

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XVIII JORNADAS

VOLUMEN 14 (2008)

Horacio Faas
Hernán Severgnini

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Las visualizaciones computacionales en las rutinas científicas contemporáneas: aspectos epistemológicos de nuevos formatos representacionales

Ailin María Reising y Raúl Oscar Barrachina†*

Un sucinto análisis de los recursos visuales utilizados en publicaciones y conferencias científicas permite apreciar no sólo un significativo cambio en la valoración de las representaciones visuales frente a las lingüísticas, sino también una notable diversidad en los formatos visuales de la ciencia contemporánea. Atendiendo a ello, el presente trabajo tiene como propósito analizar los cambios que el uso de visualizaciones computacionales ha traído aparejados al nivel del trabajo rutinario de los científicos

En los últimos años las prácticas científicas han puesto de manifiesto un significativo incremento en el uso de un tipo de representación que había tendido a ser marginado del foco de análisis de los estudios metacientíficos: las representaciones visuales. Esta tendencia fue advertida ya a mediados de la década de 1980 por autores como William Cleveland (1984), quien la consideró en aquel entonces un rasgo distintivo de las ciencias naturales. Sin embargo, recientemente, autores como Darin Arsenault, Lawrence Smith y Edith Beauchamp (2006) han señalado que, aunque en menor medida, las ciencias sociales también han incorporado incrementalmente a las representaciones visuales en sus prácticas de presentación de resultados. No obstante, indican, es posible coincidir con Cleveland en la existencia de una diferencia sustancial entre las ciencias naturales y sociales respecto al tipo de representación visual incorporado a la modalidad de codificación del conocimiento, pues al tiempo que las ciencias naturales priorizan el uso de representaciones visuales gráficas y no gráficas, esto es diagramas, mapas y montajes, entre otras, en las ciencias sociales predominan tablas y ecuaciones.

La configuración de estos formatos visuales de codificación del conocimiento ha respondido al increíble aumento de la capacidad gráfica de los recursos computacionales que, desde fines de la década de 1980 y en la forma de computadoras personales o PCs, pasaron a formar parte del mobiliario usual de los laboratorios. Como veremos seguidamente, posiblemente uno de los resultados cognitivos más impactantes de esta incorporación haya sido advertir, como señaló Richard Gregory que *"el proceso preconsciente de la visión humana puede ser aprovechado y utilizado con un efecto asombroso para sugerir ideas por medio de las visualizaciones computacionales"* (citado por Friedhoff y Benzon, 1989:8). Ello no sólo destaca el valor comunicativo y persuasivo de las imágenes reconocido por autores como Bruno Latour (1990), sino que sugiere cambios tanto en las habilidades intelectuales ponderadas por las comunidades científicas contemporáneas como en los procesos implicados en la generación y validación del conocimiento.

En relación con lo primero, una simple inspección de libros dedicados a la enseñanza universitaria de la física permite advertir la revalorización de lo visual como recurso didáctico y

* CONICET, Fundación Bariloche

† CONICET, Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche

pedagógico. Un claro ejemplo de ello lo ofrece el modo en que los actuales textos consideran la cinemática del cuerpo rígido. Mientras en *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies* de 1904, Edmund Taylor Whittaker la explicaba indicando “*que el cuerpo se mueve como si estuviese rígidamente conectado a su elipsoide de momento, y este último rodase alrededor de un punto fijo en un plano fijo perpendicular a la línea invariante, sin deslizar*”, libros como el de Louis Hand y Janet Finch de 1998 definen el concepto mediante una ilustración, restringiendo las representaciones lingüísticas a convenciones espacio-temporales que tienen como objeto garantizar el acuerdo entre quien realizó la ilustración y quien la está mirando (Hall, 1996).

En cuanto a las prácticas de generación y validación del conocimiento, puede advertirse que los recursos visuales permiten no sólo identificar relaciones o implicancias que las fórmulas matemáticas impiden reconocer a “simple vista”, sino también conformar argumentos en los cuales las películas e imágenes 3D parecen desempeñar un rol tan importante como las representaciones lingüísticas.

En gran medida este “giro visual” de la ciencia contemporánea ha respondido al desarrollo y la disponibilidad de herramientas informáticas como “Origin”, “Matlab” y “Mathematica”, las cuales han posibilitado la producción de imágenes de gran calidad sin necesidad de recurrir a dibujantes especializados, algo usual hasta fines de la década de 1980. Ello ha impactado a tal punto en el trabajo rutinario de los científicos que, al decir de Latour, éstos parecen ser víctimas actualmente de una obsesiva dependencia de las representaciones visuales (Roth y McGinn 1997).

Este contexto ha definido un nuevo horizonte de investigación para los estudios metacientíficos que, más allá de diferencias teóricas y metodológicas, ha contribuido no sólo a reforzar la convicción de que las representaciones visuales desempeñan un rol central en la construcción, validación y comunicación del conocimiento científico, sino también a caracterizar los recursos visuales de la ciencia atendiendo a rasgos como: i) su *inmutabilidad* –ofrecen la impresión de que el resultado de la investigación es durable en el tiempo– ii) su *escala* –permiten observar fenómenos que no serían visibles en otras circunstancias debido a su tamaño, grado de abstracción o duración–, iii) su *combinabilidad* –permiten combinar resultados diversos para revelar nuevas conexiones entre fenómenos o piezas de información–, iv) su *transportabilidad* –pueden ser incorporados a distintos circuitos de difusión de conocimiento–, y v) su *poder de persuasión* –constituyen un recurso activo en la negociación del conocimiento (Latour, 1990).

En torno de estas propiedades es posible distinguir al menos siete tipos de visualización computacional en las prácticas científicas contemporáneas: a) los gráficos, b) los diagramas –similares a los primeros en cuanto al arreglo espacial de sus elementos pero sin ejes cuantitativos ni datos empíricos–, c) las fotografías –cuyo naturalismo puede ser persuasivo en la medida en que parecen tener una mayor carga de objetividad que otras formas de representación visual–, d) los dibujos esquemáticos –que permiten simplificar las imágenes destacando aspectos considerados relevantes–, e) los mapas –a mitad de camino entre los diagramas y las fotografías en cuanto a su grado de abstracción–, f) los montajes o híbridos –que extienden la propiedad de la combinabilidad que acabamos de ver–, y g) las simulaciones computacionales –modelizaciones o imitaciones de fenómenos por reducción a sus procesos más simples.

La irrupción de estos tipos de visualización como formas novedosas de representar fórmulas y tablas de datos fue advertida quizás por vez primera en un informe de la National Science Foundation de Estados Unidos titulado "Visualization in Scientific Computing", el cual resumía los resultados de un amplio debate que tuvo lugar entre 1986 y 1987 sobre las ventajas y los problemas que traía aparejada la incorporación de las nuevas computadoras a la actividad científica (Mc Cormick, DeFanti y Brown, 1987).

En aquellos años el acceso a las primeras terminales de escritorio y a computadoras personales había comenzado a configurar una dinámica de trabajo que, a diferencia de aquella basada en el uso de "mainframes" —que usualmente requería el auxilio de técnicos que hacían "correr" programas generados en tarjetas perforadas e imprimían tablas de datos en papel de formulario continuo— dio a los científicos un mayor grado de autonomía en la generación y manipulación de las herramientas informáticas. En este contexto, el informe de la National Science Foundation instaba a aprovechar las herramientas informáticas para el desarrollo de nuevas tecnologías de visualización reconociendo que el desarrollo de habilidades por parte de los científicos *"para visualizar cálculos y simulaciones complejos [era] absolutamente esencial para asegurar la integridad del análisis, provocar una mejor comprensión y comunicar los resultados"* (Mc Cormick, DeFanti y Brown, 1987:7).

Así, haciendo de la visualización un imperativo cognitivo, el informe promovía el uso y desarrollo de recursos todavía incipientes como: i) los gráficos computacionales (Computer Graphics), ii) el procesamiento de imágenes (Image Processing), iii) la visión artificial (Computer Vision), iv) el diseño asistido por computadora (Computer-Aided Design), v) la interacción humano-computadora (Human-Computer Interaction), y vi) el procesamiento de señales (Signal Processing). No obstante, el informe advertía sobre uno de los principales problemas que traía aparejado el uso de estas nuevas herramientas informáticas, el llamado "dilema de la información sin interpretación". Dicho dilema ponía en evidencia que frecuentemente el caudal de información producido por medios técnicos como satélites, escaners médicos, y computadoras superaba la capacidad de procesamiento y comprensión de datos de los científicos y técnicos. A pesar de ello, resulta imposible de no advertir que ya desde sus incipientes comienzos la visualización computacional alteró las rutinas científicas convencionales al permitir a los científicos ver lo que es demasiado pequeño, tal como la estructura de moléculas complejas, o aquello que es demasiado grande, tal como el mismo planeta Tierra, y también aquello que sólo existe en su imaginación, sin contrapartida en el mundo real, tal como ocurre con ciertas aplicaciones de la realidad virtual (Araya, 2003).

Debemos destacar el carácter dual de las visualizaciones computacionales al que se alude aquí, vinculado a que las mismas pueden referirse tanto a sistemas físicos reales como a procesos informáticos que no encuentran correlato directo en éstos, caso en el cual las visualizaciones computacionales representan fenómenos que no son visibles o sensibles en sí mismos, como los constructos matemáticos o las relaciones abstractas entre piezas de información. Atendiendo a esto, autores como Agustín Araya (2003) han denominado "científica" a la primera forma de visualización e "informática" a la segunda. Sin embargo, en vista del uso creciente de visualizaciones basadas en resultados computacionales propiamente dichos que, tal como ocurre usualmente en el estudio de sistemas dinámicos, no tienen una relación directa con sistemas

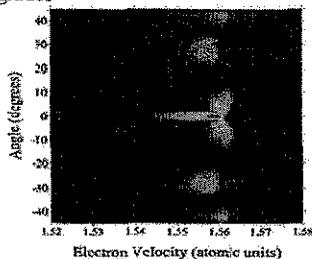
físicos reales, no debería “perderse de vista” el valor científico de las visualizaciones “informáticas”.

Más allá de este tipo de distinciones en cuanto al tipo de sistema o proceso que las genera, ontológicamente tanto la “visualización informática” como la “visualización científica” son imágenes proyectadas sobre una superficie plana –una pantalla de computadora-, compuesta por elementos luminosos puntuales llamados “píxeles”. Cada píxel se caracteriza por dos aspectos. Por un lado, su posición en el espacio de la pantalla, definida por un par ordenado de números naturales en un conjunto que ha ido creciendo desde los 320 x 200 píxeles de las primeras tarjetas gráficas CGA (acrónimo inglés de Color Graphics Adapter) de IBM, hasta las actuales resoluciones de 2048 x 1536 píxeles o más. Por el otro, su color, expresado en proporción de rojo, verde y azul en una escala de hasta 24 Bits, lo cual equivale aproximadamente a 2^{24} o 16.7 millones colores.

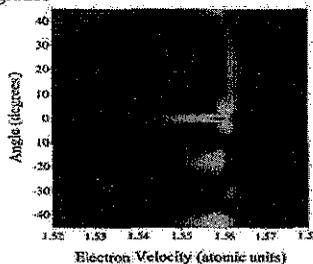
Aún en su forma más básica, la visualización computacional, ya sea que se trate de una imagen estática o dinámica, es una colección de píxeles cuyo caudal de información supera por mucho la capacidad humana y deja al científico a “merced de un inconquistable infinito” (Araya, 2003). Ahora bien, ¿cómo es que se obtiene una visualización computacional? Pues mediante operaciones informáticas, a partir de una teoría, un experimento o una simulación. Veamos un ejemplo de este proceso. A partir de las ecuaciones de una teoría dada, el científico generó un “programa” en lenguaje Fortran que dio lugar a tablas de datos en formato “ASCII” (acrónimo inglés de American Standard Code for Information Interchange).

Luego, a través de uno de los programas comerciales que hemos mencionado anteriormente, esas tablas fueron traducidas en imágenes y unidas para formar una visualización computacional animada, tal como se muestra en la siguiente figura (Barrachina 2005):

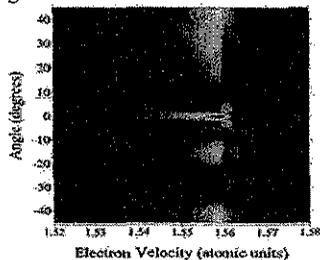
$\theta = 0$ grados



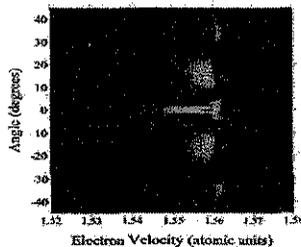
$\theta = 30$ grados



$\theta = 60$ grados



$\theta = 90$ grados



Esta visualización representa una ingeniosa propuesta (Barrachina y Zitnik, 2004), basada en el proceso de autoionización que sigue a la doble captura de los electrones de una molécula de Hidrógeno por una partícula alfa rápida, para realizar el “experimento imposible” imaginado por Richard Feynman en 1963 para ejemplificar la naturaleza ondulatoria de la materia. La misma muestra un gráfico bidimensional, con la velocidad y el ángulo de emisión de los electrones en ambos ejes coordenados, y donde la intensidad (o número de electrones emitidos por unidad de tiempo) es representada en base a una convención de colores. A falta de una dimensión gráfica extra, en esta visualización se utilizó el tiempo para representar la orientación de la molécula, donde el ángulo azimutal θ respecto del eje de la colisión varía en 5 grados por cada segundo de animación. Recientemente, esta propuesta fue llevada a la práctica por dos grupos experimentales independientes en Francia (Chesnel et al 2007) y Argentina (Suárez et al. 2008), casos en los que también se generaron visualizaciones computacionales a partir de las señales registradas por los equipos.

Desde la perspectiva del trabajo rutinario del científico, este procedimiento supone “*el uso de representaciones visuales de datos de manera interactiva por medio de la computadora* [con el objeto de] *ampliar su horizonte cognitivo*” (Card et. al, 1999: 6). En este sentido implica un uso no convencional de la informática que aumenta las capacidades y potencialidades en el procesamiento de la información y configura un estilo de análisis que utiliza a la visión para pensar.

Este procedimiento de generación de imágenes pone de manifiesto, además, que al interactuar con una visualización computacional los científicos tienden a desentenderse de las fórmulas, tablas o programas que le dieron origen. Tal como ha indicado Araya, cuando las visualizaciones computacionales “cobran vida”, aquello a lo que se refieren tiende a desaparecer dado que los científicos encuentran a estos entes mucho más amigables que a sus referentes, en tanto pueden crearlos, verlos, manipularlos y pensar con ellos (Araya, 2003). De este modo los científicos ponen en funcionamiento formas cognitivas de interacción con la imagen que van más allá de la manipulación de objetos, activando mecanismos preconcientes de procesamiento de información que los sumergen en un mundo donde la visualización se confunde con los modelos, fenómenos u objetos que les dieron origen. Un mundo en el cual las nociones convencionales de referencia necesitan dar lugar a más complejas nociones de ambigüedad (Araya, 2003), puesto que, independientemente de que el fenómeno estudiado tenga características visuales o no, las visualizaciones computacionales tienden a representarlo como un objeto visual con forma, color, textura y movimiento, volviendo visible lo que no necesariamente lo es. Consecuentemente, lejos de constituir un resultado estático y acabado, la visualización computacional constituye un producto sujeto a una constante manipulación por parte del científico, quien puede rotarla, modificar su escala, deformarla, eliminar información espuria o innecesaria e incorporar nuevos datos.

Si bien es esta interacción la que atribuye versatilidad a la visualización computacional, es la que pone de manifiesto también que la misma es una “ilusión de realidad” independiente del tiempo y el espacio. Independiente del tiempo en tanto que es “replicable” y emerge de programas que lo son en esencia. Independiente del espacio en tanto que puede “migrar” de una computadora a otra e incluso residir en la Web, sin ubicación definida o reconocible. Así, a pesar

de ser sometidas a procesos numéricos y electrónicos de “corporización”, las visualizaciones computacionales retienen mucho del carácter ideal de los objetos ideales, pues estos “cuerpos digitales” no tienen existencia en el mundo físico. Por tal razón Araya las ha definido como las “primas ontológicas de las sombras”, pero hay una diferencia esencial que no debe “perdersé de vista” en este lazo de parentesco, y es que las sombras son sombras de cosas, mientras que las visualizaciones computacionales son sólo luz, no reflejo de cosa alguna.

Notas

¹ Vale aquí una nota de color. El patrón comúnmente utilizado para comparar distintos métodos de procesamiento de imágenes, es la sección superior de una fotografía de la modelo sueca Lena Sjööblom, aparecida en la página central de la revista *Playboy* de Noviembre de 1972. En aquel entonces uno de los científicos del Signal and Image Processing Institute (SIPI) de la University of Southern California (USC) tomó la imagen para analizar el resultado de ciertos algoritmos de procesamiento, convirtiéndola en un estándar de calidad. A comienzos de los '90 la difusión masiva de esta imagen generó el reclamo por derechos de autor de la revista *Playboy* a publicaciones como *Optical Engineering* y *IEEE Transactions on Image Processing*.

Referencias bibliográficas

- Araya A. A. (2003), “The Hidden Side of Visualization”, *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 7, 2.
- Arsenault D., Smith L. D. and Beauchamp E. A. (2006), “Visual Inscriptions in the Scientific Hierarchy, Mapping the “Treasures of Science”, *Science Communication* 27, 376.
- Barrachina R. O. and Zitnik M. (2004), “Young's interference effect in the autoionization of atoms colliding with molecules”, *Journal of Physics B*, 37, 3847.
- Barrachina R. O. (2005), “Special Report: Atomic Realization of the Young Single Electron Interference process in Individual Autoionization Collisions”, XXIV Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions ICPEAC (Rosario, Argentina).
- Barrachina R. O. (2005), “Invited talk. Young electron interference effects in atomic ionization collisions”, 3rd Conference on Elementary Processes in Atomic Systems, CEPAS (Miskolc, Hungría).
- Card S K, Mackinlay J D, and Shneiderman B (1999) “Readings in Information Visualization. Using Vision to Think”, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Chesnel J-Y, Hajaji A., Barrachina R. O. and Frémont F (2007), “Young-Type Experiment Using a Single-Electron Source and an Independent Atomic-Size Two-Center Interferometer”, *Physical Review Letters*, 98, 100403.
- Cleveland, W S (1984), “Graphs in Scientific Publications”, *The American Statistician* 38, 261.
- Feynman R. P., Leighton R. B. and Sands M. (1963), “The Feynman Lecture on Physics” vol 3 ch 37 (Quantum behaviour), Addison-Wesley.
- Friedhoff, R. M. and Benzon W (1989), *Visualization. The second computer revolution*, New York. Freeman.
- Hall, S B (1996), “The Didactic and the Elegant: Some Thoughts on Scientific and Technological Illustrations”, en Baigrie, B S (1996), *Picturing Knowledge, Historical and Philosophical Problems Concerning the Use of Art in Science*, Toronto: University of Toronto Press.
- Hand, L. M. y Finch, J D (1998), *Analytical Mechanics*, Cambridge. Cambridge University Press.
- Latour, B. (1990), “Drawing things together”, en Lynch, M. y Woolgar, S. (eds), *Representation in scientific practice*, Cambridge, MA. MIT Press.
- McCormick B H., DeFanti T. A. and Brown M. D., eds. (1987), “Visualization in Scientific Computing”, *Computer Graphics* 21.
- Roth, W M. y McGinn, M. K. (1997), “Graphing. Cognitive ability or practice?”, *Science Education*, 81, 91.
- Suárez S., Fregenal D., Bernardi G., Focke P., Frémont F., Chesnel J-Y, Hajaji A. and Barrachina R. O. (2008), “Young-type Interference with Single Electrons in the Autoionization of Atoms by the Impact of Molecules. An Independent Measurement in the Backward Direction”, 4th Conference on Elementary Processes in Atomic Systems (Cluj-Napoca, Rumania).
- Whittaker, E. T. (1904), *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*, New Haven. Yale University Press.