que propone utilizar visualizaciones de datos para analizar las características de un conjunto de datos, aprovechando las capacidades del sistema visual humano, siguiendo la aproximación científica tradicional basada en plantear hipótesis y poder validarlas o refutarlas combinando no solo herramientas estadísticas y/o del campo de la minería de datos, sino también visualizaciones de datos. Para hacerlo, los autores proponen un modelo donde el uso de visualizaciones de datos coexiste con la creación de modelos propios del ámbito de la estadística o la minería de datos, en un ciclo continuo, tal y como muestra la figura 20.

Figura 20. El ciclo continuo de Keim y otros (2008)



El resultado de esta combinación es lo que los autores llaman «analítica visual», campo que tiene por objetivo la creación de herramientas y técnicas que permitan extraer información de conjuntos masivos de datos, ayudando

a detectar lo previsible y descubrir lo imprevisible, proporcionando evidencias para soportar valoraciones y mecanismos para tomar decisiones sobre la base de estas evidencias. Los autores diferencian la analítica visual de la visualización de información indicando que la primera va más allá que la segunda, puesto que incorpora procedimientos de análisis desde un inicio en el proceso de manipulación (y visualización) de los datos. Esto quiere decir que el análisis visual es una combinación de diferentes disciplinas, como por ejemplo la propia visualización de datos, la gestión de bases de datos, el análisis (más específicamente, la minería de datos) y aspectos propios de la percepción y la cognición, dado que es el usuario quien guía el proceso a partir de los *inputs* que recibe de la visualización, así como el ámbito de la interacción hombre-ordenador, para crear una herramienta o aplicación que respete los principios del diseño centrado en el usuario.

Siguiendo esta línea, los autores revisan los diversos ámbitos de conocimiento que tienen relación directa con el análisis visual, destacando los aspectos de cada ámbito que pueden ser también parte del desarrollo de esta nueva disciplina que es la analítica visual. Así, los autores describen aspectos como la gestión de grandes volúmenes de datos, la extracción automática de conocimiento, la creación de interfaces de usuario y la necesidad de poder evaluar la calidad de la visualización de datos. Los autores proponen detallar y compartir las visualizaciones creadas, de forma que sea posible establecer comparaciones entre diferentes propuestas y reutilizar aquellas que se sabe que funcionan.

Los autores hacen mención de dos tipos de datos que, por su naturaleza, son muy buenos candidatos a proporcionar escenarios en los que utilizar analíticas visuales para extraer información. El primero son los datos espacio-temporales, dado que incorporan patrones en forma de conocimiento tácito muy interiorizado por los humanos y son de mucha aplicación en el día a día. El segundo son los datos que emergen de estructuras en red y grafos, dado que modelan muchas situaciones de la vida real, como por ejemplo las redes sociales o la comunicación e interacción en espacios virtuales. En los dos casos, el análisis visual pretende ayudar a descubrir patrones, extremos, tendencias, etc., usando las capacidades del sistema visual humano.

A continuación, los autores exponen los retos que plantea el análisis visual, primero desde una perspectiva de posibles aplicaciones, y segundo, desde una perspectiva tecnológica. En el primer caso, se revisan varias áreas de aplicación donde el análisis visual puede ser usado para mejorar procesos y servicios, como por ejemplo la ingeniería, el análisis financiero, o estudios de cariz social, entre otros. En el segundo caso, se describen problemas abiertos como por ejemplo la escalabilidad de los sistemas para grandes volúmenes de datos, la calidad de los datos y las representaciones visuales, el uso de metáforas visuales y estilos de interacción adecuados, o la infraestructura necesaria, entre otros.

Una vez más, los autores también mencionan la necesidad de poder evaluar la eficacia y eficiencia de las visualizaciones creadas como uno de los retos clave para su desarrollo.

Los autores finalizan con una serie de ejemplos de diferentes ámbitos donde el uso de visualizaciones de datos permite hacer un análisis más cuidadoso y extraer conocimiento directamente, relacionados con los tipos de datos mencionados anteriormente. En concreto, en el caso de los datos espacio-temporales, los autores describen cómo utilizar el análisis visual para extraer conocimiento de grandes volúmenes de datos capturados a partir de dispositivos con GPS, de forma que sea posible detectar flujos y patrones de movilidad. En el caso de los *grafos*, los autores muestran cómo usar el análisis visual para detectar comunidades y subcomunidades en redes de transporte aéreo a escala global, detectando *hubs* a escala mundial (como son, de hecho, algunos de los principales aeropuertos) y otros a escala regional, identificando así rutas y los principales actores de este sector.

En resumen, el análisis visual es un ámbito multidisciplinar todavía emergente, huyendo de soluciones «únicas» (tanto tecnológica como metodológicamente) y promoviendo un proceso iterativo de exploración que se va enriqueciendo con la experiencia de cada ámbito de conocimiento.

12. Herramientas de análisis visual

Jeffrey Heer

Sitio web: http://homes.cs.washington.edu/~jheer/

Twitter: @jeffrey_heer

Junto con Ben Shneiderman, Jeffrey Heer revisa en el artículo «Interactive Dynamics for Visual Analysis: a taxonomy of tools that support the fluent and flexible use of visualizations» (publicado en 2012) las operaciones básicas descritas anteriormente, pero desde una perspectiva de las herramientas y tecnologías con las que se ejecutan. De hecho este artículo desarrolla el trabajo previo de Shneiderman mencionado con anterioridad y clasifica doce acciones o dinámicas en tres grandes bloques, añadiendo algunas nuevas y revisando otras respecto a la lista inicial de siete tareas del artículo de Shneiderman:

- Especificación de los datos y la vista: incluye visualizar datos mediante una representación pictórica, filtrar los datos no relevantes para focalizarse en los que sí lo son, ordenar los datos para exponer los posibles patrones y, finalmente, derivar valores o modelos a partir de los datos.

- Manipulación de la vista: incluye seleccionar elementos para poder destacarlos, aplicar sobre ellos filtros o manipularlos, navegar por los datos para poder detectar patrones de alto nivel así como el detalle a bajo nivel, coordinar vistas para explorar datos multidimensionales y organizar espacios de trabajo y ventanas múltiples.

- Procesado y procedencia de los datos: incluye almacenar el histórico de análisis realizados para poder revisarlo, revisitarlo y compartirlo, crear anotaciones sobre la base de los patrones descubiertos, compartir vistas y anotaciones para promover la colaboración y guiar a los usuarios a través de tareas e historias (narrativas).

Los autores describen cada una de las operaciones y actualizan el trabajo anterior de Shneiderman, teniendo en cuenta los avances tecnológicos que ha habido desde entonces. Así, para cada una de las operaciones mencionadas, los autores proporcionan también ejemplos usando diferentes herramientas para la visualización de datos, incluyendo R y ggplot2, Protovis (el precursor de D3), Tableau o IBM Many Eyes, entre otros. El objetivo de los autores es mostrar la visualización de datos como una herramienta más para el análisis y la toma de decisiones, así como la narración de historias basadas en los datos.

En este sentido, uno de los objetivos de cualquier visualización de datos es permitir un análisis preliminar de estos, de forma que sea posible detectar patrones, tendencias, etc. No obstante, esto puede ser difícil con los datos originales, debido a su naturaleza, por ejemplo. La visualización debería integrar la transformación de los datos originales, la creación de nuevas variables, el cálculo e integración (en la propia visualización) de descriptores estadísticos, así como la creación de modelos (estadísticos o de minería de datos) para la

extracción de conocimiento, facilitando la detección de grupos o de las variables más relevantes, por ejemplo. Los autores destacan que esta es una de las áreas (conocida como *visual analytics*) en las que aún es necesario avanzar, combinando (superponiendo) dos ámbitos que hasta ahora se habían planteado secuencialmente, el análisis y la visualización.

La navegación por los datos que forman parte de la visualización es otra de las operaciones que toma mayor importancia, especialmente en escenarios *big data*, donde existe un gran volumen de datos muy diversos y cambiantes en el tiempo. El mantra de Shneiderman («Overview first, zoom and filter, then details-on-demand») puede no ser adecuado si la primera operación debe lidiar con un hipercubo (el producto cartesiano de las tres dimensiones mencionadas, volumen, variedad y velocidad de los datos, las tres uves del *big data*) enorme, por lo que es necesario establecer mecanismos para facilitar una aproximación inversa: «search, show context, expand on demand», es decir, ir del elemento seleccionado (encontrado en una búsqueda) hasta la totalidad. El cambio de paradigma provocado por lo que se conoce como *big data* ha causado también la necesidad de repensar lo que se entiende por una visualización, dado que no es posible (ni tiene sentido) visualizarlo todo. Aunque la capacidad de cálculo de los ordenadores es brutal, lo es aún más el volumen de datos que se generan y/o se capturan, por lo que es necesario replantearse todas las operaciones descritas por los autores, para hacerlas eficaces y eficientes.

Finalmente, los autores plantean esta taxonomía como un punto de partida para interesados en el ámbito de la visualización de datos, y proporcionan una gran cantidad de referencias bibliográficas y ejemplos, identificando los aspectos clave para el desarrollo de visualizaciones y las áreas de investigación de más interés, como nuevos métodos para la especificación de vistas interactivas, la integración de análisis y visualización de datos o el uso de anotaciones para añadir semántica a las visualizaciones, con lo que facilitan también su utilización.

13. La interacción en la visualización de datos

Uno de los usos más interesantes de la visualización de datos es permitir al usuario la exploración de un conjunto de datos mediante las posibilidades que ofrece una visualización interactiva. De este modo, en lugar de responder a una sola pregunta predefinida, la visualización permite al usuario explorar los datos y responder diferentes preguntas de forma dinámica en función de sus intereses. En un artículo publicado en 2020 en la revista *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, denominado «What is interaction for data visualization?», los autores se hacen exactamente esta pregunta, dada la carencia de una definición consensuada en el ámbito. El concepto de interacción es propio del ámbito de la interacción persona-ordenador, el cual se ha desarrollado sin tener en cuenta las necesidades específicas de la visualización de datos.

Para hacerlo, los autores hacen una revisión de la literatura científica del ámbito siguiendo una metodología muy detallada, que puede servir también de ejemplo por otras revisiones similares. Los autores usan su experiencia para seleccionar un conjunto inicial de artículos y después usan un proceso iterativo para ampliar este conjunto con otros artículos que satisfacen unos ciertos criterios. Los autores incluyen artículos sobre visualización de información, analítica visual y visualización científica para ser lo más inclusivos posible.

Este proceso involucra el uso de un formulario enviado a expertos en el ámbito de la visualización de datos en el cual se les pedía si conocían artículos que definan el concepto de interacción explícitamente y artículos relevantes relacionados con el concepto, así como una evaluación de su experiencia en el ámbito y la interacción en particular. Un total de 22 expertos respondieron al formulario, identificando un total de 23 artículos clave y 36 artículos relacionados. Entre otros, está el artículo de B. Shneiderman y el de J. Heer con el mismo B. Shneiderman revisados en esta guía de lecturas.

Los 59 artículos seleccionados se codificaron de acuerdo con seis categorías que se consideraron relevantes para el objetivo del artículo: 1) definición de la interacción; 2) aspectos críticos; 3) beneficios de la interacción; 4) conceptos relativos a la interacción; 5) el flujo (o *pipeline*) del proceso de visualización; y 6) contribuciones en forma de listas, taxonomías o vocabularios relacionadas con el ámbito. Para cada una de estas categorías los autores describen los hechos más relevantes encontrados en los artículos etiquetados con cada categoría. Uno de los más relevantes es el del *pipeline*, dado que la interacción en una visualización de datos se da en todas las etapas, desde los datos hasta el sistema final que incorpora las operaciones a realizar sobre los datos.

Después los autores analizan un artículo llamado «What is interaction?» proveniente del ámbito de la interacción persona-ordenador, que define siete conceptos que caracterizan el de interacción en este ámbito. Estos siete conceptos son 1) el diálogo, dado que la interacción es un proceso de comunicación entre el usuario y la interfaz; 2) la transmisión de información entre el ordenador y el usuario; 3) el control que gobierna las operaciones que puede hacer el usuario; 4) la colección de herramientas que el usuario utiliza para hacer las tareas deseadas; 5) el comportamiento óptimo que sería deseable que el usuario muestre (y desarrolle) cuando el usuario utiliza el sistema; 6) la personificación, en el sentido que el usuario se convierte en participante en las tareas realizadas a través de la interfaz y 7) la experiencia de usuario, elemento clave para que la interacción realmente maximice la satisfacción y necesidades del usuario.

A partir de estos conceptos, los autores intentan aplicarlos al ámbito de la visualización de datos, detectando semejanzas y diferencias entre los dos ámbitos. De hecho, la principal diferencia es que en el caso de la visualización de datos hay un elemento inexorable, como son los datos, que determinan en muchos aspectos cómo será la visualización y la posible interacción. Este hecho es en el que se basan los autores para hacer su propuesta de definición de interacción, que es conscientemente amplia y un poco abstracta:

> Interaction for visualization is the **interplay** between a **person** and a **data interface** involving a data-related intent, at least one **action** from the person and an interface **reaction** that is **perceived as such**.

Esta definición menciona explícitamente los diferentes elementos que los autores han identificado como necesarios, especialmente los datos y la intencionalidad relacionada, que determina las operaciones a realizar mediante la visualización interactiva.

Para intentar concretar la definición y hacerla más entendedora, los autores presentan diferentes escenarios donde un usuario interactúa con un sistema y se preguntan si aquello se puede considerar interacción o no bajo su definición. Básicamente, la definición incluye aquellos escenarios donde el usuario tiene un objetivo relacionado con los datos y la visualización responde a las acciones del usuario, de forma que este percibe el resultado de sus acciones. Tal y como mencionan los autores, el objetivo no es la definición per se, sino que esta sea procesable (del inglés *actionable*), en el sentido de que pueda ponerse en práctica.

Uno de los ejemplos que aportan los autores es el hecho de flexibilizar la interfaz que representa una visualización de datos, de forma que sea posible mejorar el grado de interactividad de la misma. Concretamente, se centran en las acciones a un nivel intermedio, ligadas los datos, y directamente relacionadas con las diferentes etapas del *pipeline* que representa la visualización. Así, los autores definen acciones sobre los datos de entrada (añadir, editar, actualizar, corregir, etc.), acciones de procesamiento (transformación, filtraje, selección),

el mapeo de los datos sobre los elementos que componen la visualización (tanto su estructura interna como las operaciones básicas de *zoom*, *pan*, etc.), y otras acciones no directamente aplicables a los datos propiamente, como por ejemplo las relacionadas con los metadatos, las otras acciones realizadas (*undo*, *redo*), compartir los datos y la visualización y otras operaciones orientadas a conectar la visualización con otras fuentes de información y documentos.

Con estas acciones, los autores proponen ejemplos de visualizaciones reales de los tres ámbitos identificados inicialmente con el objetivo de ver cómo mejorar la flexibilidad de la interfaz, proporcionando más opciones al usuario final de la visualización de datos. Respecto a las acciones identificadas, los autores comparan estas diferentes visualizaciones de la literatura revisada y así pueden establecer cuál es más flexible y por qué de acuerdo con unos criterios objetivos. De este modo es posible comparar visualizaciones diferentes desde el punto de vista de la interacción que proporcionan.

Estos ejemplos sirven a los autores para identificar líneas futuras de trabajo en este ámbito, dado que, como comentábamos al principio, el concepto de interacción es todavía muy difuso y se aplica de forma distinta en diferentes visualizaciones de datos.

14. Visualización de datos masivos

En la actualidad, los volúmenes de datos a manipular son inmensos, del orden de gigabytes o incluso terabytes, lo que quiere decir conjuntos con centenares o miles de millones de elementos, los cuales pueden tener también una dimensionalidad muy elevada. Visualizar estos datos requiere plantearse qué se tiene que visualizar exactamente y qué técnicas se pueden usar para mostrarlos por pantalla, teniendo en cuenta las dimensiones finitas de esta, normalmente del rango de unos pocos millones de píxeles. Obviamente, no es posible visualizar tantos datos en un espacio tan reducido, así que será necesario realizar operaciones sobre los datos para poder visualizarlos de forma adecuada, además del coste computacional que puede comportar tener que desplazar por la pantalla millones de elementos gráficos.

En un artículo reciente llamado «Massive data visualization analysis: analysis of current visualization techniques and main challenges for the future», publicado en los *Proceedings of the 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* del año 2017, los autores describen las operaciones típicas que se pueden aplicar a los datos para poder visualizarlos, siguiendo el conocido mantra de Ben Shneiderman, como por ejemplo:

- Selección: el usuario tiene que poder seleccionar un área de interés de los datos mostrados y hacer *zoom* para quedarse solo con aquellos datos de su interés, pasando de una visión general (*overview*) a una zona concreta.

- *Link and brush*: el usuario tiene que poder relacionar diferentes vistas de los mismos datos de forma que se tengan diferentes perspectivas de la misma información, con el objetivo de poder detectar relaciones entre variables o dimensiones de los datos, filtrando a la vez.

- Filtrado: el usuario tiene que poder filtrar por uno o más criterios de forma que solo se muestren los datos que satisfacen los criterios seleccionados, huyendo de la idea de que la visualización tiene que mostrar todos los datos.

- Reorganización: finalmente, el usuario tiene que poder usar transformaciones que utilicen el contexto de los datos para presentarlos de forma adecuada, como por ejemplo el caso de transformaciones 3D en el caso de datos espaciales, por ejemplo traslaciones o rotaciones, como en el caso de los mapas o datos espacio-temporales.

Los autores discuten estas operaciones desde una perspectiva *big data* definida según un modelo de 5 V, que incluye las tres habituales (volumen, variedad y velocidad), pero también dos más como son la veracidad (la cual hace referen-

cia a la calidad de los datos) y el valor (que hace referencia a los objetivos de la visualización en este caso). Así, las visualizaciones no tan solo muestran los datos, sino que facilitan la extracción de valor en todo el proceso, buscando las características deseables siguientes:

- Importar datos de múltiples fuentes.
- Combinar representaciones visuales con etiquetas textuales.
- Integrar técnicas de minería de datos.
- Permitir el trabajo colaborativo.
- Otros (facilidad de uso, rendimiento, etc.).

A continuación, los autores comparan diferentes herramientas para la creación de visualizaciones de datos teniendo en cuenta sus capacidades para cargar datos y visualizarlos, destacando los puntos fuertes y débiles de cada herramienta. Entre otros, se analizan la librería D3 y el entorno R (las dos pensadas para desarrolladores), así como Tableau o Quadrigram (más orientadas hacia un público en general), obteniendo una tabla comparativa, a pesar de que, como los autores indican, la herramienta en cuestión tiene que ser decidida según las circunstancias en el momento de crear una visualización de datos, no existe una «genérica» que permita crear visualizaciones y resuelva todos los problemas siempre.

Finalmente, los autores describen el uso de visualizaciones 3D para la manipulación de grandes volúmenes de datos, más allá del mapeo tradicional que actúa sobre los atributos de forma, color, textura, etc. La idea básica es que la tercera dimensión aporta operaciones más allá del *zoom* y el *panning*, como por ejemplo las rotaciones, que permiten explorar los datos desde diferentes perspectivas, a pesar de que esto puede comportar una complejidad adicional reservada solo para usuarios expertos en el ámbito.

15. Introducción a D3.js

Una pregunta obvia una vez se llega a este punto es «¿cómo?», es decir, de qué manera se pueden construir estas visualizaciones más allá del uso de una herramienta concreta, desde la perspectiva de un desarrollador de aplicaciones o, mejor dicho, de visualizaciones de datos. Aunque ya existían diferentes bibliotecas de software para crear gráficos y visualizaciones más o menos complejas (por ejemplo, prefuse o Protovis, este último es el antecesor de D3, o el lenguaje de programación Processing), es a finales de 2011 cuando Michael (Mike) Bostock, Vadim Ogievetsky y Jeffrey Heer presentan D3 en el artículo «D^3: Data-Driven Documents», publicado en la revista *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, una de las más prestigiosas del ámbito.

El nombre dado a esta nueva biblioteca, D3 (o también D3.js, puesto que se trata de una biblioteca escrita en JavaScript), no es gratuito, ya que lleva implícito un cambio de paradigma en la manera como se construye una visualización. D3 permite crear gráficos interactivos combinando elementos de las diferentes capas que componen una página web: lenguaje HTML, manipulación de los objetos que constituyen el documento mediante nodos DOM (*document object model*), aplicación de estilos mediante CSS (*cascading style sheets*) y, obviamente, JavaScript, con lo que se obtienen gráficos en formato SVG (*scalable vector graphics*) que pueden ser visualizados directamente por cualquier navegador web. Así, *data-driven documents* (D3) hace referencia al hecho de enlazar directamente datos con elementos del DOM, que permite su actualización inmediata según los cambios que se produzcan en los datos y genera de esta manera visualizaciones interactivas y dinámicas. D3 no es un nuevo lenguaje de programación para la creación de gráficos, la aproximación habitual de otras bibliotecas predecesoras, sino que permite pensar en el documento (es decir, la página web resultante) como una representación visual de un conjunto de datos, según una configuración (*layout*) y un conjunto de parámetros que la determinan.

En este artículo, de carácter predominantemente técnico, los autores describen los aspectos más importantes de D3 por lo que respecta a su funcionamiento interno:

- Selección: permite acceder a un conjunto de elementos (uno, varios o todos) del documento, ya sea por nombre, clase, identificador, atributo, etc. Es posible combinar selecciones usando intersecciones y/o uniones.

- Operadores: sobre los elementos seleccionados, se pueden aplicar operadores como establecer y/o cambiar atributos, estilos, propiedades y contenidos, tanto textuales como HTML.

- Datos: el operador *data* permite establecer vínculos entre los datos de entrada y los elementos que conformarán la visualización. Los datos pueden ser ordenados y filtrados según diferentes criterios. El modo como D3 procesa los datos y los vincula a los elementos es una de las cuestiones clave que hay que entender para dominar su funcionamiento. Los datos pueden «entrar» (*enter*) en el documento (es decir, ser mapeados a los nodos), ser actualizados (*update*) o bien ser eliminados (*exit*).

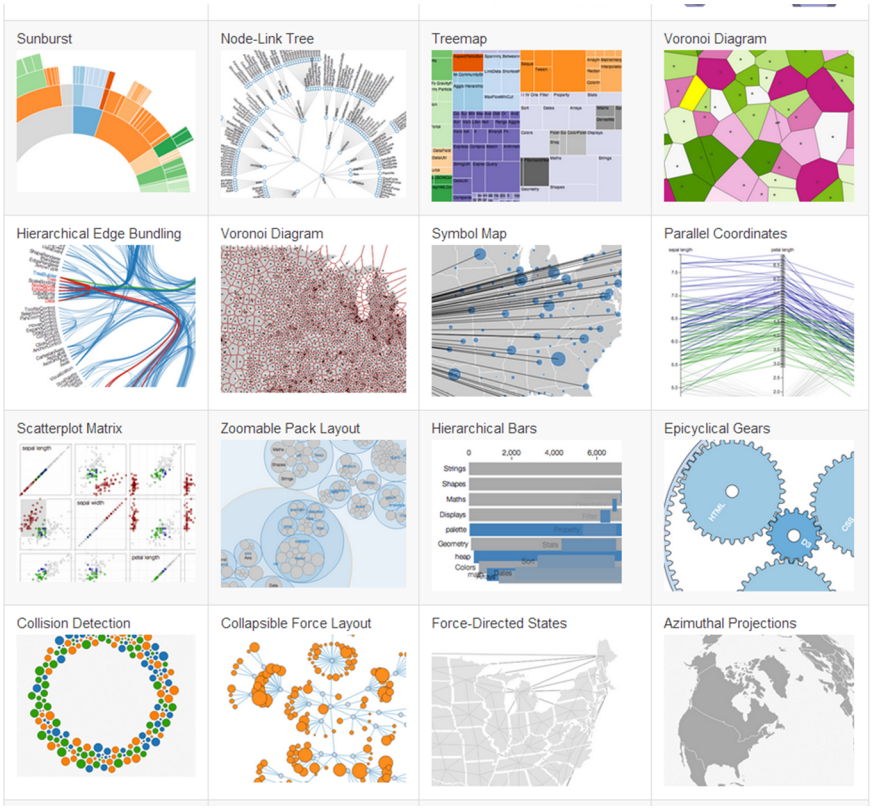
- Eventos: se proporcionan mecanismos para supervisar la interacción mediante los elementos habituales (teclado y ratón).

- Configuraciones (*layouts*): uno de los aspectos más interesantes de D3 es la existencia de diferentes *layouts* para crear visualizaciones, como si fueran plantillas, incluyendo la mayoría de los más habituales, entre otros diagramas de Sankey, *treemaps*, grafos de fuerza dirigidos y mapas, tal y como muestra la figura 15.

- Otros: finalmente, D3 también incluye una colección de primitivas gráficas, el uso de transiciones animadas, o el uso de interpolación para crear nuevos elementos a partir de unos básicos (colores, fuentes, etc.).

Los autores también analizan un aspecto clave en el desarrollo de visualizaciones de datos interactivas (la razón por la cual usar D3): el rendimiento o coste computacional necesario para visualizar un conjunto de datos. Es obvio que una visualización que necesite mucho tiempo para renderizar y mostrar un conjunto de datos no será bien recibida por los usuarios, así que D3 ha sido pensado para ser muy eficiente en este aspecto, tanto en la carga inicial como en la actualización de los datos. No obstante, D3 no está pensado para visualizar conjuntos de datos con cientos de miles o millones de elementos, no hay que olvidar que se ejecuta en el cliente (es decir, el navegador web), por lo que es necesario transmitir y cargar los datos en memoria, así como procesarlos, lo cual puede ser costoso para ciertos *layouts* como los grafos de fuerza dirigidos, por ejemplo.

Figura 21. Ejemplos de *layouts* en D3.js



Fuente: D3js.org.

D3 se ha convertido en el estándar de facto para la creación de visualizaciones interactivas en línea, en parte debido a la gran cantidad de buenas prácticas que se han desarrollado a partir de él y que lo han popularizado, junto con un acertado diseño visual muy ligero y muy moderno. El propio Mike Bostock lideró diversos proyectos de visualización de datos mientras estuvo en el New York Times, como por ejemplo el análisis de la disputa electoral en el año 2012 por la presidencia de Estados Unidos entre el demócrata Barack Obama y el republicano Mitt Romney.

Mike Bostock

Sitio web: https://bost.ocks.org
Twitter: @mbostock
D3.js: https://d3js.org/

D3 sigue siendo un proyecto vivo que ha sido actualizado recientemente y el número de tutoriales y ejemplos de uso sigue creciendo desde su lanzamiento en 2011, por lo que es una muy buena apuesta para aquellos desarrolladores que quieran crear visualizaciones de datos interactivas. Aunque la curva de aprendizaje de D3 es empinada (en el sentido de que es complicado empezar a usarlo desde cero), sí que es posible reutilizar los ejemplos existentes, adaptando los datos disponibles a los requerimientos de cada *layout*. El hecho de ejecutarse en un navegador web también facilita la creación de visualizaciones sin necesidad de disponer de un entorno de desarrollo complejo.

16. Incorporación de la perspectiva de género

Para cerrar esta compilación de lecturas hemos elegido una de muy breve pero interesante llamada «Feminist Data Visualization», que pretende replantear algunas de las cuestiones ya expuestas a lo largo del texto desde una perspectiva diferente, en este caso desde una perspectiva de género. Sorprendentemente, se trata de una lectura reciente, del año 2016. Las autoras, Catherine De Ignazio y Lauren Frederica Klein, provienen del ámbito de las humanidades digitales y, especialmente, de lo que se conoce como *data literacy*, la capacidad de leer, entender, crear y comunicar datos como información útil, donde la visualización de datos es una manera más de hacerlo. De hecho, la visualización de datos pretende, generalmente, ayudar a revelar conocimiento, apoyar la narración de historias a partir de los datos, o bien proporcionar caminos para el análisis visual de estas. En este sentido, el objetivo de las autoras es mejorar las prácticas propias del proceso de diseño y creación de visualizaciones, poniendo énfasis en las decisiones que se van tomando a lo largo de todo el proceso (el llamado *pipeline*).

Para hacerlo, el artículo empieza con una intersección entre los estudios relacionados con el feminismo y otros ámbitos donde la tecnología está muy presente, con un fuerte componente de diseño previo, como son los estudios sobre ciencia y tecnología (en inglés, STS), la interacción persona-ordenador, las humanidades digitales y los sistemas de cartografía digital, también conocidos como GIS. Se muestran trabajos muy interesantes sobre la inclusión de la perspectiva de género en ámbitos que, a priori, pueden parecer neutrales por su talante tecnológico, a pesar de que realmente sirven de ejemplo para ver que la tecnología y las decisiones que se toman al respecto son de todo excepto neutrales.

Las autoras se cuestionan cómo incluir los principios propios del feminismo en seis aspectos diferentes relacionados con el diseño y la creación de visualizaciones. Estos seis aspectos son: 1) salir de los límites impuestos por la binarización del género (hombre / mujer); 2) adoptar visiones más plurales; 3) analizar las estructuras de poder establecidas; 4) considerar el contexto donde se sitúa el escenario de trabajo; 5) incluir dimensiones afectivas y 6) visibilizar la tarea de todos los participantes. Para cada uno de estos principios, las autoras plantean dos dimensiones, una primera relativa al proceso de diseño previo, y una segunda relativa al objeto (visualización) construido. Lo hacen en forma de posibles cuestiones que hay que tener en cuenta a la hora de plantearse cada uno de los seis principios.

El ejemplo más obvio que se describe en el artículo es el uso de dos categorías para describir a hombres y a mujeres en los datos, la llamada binarización del género. Cuando una visualización permite analizar los datos por separado de

hombres y mujeres, ya está introduciendo una cierta perspectiva de género, al permitir al usuario comparar una variable o resultado de un análisis en función del género. Por ejemplo, la incidencia de una dolencia y/o la eficacia de un medicamento seguramente es diferente en función del género, y una visualización adecuada puede mostrar estas diferencias. El problema, sin embargo, es que el uso de una variable dicotómica por el género no es suficiente para representar todo el espectro de géneros, y es necesario usar más categorías para incluir y representar adecuadamente todas las posibilidades. Por ejemplo, en Wikidata (propiedad P21) para definir el género de una persona hay cinco valores posibles, más allá de los tradicionales hombre y mujer. Se trata de *male*, *female*, *intersex*, *transgender female*, y *transgender male*.

Si una visualización de datos es una manera de proporcionar una respuesta a una pregunta que emerge de un conjunto de datos, lo que nos tenemos que plantear es si tanto la pregunta como la respuesta no están reproduciendo esquemas tradicionales que dejan de lado todo aquello que no sea el estándar dominante. Igualmente, si una visualización de datos representa una narración de una historia, nos tendríamos que preguntar si esta narración incluye todos los actores e historias o bien, como acostumbra a pasar, está basada en una visión tradicional que deja de lado las inquietudes y realidades de varios colectivos.

En resumen, en este artículo las autoras proponen repensar el proceso de diseño y creación de una visualización de datos de forma que sea más inclusivo y representativo de la realidad plural que nos rodea, centrado en las personas, intentando huir de una perspectiva centrada solo en la tecnología y los datos supuestamente neutrales.

Resumen

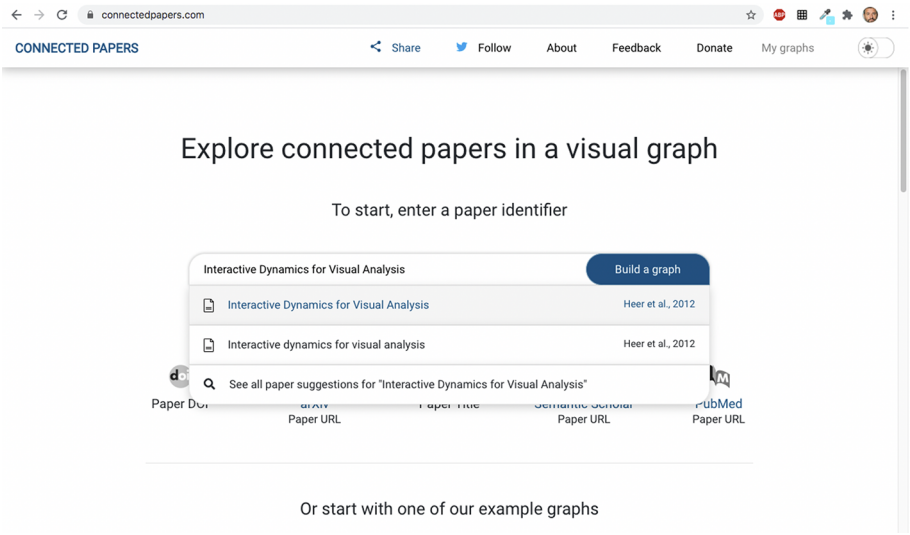
En este material docente hemos dado un repaso a diferentes trabajos del ámbito de la visualización de datos, elegidos por su importancia, la relevancia de los autores o para tratar aspectos considerados claves en su momento, o bien hoy en día en algunos casos. Esta lista no es ni mucho menos exhaustiva. Una simple búsqueda en la base de datos Scopus por «data visualization» y restringiéndolo a libros, revistas académicas y conferencias da casi 34.000 referencias, que es una muestra de la gran cantidad de literatura científica en este ámbito, a pesar de que es limitada si la comparamos con otros. La visualización de datos es un ámbito en desarrollo, que despegó a partir de la década de los 80 del siglo XX y tiene un crecimiento exponencial.

Los trabajos elegidos están relacionados entre sí de muchas maneras diferentes:

- Algunos comparten tema: antecedentes históricos, aspectos psicológicos y de percepción, elementos visuales, herramientas tecnológicas, etc.
- Algunos trabajos están publicados en la misma revista o colección.
- Muchos trabajos usan taxonomías para categorizar tipos de visualizaciones, o acciones sobre las visualizaciones, etc.
- En algunos casos, hemos repetido autores.
- En otros casos, algunos trabajos citan otros.

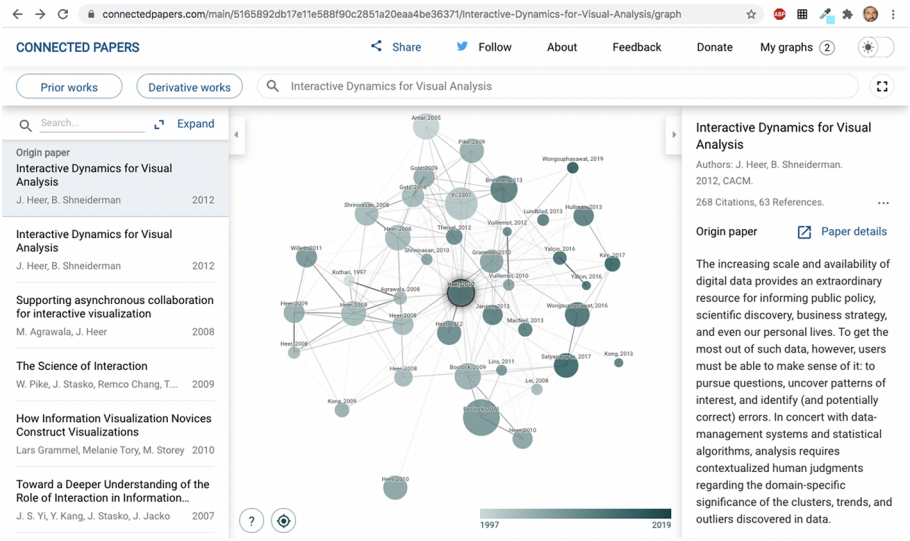
Este último punto es interesante, porque muestra la evolución del ámbito a lo largo del tiempo. Para explorar este hecho os recomendamos usar una herramienta que permite construir grafos de citas a partir de una publicación dada, es decir, qué publicaciones cita y por cuáles es citada, denominada Connected Papers. Si, por ejemplo, buscamos el artículo de Heer and Shneiderman del 2012 llamado «Interactive Dynamics for Visual Analytics: ...»:

Figura 22



La herramienta, después de un breve rato, construye y muestra un grafo con la red de citas y artículos conectados con el seleccionado como artículo inicial:

Figura 23



Esta visualización interactiva nos permite explorar los artículos relacionados con el usado para crear el grafo, detectar clústeres de publicaciones y analizarlas una por una, generando nuevos grafos si se tercia.

Os recomendamos explorar esta herramienta; primero, como visualización interactiva, como buena práctica (y quizás en algún sentido, como práctica mejorable); segundo, para encontrar otros trabajos relacionados que os permitirán entender mejor el ámbito de la visualización de datos.

Esperamos que esta guía os haya servido para haceros una idea del ámbito de la visualización de datos, sus trabajos, autores y fundamentos principales y, sobre todo, querríamos acabar recordando el consejo de Enrico Bertini de forma resumida: explorar, copiar, analizar, crear y publicar visualizaciones de datos como mecanismo para aprender de forma continua.