

La representación visual del conocimiento científico y su característica naturaleza *epistémica, heurística y comunicativa*

The Visual Representation of Scientific Knowledge and its Characteristic *Epistemic, Heuristic and Communicative* Nature

FRANCISCO LÓPEZ-CANTOS*

Universitat Jaume I de Castellón

RESUMEN. En este artículo se aborda la naturaleza de la representación visual del conocimiento con numerosos ejemplos históricos y contemporáneos a partir del análisis de sus características definitorias en tanto que representación *epistémica, heurística y comunicativa*. Con este fin, a lo largo del texto se despliega la argumentación al respecto con el objetivo de reivindicar el significativo papel que la representación visual ha tenido y tiene en la actualidad para la actividad científica y la elaboración de conocimiento. Y, finalmente, se hacen algunas consideraciones en torno al estatuto de la representación científica en el complejo marco de la cultura visual contemporánea reclamando la urgente necesidad de abordar con mayor intensidad este tipo particular de representaciones visuales desde su naturaleza *epistémica, heurística y comunicativa*.

Palabras clave: representación del conocimiento; epistemología de la imagen; imagen científica; comunicación científica; filosofía de la ciencia; cultura visual.

ABSTRACT. This article deals with the nature of the visual representation of knowledge with historical and contemporary examples of the analysis of its defining characteristics as *epistemic, heuristic and communicative* representation. With this aim along the text we explain the visual material features and their relationship with the elaboration of scientific knowledge. And, finally, we must take into account the status of scientific representation in the complex of contemporary visual culture claiming the urgent need to address this type of particular representation of visuals with greater intensity from its *epistemic, heuristic and communicative* nature.

Key Words: Knowledge Representation; Image Epistemology; Scientific Imaging; Scientific Communication; Philosophy of Science; Visual Culture.

* flopez@uji.es / ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6674-4825>.

1. INTRODUCCIÓN

Estamos inmersos en estos tiempos en una cultura que bien podemos caracterizar por su naturaleza evidentemente visual y en la que hoy, más que nunca y valga la redundancia, las imágenes se presentan como la *evidencia* indiscutible de todo aquello que nos rodea y son parte indisoluble tanto de la realidad social contemporánea como de nuestra propia identidad.

A diferencia de otros momentos históricos, y como bien señaló tempranamente Walter Benjamin (1936), lo más característico de nuestra contemporaneidad es la inmensa capacidad de reproductibilidad técnica de que se dispone y que deriva de manera inevitable, para el filósofo vienés y en relación con las formas de representación artística, en lo que denominaba la pérdida de su *aura*, como resultado de la radical ruptura con las formas de representación tradicionales asociada a la inevitable pérdida de la originalidad y el valor estético de la representación en tanto obra de arte.

Mucho se ha escrito en torno a las características de la representación y su valor artístico, pero muchísimo menos en relación con un tipo particular de representación que está estrechamente ligada a la actividad científica y al conocimiento y que, por ello, vamos a denominar en adelante y de manera genérica *representación epistémica* para referirnos tanto a las imágenes pictóricas o fotográficas como a las más vanguardistas representaciones gráficas y simulaciones virtuales por ordenador, y que vamos a caracterizar en tanto formas de conocimiento en sí mismo por su naturaleza *epistémica, heurística y comunicativa*.

Para ello, a lo largo de este artículo vamos a hacer un recorrido, muchas de las veces histórico, pero sobre todo de síntesis, por algunas de las formas de abordar y representar el conocimiento para que, sin ánimo de ser exhaustivos, poder obtener una buena aproximación *panorámica* al respecto, valga la expresión eminentemente visual, y que corresponda de manera adecuada con el relevante papel que la representación visual del conocimiento ha tenido y tiene en la actualidad y su estrecha interrelación con la actividad científica y los procesos de elaboración de conocimiento.

En este artículo vamos a reivindicar, y creemos que con más que sobradas razones inmersos como estamos en la actual cultura visual contemporánea, que la popular expresión *cogito, ergo sum* atribuida a Descartes¹ bien se debiera ac-

¹ Aunque al parecer tal célebre frase fundadora del racionalismo occidental, *cogito, ergo sum*, fue plagiada del español Gómez Pereira quien ya antes sentenciaba “Nosco me aliquid noscere: at quidquid noscit, est: ergo ego sum” (Conozco que yo conozco algo. Todo lo que conoce es; luego yo soy), e incluía en su texto titulado “Antoniana Margarita. Opus nempe physicis, medicis ac theologis non minus vtile quam necessarium” (Una obra tan útil como necesaria para físicos, médicos y teólogos), publicado en 1554, casi un siglo antes que el *Discurso del Método* (1637).

tualizar, siendo consecuentes con el conocimiento que actualmente tenemos en torno a las características de la propia cognición y al relevante papel que tiene la representación en los procesos de elaboración de conocimiento científico, como *videre, ergo sum*.

2. LOS LÍMITES DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA

Como bien muestra Hintikka (2012: 116), el modelo cartesiano presenta notorias ambigüedades para delimitar el significado del término *cogito*, y bien lo define en cuanto a sistema lógico conformado por un conjunto de sentencias verdaderas, o bien en relación con su carácter performativo “to express the existential self-verifiability of the sentence ‘I exist’” y, en este sentido y siguiendo esta segunda interpretación, parece ser que para Descartes el verbo *cogitare* se habría de referir necesariamente en su definición a *todo acto de inteligencia*, en palabras del propio Hintikka (2012: 119) a “genuine acts of consciousness other than those of thinking, for example those of willing, sensing, feeling, and the like”. Por lo tanto, la adecuada sentencia para definir el pensamiento cartesiano en relación con la cognición sería más bien otra que, aun siendo propia de Descartes y menos popular, es sin embargo mucho más acertada: “Ego sum res cogitans, id est dubitans, affirmans, negans, pauca intelligens, multa ignorans, volens, nolens, imaginans quoque et sentiens”.²

Aún a pesar de estos nada desdeñables matices que el propio Descartes introduce en sus escritos, el pensamiento cartesiano se ha ido popularizando sobre todo en torno a la preeminencia de la razón, la *res cogitans* (la mente/el alma en el pensamiento cartesiano), y frente a la *res extensa* (el cuerpo), conformando así una particular perspectiva racionalista entre cuyos máximos exponentes podemos encontrar, por citar un ejemplo, a Bertrand Russell y, en lo que nos interesa para este trabajo, a Popper y Lakatos en sus sucesivas versiones de la aplicación del *falsacionismo lógico* para la validación del conocimiento científico. Pero lo que resulta notorio es, además, que esta particular forma de entender la cognición en la tradición del racionalismo cartesiano no solo otorga más relevancia a los procesos lógico-mentales sino que, hasta fechas relativamente recientes, ha propiciado una aproximación muy sesgada al análisis de los procesos cognitivos y desde una perspectiva exclusivamente lógico-verbal.

En esta tradición lógico-verbal, y en lo que nos interesa que es la representación del conocimiento, podemos encontrar fructíferas propuestas que parten de la lingüística de Saussure, Jakobson y Peirce y se adaptan a la actualidad en

² “Yo soy una cosa pensante, o sea que duda, que afirma, que niega, que entiende pocas cosas, que ignora muchas, que quiere y que no quiere, que también imagina y que también siente”.

distintas versiones, incluida la más tecnológica que parte de la cibernética de Wiener, pasando con el tamiz del estructuralismo de Levy-Strauss y las propuestas de Chomsky, Austin o Searle. Aún hoy día se insiste en adoptar, en lo que nos ocupa que es la imagen científica, una perspectiva de análisis de las imágenes que parte de la semiótica textual de Eco y Fabbri y que, aunque pueda resultar de cierto interés, entendemos poco adecuada para abordar la representación visual del conocimiento. Y es que las imágenes científicas, como vemos diciendo, son un tipo particular de representación, y que por ello hemos denominado *epistémica*, cuya complejidad y relevancia para la producción y validación de conocimiento científico y para la Ciencia va mucho más allá de lo que pueden ofrecer estas, en nuestra opinión, limitadas perspectivas de análisis que acaban por resultar en interpretaciones especulativas más o menos ingeniosas acerca de este tipo de imágenes, de su contenido o de sus supuestos efectos culturales, etc. En nuestra opinión, el *análisis semiótico* puede sin duda resultar en ocasiones de interés, aunque muchas veces, seguramente más de las necesarias, resulta muy parcial y sesgado al estar únicamente sustentado en perspectiva de interpretación crítica y aderezado con versiones más o menos indisimuladas de las alucinantes y trasnochadas propuestas pseudocientíficas freudianas sin ningún pudor.

Y hemos escrito *Ciencia* en mayúsculas para despejar toda duda en relación con nuestra posición frente al contemporáneo relativismo rampante del *todo vale* y *todo tiene el mismo valor* que encontramos por doquier y estrechamente relacionado con la interpretación parcial y sesgada que se hace de las propuestas críticas que, de manera sintética y en lo relativo a la actividad científica y el propio estatuto de la Ciencia, parten sobre todo de Feyerbaden y que, si bien nos parece por supuesto una perspectiva de interés para la discusión académica, está convirtiéndose en la práctica, y en un entorno tecno-cultural como el actual, en la perfecta excusa para equiparar el conocimiento científico con cualquier otro tipo de conocimiento e invalidar el conocimiento acumulado durante tantos siglos y desacreditar el trabajo que llevan a cabo día tras día tantas y tantas personas que se dedican a la actividad científica. Nuestra posición al respecto pasa necesariamente por las propuestas kantianas en relación con el apriorismo actualizadas contemporáneamente por la *theory-laden* de Hanson (1967) y, en el marco de la perspectiva kuhniana (1962), nos situamos en un lugar intermedio entre los excesos del positivismo lógico y la radicalidad del relativismo postmoderno. Y es que nos resulta muy preocupante el progresivo descrédito que sufre la actividad científica, en cierta medida fruto de este *relativismo* rampante acompañado por una suerte de *pensamiento débil*, que entendemos una de las causas principales de la actual pandemia de conocimiento pseudocientífico que se está propagando rápidamente

impregna todos los rincones de nuestra sociedad contemporánea, introduciéndose incluso, de manera imparabable y para estupor de muchos con la inestimable ayuda de los medios de comunicación y la impasibilidad de gran parte de la comunidad científica, en los sistemas académicos e instituciones sociales aunque, afortunadamente, se empieza a dedicar a ello cada vez mayor atención (Elias, 2013; Alonso-Marcos y Cortiñas-Rovira, 2014; Cano-Orón, 2016, Fasce, 2017; López-Cantos, 2018).

Determinar lo que podemos considerar *Ciencia* es sin duda una tarea ardua y compleja y que queda muy alejada de las intenciones de este artículo, pero sí se hace necesario reivindicar, en el sentido expresado, la validez del conocimiento científico y cuanto menos actualizar, con ánimo operativo y para fijar nuestra posición al respecto, las tradicionales definiciones de *objetividad* y *verdad* asociadas al conocimiento científico desde el concepto de *reliabilism* de Goldman (1967), que proporciona una aproximación epistemológica en la que se enfatiza la necesidad de veracidad de todo conocimiento, sea del tipo que sea, a partir del establecimiento de las condiciones necesarias para mantener dichas creencias (Goldman y Olson, 2009), las cuales están históricamente estrechamente relacionadas con el orden social (Shapin, 1994). En lo que nos ocupa, entonces, entendemos el conocimiento científico como un tipo particular de conocimiento fruto de la actividad científica y válido en tanto resultado dinámico del consenso acerca de lo que se considera la realidad externa, *realism*, en el marco de las creencias, *believes*, de la comunidad de investigadores en un determinado contexto sociocultural, es decir, de su *reabilism*.

Por lo tanto, en nuestra opinión la *evidencia* científica se debe entender en este sentido y como el único camino posible para determinar la validez del conocimiento científico. Es decir, nuestra posición al respecto es la que entiende que solo es posible un tipo de *ciencia basada en la evidencia*, haciéndonos así eco del término que se reivindica con cada vez más contundencia en el ámbito de la salud, la *medicina basada en la evidencia*, para confrontar las buenas prácticas investigadoras frente al fraude y la estafa de la pseudociencia y la actual pandemia actual de mala ciencia.³

Y en lo que nos ocupa, la representación visual del conocimiento, la que hemos denominado representación *epistémica*, ejerce, por su propia naturaleza, y hoy más que nunca, un determinante papel para otorgar *reliabilism* a este tipo particular conjunto de conocimientos fruto de la actividad investigadora que entendemos como *Ciencia*, más allá de aproximaciones dicotómicas que nos llevarían a un debate ajeno a los objetivos de este trabajo en torno a las fronteras

³ En relación con los actuales debates en torno a la denominada *medicina basada en la evidencia* y sus límites se puede consultar Timmermans y Berg (2010).

entre *teoría/experimentación*, *teoría/técnica*, *ciencia/cultura* o similares (se puede ver al respecto López-Cantos, 2015, 2017). La comunidad científica siempre se ha aproximado a las imágenes científicas con espíritu crítico y sin ingenuidad y ha mostrado mucho quizá incluso mucho más recelo y precaución que en la actualidad debido a la conciencia que siempre de la enorme potencia probatoria que puede tener la representación visual, debido precisamente a su propia naturaleza *epistémica*, en tanto *evidencia* del conocimiento.

3. LA REPRESENTACIÓN VISUAL DEL CONOCIMIENTO. ENTRE LA EPISTEME Y LA TECHNÉ

La evidencia científica ha estado desde siempre ligada a la representación tanto como el propio término *ciencia* como la *epistemología* está no solo sujeto a discusión exclusivamente filosófica y requiere historización (Rheinberger, 2010).

Hace unas cuantas centurias, por ejemplo, el anatomista Andreas Cornelius, más conocido como Vesalius, abordaba el estudio científico del interior del cuerpo documentando su funcionamiento con precisos dibujos a escala macroscópica. En *De humanis corpori fabrica*, publicado en 1543, se reproducían los órganos internos con ilustraciones muy elaboradas que se recogían tras diseccionar los cuerpos para proceder a su estudio. En los llamados teatros anatómicos se realizaban disecciones públicas con objetivos divulgativos y científicos que, al tiempo, se registraban pictóricamente y, así, la ilustración científica, en lo sucesivo, se convertiría en habitual en la práctica médico-pedagógica.

No resulta nada novedoso, por lo tanto, representar el cuerpo humano al modo que hace contemporáneamente Alexander Tsiaras en sus coloridas imágenes (*vid.* González de Ávila, 2018) y que solo es una variante *tecnificada* del trabajo de Vesalius o, ya en el siglo XX, de las ilustraciones recopiladas en *Gray's Anatomy*, publicada en 1918, una conocida enciclopedia anatómica que por cierto ha dado su nombre a una popular serie de ficción televisiva con la medicina como protagonista. Y es que la representación de la Naturaleza fue la heroica labor que ya se emprendió siglos atrás con la elaboración de monumentales obras como *De historia stirpium*, de Leonhard Fuchs, publicada en 1542, o *De historia animalium*, de Conrad Gessner, elaborada entre 1551 y 1558; o algo después, en 1665, con la publicación de *Micrographia* de Robert Hooke, ya en pleno tránsito a lo que se ha denominado era de *la objetividad mecánica* (Daston y Galison, 1992), que se inauguraría poco después con la invención de la fotografía. En medicina, además, y especialmente en embriología, de igual manera que se había hecho habitual la representación de órganos y procesos funcionales en fisiopatología utilizando gráficos e ilustraciones para comunicar sus

propiedades características, era una práctica común la utilización de modelos tridimensionales realizados con los más diversos materiales, desde el cristal hasta la cera (Chen, 1999), de igual modo que lo era para la cosmología la representación de modelos astronómicos y artilugios mecánicos (Mosley, 2006).

En esta época, resultaba muy atractiva la idea de superar las limitaciones visuales y ampliar el conocimiento con instrumentos que asistieran a los sentidos y como resultado de este *sprit du temps* y ya desde la fundación de la *Accademia Secretorum Naturae of Napoles* en 1560 por Giambattista della Porta, se impulsó de manera consciente el perfeccionamiento de la instrumentación científica para hacer visibles los territorios de la Naturaleza que permanecían inexplorados y desconocidos. La academia napolitana tuvo su correspondencia en Roma, hacia 1602, con la constitución de la *Accademia dei Lincei*, entre cuyos impulsores estaba Galileo y en la que, a pesar de los conocidos problemas que tuvo con la iglesia que desembocaron en su enjuiciamiento hacia 1633, se mantuvo activo a lo largo de su vida.

Galileo Galilei construyó su primer telescopio en 1609 a partir del prototipo previo realizado por el holandés de Zacharias Janssen y el año siguiente, invirtiendo los elementos ópticos del telescopio, construía un microscopio con el que realizaba observaciones de insectos, concretamente de una abeja. Por entonces, publicaría su conocida y cuidada edición con dibujos detallados de la Luna y las fases de Venus, *Siderius nuncius*, en la que resumía sus observaciones astronómicas que pronto revolucionarían la visión que hasta entonces se tenía del cosmos.⁴ Y, algunas décadas después, en el último tercio del siglo XVII, y tras el progresivo perfeccionamiento de las lentes y la popularización de los instrumentos ópticos, el holandés Antonie von Leeuwenhoek, un empleado municipal aficionado a la microscopía, construyó un modelo de microscopio con lentes de fabricación propia que permitía superar algunos de los defectos principales de las ópticas hasta entonces existentes, tales como las aberraciones esféricas y cromáticas, haciendo posible la observación y descripción precisa de microorganismos como las bacterias y los espermatozoides (Gest, 2004), que se representaban en forma de ilustraciones. Y de este modo, el salto cualitativo que supuso para la actividad médica el conocimiento del cuerpo humano que proporcionaban los nuevos instrumentos de microscopía fue impresionante, al igual que había ocurrido un siglo antes con la publicación de la obra ilustrada de Vesalius, Fuchs y Gessner (Kusukawa, 2012), y de nuevo el desarrollo tecnológico propiciaría que se corroborara, se *evidenciara*, la validez de las teorías científicas, como por ejemplo la que había formulado tiempo atrás William

⁴ Se puede consultar al respecto la monumental obra en tres volúmenes de Rioja y Ordoñez (1999).

Harvey sobre la circulación sanguínea y que entonces fue posible demostrar gracias a la observación con el microscopio.

En definitiva, y a partir de Galileo, se desarrollaría enormemente la instrumentación científica para hacer posible la investigación de fenómenos hasta entonces no visibles, facilitando así importantes avances en multitud de ámbitos científicos, desde la biología a la medicina, pasando por la botánica y por supuesto la astronomía. Y, de manera simultánea, se producía un cada vez más un evidente tránsito del discurso textual hacia la ilustración científica como herramienta explicativa fundamental para presentar los resultados experimentales obtenidos, toda vez que los sistemas tecnológicos de reproducción empezaban a permitir ya por entonces una difusión masiva del conocimiento.

El progresivo e imparable tránsito que se iba a producir a partir de ese momento hacia lo que decíamos se ha venido denominando *objetividad mecánica* era el resultado lógico de la euforia que provocaba en la comunidad científica la nueva instrumentación óptica que permitía acceder a territorios inexplorados no vistos hasta entonces por no ser accesibles a la visión humana y que, con la invención de la fotografía, eliminaba todo trazo de intervención/mediación y permitía un *acceso directo* a la reproducción de la Naturaleza, al menos en apariencia, y tal y como ya se ha tratado en profundidad en otros trabajos (López-Cantos, 2010, 2016), la comunidad investigadora adoptó los procedimientos fotográficos de manera rápida y entusiasta en multitud de disciplinas científicas y sin demasiadas resistencias, de manera muy similar a la euforia contemporánea en torno a la implementación generalizada de vanguardistas simulaciones gráficas por ordenador. Pero, como veremos a continuación, la comunidad científica en ningún momento ha adoptado una actitud ingenua y acrítica en relación con las imágenes científicas y, ni mucho menos, ha dejado de ser consciente de la naturaleza de la representación visual y su enorme potencial *testifical* en tanto herramienta *epistémica* sino que también ha hecho uso de la representación por su probada eficacia *heurística* y *comunicativa*.

4. LA REPRESENTACIÓN VISUAL DEL CONOCIMIENTO COMO HERRAMIENTA HEURÍSTICA

Leonardo, por ejemplo, ya afirmaba que la observación y la experiencia eran las puertas del conocimiento, y entendiendo que en el proceso de obtención de conocimiento era fundamental el pensamiento visual activo (Kemp, 2006), lo que denominaba un *saper vedere*, y que nadie como él ha plasmado en su extensa obra. Para el mencionado Descartes, igualmente, la imaginación, la visualización y el uso de diagramas era parte consustancial de su labor de investigación y una herramienta crucial para facilitar la comunicación de la

verdad científica, tal como muestra Trumbo (2010), y como recoge Lüthy (2006: 97): “In the case of most books, once we have read a few lines and looked at a few of the diagrams, the entire message is perfectly obvious. The rest is added only to fill up the paper”.

Para Tycho Brahe, por ejemplo, quien es considerado el último astrónomo que observó los cielos sin instrumentación óptica y con la visión directa, la función de los modelos cosmológicos tridimensionales con los que trabajaba, y que mandaba construir según sus indicaciones con los materiales y las técnicas disponibles en aquellos momentos, “was primarily cognitive: to convey to another the principal motions of a particular scheme more readily than could be done with words o pictures” (Mosley, 2006: 216). Es decir, los construía con el fin de representar de la manera más adecuada posible su modelo teórico y facilitar el diálogo y la elaboración de conocimiento, y así acabó por mostrar a sus colegas que el espacio se extendía más allá de la Luna y que la teoría copernicana era esencialmente cierta y los planetas se movían elípticamente alrededor del sol.

El pensamiento visual y el uso de la representación como estrategia cognitiva también fue determinante, por ejemplo, para Darwin o Edison y son muchos más los ejemplos de científicos contemporáneos que han utilizado herramientas y estrategias de aproximación visual a la resolución de problemas como Bohr, Botzmann, Einstein, Faraday, Heisenberg, Helmholtz, Herschel, Kekule, Maxwell, Poincare, Tesla, Watson, o Watt, tal como muestran Miller (1984) o Nersessian (1992). Es popularmente conocida la historia de la imagen de la serpiente mordiendo la cola que evocó en su mente Kekulé y le facilitó el entendimiento de la forma de alineamiento de los seis átomos de carbono e hidrogeno en el benceno; o como Niels Bohr, de manera similar, imaginó diminutas esferas circulando en sus orbitas como planetas para desarrollar su teoría atómica; así como el eficiente uso de diagramas y representaciones en 3D que llevo un siglo antes a Dalton a desarrollar el primer modelo atómico (Thagard y Hardy, 1992). Estudios recientes, como el de Gruber y Bodeker (2005), se han ocupado con profundidad del pensamiento visual y la creatividad como estrategia esencial de la investigación mostrando, por ejemplo, su importancia en el trabajo del propio Darwin, quien plasmó de manera esquemática su pensamiento y la ilustración de su de la evolución anotada en su famoso legajo “I think”.⁵

Colin McGuinn (2004), ha analizado con detalle la forma de proceder de matemáticos como el mencionado Kekulé y otros como Poincaré o Faraday y, yendo incluso más allá, ha concluido que el pensamiento visual, el poder de ge-

⁵ La ilustración se puede consultar en Harry (1992: 160).

nerar imágenes mentales, es decir, la imaginación creativa, es consustancial a la propia actividad científica. Sin embargo, y tal como se desprende del clásico estudio de Roe (1952) sobre una muestra de científicos americanos de diversas disciplinas, aun siendo un modo de proceder común resulta muy difícil de detectar porque los científicos no suelen estar acostumbrados a reconocer su propio patrón de pensamiento visual y durante las entrevistas se mostraron incapaces de hablar de ello debido, sobre todo, a la extendida creencia de que en la actividad científica se utiliza solo el razonamiento lógico y en absoluto la intuición.

Pero el pensamiento visual creativo es no solo un modo de proceder común sino que resulta en muchas ocasiones imprescindible en el proceso de creación de conocimiento científico, tal como igualmente ha mostrado Rudwick (1976) en su trabajo sobre la importancia del uso de lenguajes visuales en las ciencias geológicas, o Galison (1997) en lo relativo a las estrechas relaciones entre la imagen y la lógica de la investigación en microfísica. Tal como afirma Rocke (2010: 239), con contundencia y en el mismo sentido, en su esclarecedor análisis del significativo papel que la representación visual ha tenido en la revolución del conocimiento en Química, existen sobrados ejemplos históricos “of productive use of the interconnected world of images, models, and *paper tools* than the crucial period in the history of science when chemist first began to be convinced of the reality of their mental representations, and charted a path to show all scientists how best to explore the world beyond the immediate reach of the senses”. Y en este sentido, la investigación científica se ha analizado, además y de manera complementaria, como una actividad creativa en relación con su utilidad para comprender y mejorar situaciones prácticas, entendiendo que se trata fundamentalmente de una actividad orientada a la resolución de problemas que utiliza estrategias heurísticas como la analogía, la generalización, o la inducción. Y se ha determinado, desde esta perspectiva, que la representación gráfica o esquemática de problemas es la herramienta más eficaz para obtener una visión global de los mismos y para la búsqueda y comparación con patrones análogos que faciliten el hallazgo de soluciones (Pólya, 1945: 253).

En definitiva, la aproximación visual a la resolución de problemas y el uso de representaciones visuales durante el proceso de elaboración de conocimiento científico es común en la actividad científica en general y es una excelente estrategia cognitiva que da muy buenos resultados, precisamente fruto de la naturaleza *epistémica* y la capacidad *heurística* inherente a la representación visual del conocimiento pero, también, como resultado de su eficacia como herramienta *comunicativa*.

5. LA REPRESENTACIÓN VISUAL DEL CONOCIMIENTO COMO HERRAMIENTA COMUNICATIVA

La *comunicación* como objeto de estudio forma parte de la agenda investigadora con plenos derechos desde hace décadas y es muy extensa la tradición de estudios al respecto pero, en lo que nos ocupa que es el ámbito de la comunicación y la historia de la ciencia, baste con citar los trabajos al respecto de, entre otros muchos, Jennings y Bennet (2011), Knight (2006), Vickery (2000), Mazzolini (1993) o Balex y Carre (1985). Y cada vez hay más textos específicos sobre periodismo científico de autores de nuestro entorno inmediato, más allá del ya clásico de Calvo-Hernando (1977), como, por ejemplo, De Semir (2014), Moreno (2011) o Elías (2008a, 2008b), aunque solo muy recientemente se están comenzando a publicar trabajos desde la perspectiva del significativo papel que tiene la representación visual del conocimiento para la investigación científica (López-Cantos, 2017).

Igualmente, se puede encontrar ingente literatura de investigación sobre los cambios contemporáneos específicos que se están produciendo en las formas de difusión de la Ciencia, como por ejemplo en Trench (2007), Schäfer (2009) o Suleski y Ibaraki (2010), entre muchos otros, así como algunos interesantes análisis sobre las particularidades de la comunicación pública de la ciencia y la representación visual del conocimiento en instituciones científicas concretas como el CERN (Sharon y Baram-Tsabari, 2014), o dedicados específicamente a la representación, por ejemplo en relación con la crisis del ébola (Alcibar, 2017). Y hay otros muchos que abordan la complejidad de las cuestiones éticas asociadas a la comunicación del conocimiento (Laslo, Baram-Tsabari y Lewenstein, 2011) y a las distintas formas de entender la objetividad en la práctica periodística y científica, en tanto que «journalists think objectivity demands ‘trying to let the facts speak for themselves’, and academics think it requires systematic methods and transparent accounts» (Post, 2015: 731).

Sin embargo, y más allá de la práctica periodística y la comunicación pública de la ciencia, la representación visual del conocimiento siempre ha tenido un papel central en la actividad científica, y ya desde finales del s. XVII, cuando se empezaron a editar las primeras revistas de divulgación científica con la publicación del *Journal des Savants* en 1664, las ilustraciones servían de soporte a las demostraciones empíricas y se recogían con sumo cuidado en las publicaciones especializadas que emanaban de las cada vez más numerosas sociedades científicas que se iban constituyendo en torno a las más variadas áreas del saber. Entre ellas se encontraba la *Royal Society* de Londres, de la que formaban parte Hooke y Newton, en la que se debatía con normalidad la adecua-

ción, o no, de las ilustraciones para representar los hallazgos que se publicaban (Kusukawa, 2011) y solo eran admitidas las representaciones que se consideraban válidas tras encendidos debates respecto a su idoneidad.

Las prácticas comunicativas en el proceso de elaboración de conocimiento en los laboratorios contemporáneos, templos de la mediación y consenso técnico entre colectivos científicos en nuestros días, han sido abordadas críticamente en numerosas ocasiones durante las últimas décadas desde los clásicos trabajos de Latour (*vid.* Latour y Woolgar, 1979), Knorr-Cetina (1981) o Lynch y Woolgar (1990), entre algunos otros. En un interesante y reciente trabajo al respecto desde una perspectiva micro-semiótica (Allamel-Raffin, 2011), se muestra con claridad la complejidad de los procesos interaccionales subyacentes entre las personas implicadas en la captación y validación de las imágenes registradas por un microscopio electrónico de transmisión (TEM) en el Institute of Physics and Chemistry of Materials in Strasbourg. Y, tal como se desprende del estudio, la forma de producción de conocimiento y los mecanismos de atribución de sentido y validación de las imágenes, al carecer de referente macroscópico externo, hacen muy difícil distinguir los *artefactos* generados por el microscopio del *objeto epistémico* en sí mismo, estatuto que solo alcanza la representación obtenida después de un complejo proceso comunicativo de carácter argumental que sanciona por consenso su validez.

Y, tal como muestra este trabajo y venimos argumentando, es sin duda alguna enorme la complejidad inherente a cualquier forma de representación científica y en relación con las cuestiones relativas a la interpretación, atribución de sentido y elaboración de conocimiento como, también, es patente el carácter eminentemente dialógico y la importancia de la dimensión comunicativa en los procesos de generación de conocimiento científico. Pero más allá de la crítica contemporánea que se pueda hacer en torno a las formas de producción y difusión de conocimiento científico (López-Cantos, 2017), resulta innegable que la representación visual es consustancial e indisociable a la actividad científica y los procesos de elaboración de conocimiento y, en cualquier caso y en definitiva, este particular tipo de representaciones visuales se han de abordar desde su naturaleza *epistémica, heurística y comunicativa*.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las críticas a la *ideología lab* resultante de la actividad científica, y a la propia actividad de los científicos en el marco del sistema socio-económico actual, han venido de múltiples frentes, baste citar al respecto los clásicos trabajos de Di Trochio (1995) y Sokal y Bricmont (1999) o los ya mencionados análisis de los dispositivos semiótico-tecnológicos y la crítica desde la sociología de la cul-

tura (Baudrillard, 1993). Las más recientes propuestas al respecto, actualizadas al entorno tecnológico contemporáneo en red, pasan por una visión crítica de la cultura actual que Morozov viene a denominar *ideología MIT* (Morozov, 2013), y se fundamentan en la práctica en un modelo de representación visual que aborda cualquier rincón de lo cognoscible para representar el mundo en forma de *mapped picture* (Manovich, 2002) y en el que se diluyen las fronteras tradicionales entre el arte y la ciencia (Kemp, 2006). Este nuevo contexto que Echeverría (1999: 27) denominó en su momento *tercer entorno*, está caracterizado por su artificialidad y posibilitado por las tecnologías. Y en esta postmodernidad en la que ya no existen los recintos y territorios clásicos,⁶ se acaba conformando una *cultura de la interface* (Quadriotto, 2012) que está haciendo transitar nuestras sociedades hacia una nueva era en que la cultura está determinada por la gestión de grandes colecciones de datos y es eminentemente visual (López-Cantos, 2017). De manera muy resumida, esta sería la caracterización genérica con que la imagen científica se ha considerado hasta la actualidad:

	Ilustración pictórica	Fotografía analógica	Imagen digital
Método técnico	Reproducción manual	Reproducción mecánica	Simulación virtual
Relación con referente	Idealización selectiva	Copia fidedigna	Visualización datos
Valor epistémico	Caracterización	Probatorio	Interface
Capacidad heurística	Limitada	Extensiva	Innovación Tecnocientífica
Ámbito comunicativo	Ciencia / Arte	Cultura Visual	Cultura BigData

La utilización de largas series de datos, y los problemas asociados a su representación, es parte de la propia historia de la ciencia y en medicina (Mazur, 2014) y, sin duda, el análisis y tratamiento de grandes colecciones de datos en la actualidad se ha mostrado de enorme utilidad, por ejemplo en recientes pandemias como la de la gripe aviar, pero con las debidas precauciones ya que “it

⁶ Estos cuestionamientos críticos en torno a los límites de la propia esencia de la cultura contemporánea los podemos encontrar igualmente por ejemplo en la archiconocida obra del sociólogo francés Jean Baudrillard *Cultura y simulacro*, o en las propuestas de Lipovetsky en cuanto a la absoluta falta de referencialidad y desgarró en esta *Era del vacío* en que nos sumergen estos tiempos posmodernos.

can only be a simulacrum of reality like the shadows on the wall of Plato's cave. Because we can never have perfect information, our predictions are inherent fallible" (Mayer-Schnberger y Cukier, 2013: 97), y teniendo en cuenta los problemas inherentes a las técnicas de visualización para poder representar y hacerlos útiles, que son bien conocidos (Anscombe, 1973).

Sin embargo, las nuevas promesas van más allá de la simple mejoría en la eficacia en la representación y pretenden ser la culminación del viejo sueño de fidelidad al referente, una empresa imposible como venimos comentando y que ya empeñó, entre otros, a aquellos navegantes-geógrafos que impulsaron la cartografía desde que se empezaron a imprimir mapas para visualizar los nuevos territorios (Ford, 1992: 131). Este sueño se ha reeditado con fuerza de un siglo a esta parte, en lo que Heidegger vino a denominar hace unas décadas *The Era of the World Picture*, en la que el fin último de la modernidad "is the conquest of the world as picture" (cfr. Gross, 2006: 446).

Las imágenes de vanguardia que pueblan nuestra cultura, muchas de ellas procedentes de la investigación científica, no son más que meras ilustraciones que se imponen como *objetos epistémicos autónomos*, como *evidencias* que aparentemente no necesitan en modo alguno ser descifradas. Y se genera así un nuevo tipo de artefactos epistémicos situados entre la naturaleza y la tecnología y de características similares a las que la filósofa alemana Nicole C. Karafyllis ha denominado, refiriéndose a las representaciones de organismos vivos, *biofacts* (Karafyllis, 2003).

De manera que lo cierto, es que la promesa de una mejora en la representación del conocimiento, o incluso de un cambio de paradigma en esta supuesta *Nueva Era BigData*, no es más que otra versión de la ya conocida mitología tecno-neopositivista contemporánea que se ha venido gestando en las últimas décadas desde la construcción de los primeros videojuegos y alrededor de Silicon Valley (Gregg, 2015), hoy promovida con el inestimable impulso que ha supuesto la representación espectacular de datos que permiten las capacidades de computación actuales.

Y las nuevas representaciones, o *biofacts*, deben analizarse respondiendo a cuestiones tales como, por ejemplo, ¿en qué medida la representación que se nos ofrece se corresponde con los datos y estos a su vez con su referente?; ¿qué tipo de variaciones se pueden haber introducido fruto del proceso y de los instrumentos de registro?; ¿cuál es el grado de tratamiento que tiene la representación y con qué algoritmos específicos y técnicas se hacen visibles aspectos que se consideren de interés?; o si ¿lo observado es una estructura permanente o temporal?

Pero, más allá de la crítica al dispositivo tecnocientífico y en torno a la naturaleza de la representación, es incuestionable la notoria contribución que la representación visual del conocimiento ha tenido a lo largo de la historia y que está teniendo

en la actualidad, especialmente a partir de la progresiva implementación de tecnologías de imagen electrónica. Y, en cualquier caso y en definitiva, la representación visual es consustancial e indisoluble a la producción de conocimiento científico, y resulta urgente incrementar los trabajos al respecto desde el ámbito académico y abordar su estudio desde su naturaleza *epistémica, heurística y comunicativa*.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcibar, M. (2017). "Information Visualisation as a Resource for Popularising the Technical-Biomedical Aspects of the Last Ebola Virus Epidemic: The Case of the Spanish Reference Press". *Public Understanding of Science*, First published online April 10. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0963662517702047>
- Alonso-Marcos, F. y Cortiñas-Rovira, S. (2014). "La pseudociencia y el poder de los medios de comunicación. La problemática ausencia de bases teóricas para afrontar el fenómeno". *Historia y comunicación social*, 19, pp. 93-103.
- Anscombe, F. J. (1973). "Graphs in Statistical Analysis". *American Statistician*, 27, pp. 17-21.
- Balex, D. y Carre, C. (1985). *Visual Communication in Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barron, D. (2011). "EDSAC: A Programmer Remembers". *The Computer Journal*, 54 (1), pp. 139-142.
- Baudrillard, J. (1993). *Cultura y simulacro*. Barcelona: Kairós.
- Benjamin, W. (1936). *Das Kunstwerk im Zeitalter seiner technischen Reproduzierbarkeit*. Recuperado en castellano de: <http://diegolevis.com.ar/secciones/Infoteca/benjamin.pdf>
- Calvo-Hernando, M. (1992). *Periodismo Científico* (1992). Madrid: Paraninfo, Madrid. 1ª ed. 1977.
- Cano-Orón, L. (2016). "Correlación entre las búsquedas sobre terapias complementarias en Google y su uso por parte de la población española". *Panace@*, Vol. XVII (44), pp. 124-132.
- Chen, J. C., Amar, A. P., Levy, M. L. y Apuzzo, M. L. (1999). "The Development of Anatomic Art and Sciences: The Ceroplastica Anatomic Models of La Specola". *Neurosurgery*, pp. 883-892.
- De Semir, Vladimir (2014). *Decir la ciencia. Divulgación y periodismo científico de Galileo a Twitter*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Di Trocchio, F. (1995). *Las mentiras de la ciencia. ¿Por qué y cómo engañan los científicos?* Madrid: Alianza Editorial.
- Echeverría, J. (1999): *Los señores del aire: telépolis y el tercer entorno*. Barcelona: Destino.
- Eliás C. (2008). *Fundamentos de periodismo científico y divulgación mediática*. Madrid: Alianza Editorial.

- Eliás, C. (2013). “Contraconocimiento y pandemias de credulidad en la Sociedad Red: el papel del periodismo en la búsqueda de la verdad en los entornos digitales”. *Estudios sobre el mensaje periodístico*, Vol. 19 (2), pp. 667-681.
- Fasce, A. (2017). “Los parásitos de la ciencia. Una caracterización psicocognitiva del engaño pseudocientífico”. *Theoria*, Vol. 32 (3), pp. 347-365.
- Galison, P. (1997). *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics*. Chicago: Chicago University Press.
- Gest, H. (2004). “The Discovery of Microorganisms by Robert Hooke and Antoni van Leeuwenhoek, Fellows of The Royal Society”. *Notes and Records of the Royal Society*, 58, pp. 187-201.
- Goldsmán, A. I. (1967). “A causal theory of knowing”. *Journal of Philosophy*, 64, 357-372.
- Goldsmán, A. I. y Olson, E. J. (2009). “Reliabilism and the value of knowledge”. En Pritchard, D., Millar, A. y Haddock, A. (Eds.), *Epistemic value* (pp. 19-41). Oxford: Oxford University Press.
- Goldsmán, D., Nance, R. E. y Wilson, J. R. (2009). “A brief history of simulation”. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, pp. 567-574. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/484d/63adef29925ffa408275431efb0f0dfc417a.pdf>
- Gregg, M. (2015). “Inside the Data Spectacle”, *Television & New Media*, 16(1), pp. 37-51.
- Gross, A. (2006): “The Verbal and the Visual in Science: A Heideggerian Perspective”. *Science in Context*, 19 (4), pp. 443-474.
- Gruber, H. E. y Bödeker, K. (2005). *Creativity, Psychology and the History of Science*. Dordrecht: Springer.
- Hanson, N. R. (1967). “An anatomy of discovery”. *Journal of Philosophy*, 64, pp. 321-352.
- Harry, R. (1992). *The Scientific Image: from cave to computer*. New York: Abrahams.
- Jennings, R. y Bennett, D. (2011). *Successful Science Communication*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Karafyllis, N. C. (2003). *Biofacts. Essays on Man between Artefact and living Entity*. Paderborn: Mentis.
- Kemp, M. (2006). *Seen/Unseen: Art, Science, and Intuition from Leonardo to the Hubble Telescope*. Oxford: Oxford University Press.
- Knight, D. (2006). *Public Understanding of Science. A history of communicating scientific ideas*. London, New York: Routledge.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: Chicago University Press.
- Kusukawa, S. (2011). «Picturing Knowledge in the Early Royal Society: The Examples of Richard Waller and Henry Hunt», *Notes and Records of The Royal Society*, 2011. <<https://doi.org/10.1098/rsnr.2010.0094>>
- Kusukawa, S. (2012). *Picturing the Book of Nature: Image, Text, and Argument in Sixteenth-Century Human Anatomy and Medical Botany*. Chicago: University of Chicago Press.

- Laslo, E., Baram-Tsabari, A. y Lewenstein, B. (2011). “A growth medium for the message: Online science journalism affordances for exploring public discourse of science and ethics”. *Journalism*, 12(7) 847-870.
- López-Cantos, F. (2010). “La imagen científica: tecnología y artefacto”. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 1, pp. 158-172.
- López-Cantos, F. (2015). “La simulación y representación de modelos y teorías científicas mediante imágenes”. *Thémata*, 51, pp. 271-288.
- López-Cantos, F. (2016). “Photography in the Boundaries of the Visible. From Santiago Ramón y Cajal to Cecil Frank Powell”. *Cogent Arts & Humanities*, 3.
- López-Cantos, F. (2017). *Cultura visual y conocimiento científico. Comunicación transmedia de la Ciencia en la Era BigData*. Barcelona: UOC.
- López-Cantos, F. y Milián Yeste, J. (2018). “La difusión de discursos pseudocientíficos en la radio pública española. El programa Complementarios de RNE-Radio 5”. *Revista Latina de Comunicación Social*, 73, pp. 317-330.
- Lüthy, C. (2006). “Where Logical Necessity Becomes Visual Persuasion: Descarte’s Clear and Distinct Illustrations”. En Kusukawa, S. y MacLean, I. (Eds.). *Transmitting Knowledge: Words, images and Instruments in Early Modern Europe*. Oxford: Oxford University Press.
- Manovich, L. (2002). “The Anti-Sublime Ideal in Data Art”. Recuperado de: <http://manovich.net/index.php/projects/data-visualisation-as-new-abstraction-and-anti-sublim>
- Mayer-Schneberger, V. y Cukier, K. (2013). *BigData. A revolution that will transform how we live, work and think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Mazur, D., “Big Data in the 1800s in Surgical Science: A Social History of Early Large Data Set Development in Urologic Surgery in Paris and Glasgow”, *Big Data & Society*, 1. <<https://doi.org/10.1177/2053951714543701>>
- Mazzolini, R. (1993). *Non-verbal Communication in Science Prior to 1900*. Firenze: Istituto e Museo di Storia della Scienza.
- McGuinn, C. (2004). *Mindsight: Image, Dream, Meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Miller, A. I. (1984). *Imagery in Scientific Thought: Creating 20th-Century Physics*. Boston: Birkhauser.
- Moreno-Castro, C. (2011). *Periodismo y divulgación científica. Tendencias en el ámbito iberoamericano*. Biblioteca Nueva / OEI-Organización de Estados Iberoamericanos.
- Morozov, E. (2013). *To save everything, click here: The folly of technological solutionism*. New York: Public Affairs.
- Mosley, A. (2006). “Objects of Knowledge: Mathematics and Models in Sixteenth-Century Cosmology and Astronomy”. *Transmitting Knowledge: Words, Images, and Instruments in Early Modern Europe*. Oxford: Oxford University Press.

- Nersessian, N. J. (1992). "How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science". En Giere, R. N. (Ed.). *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Pólya, G. (1945). *How to solve it*. Garden City, NY: Doubleday.
- Post, S. (2015). "Scientific Objectivity in Journalism? How Journalists and Academics Define Objectivity, Assess Its Attainability, and Rate Its Desirability". *Journalism*, 16, pp. 730-749.
- Rheinberger, H. J. (2010). *On historicizing epistemology: an essay*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- Rioja, A. y Ordoñez, J. (1999). *Teorías del Universo*. Madrid: Síntesis.
- Rocke, A. J. (2010). *Image & Reality*. Chicago: Chicago University Press.
- Rudwick, M. J. S. (1976). "The Emergence of a Visual Language for Geological Science 1760-1840". En *History of Science*, 14, pp. 149-195.
- Schäfer, M. S. (2009). "From public understanding to public engagement: An empirical assessment of changes in science coverage". *Science Communication*, 30(4), pp. 475-505.
- Shapin, S. (1994). *A social history of truth*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Sharon, A. y Baram-Tsabari, A. (2014). "Measuring mumbo jumbo: A preliminary quantification of the use of jargon in science communication". *Public Understanding of Science*, 23(5), pp. 528-546.
- Sokal, A. y Bricmont, J. (1999). *Imposturas intelectuales*. Barcelona: Paidós.
- Suleski, J. y Ibaraki, M. (2010). "Scientists are talking, but mostly to each other: A quantitative analysis of research represented in mass media". *Public Understanding of Science*, 19(1), pp. 115-125.
- Thagard, P. y Hardy, S. (1992). "Visual thinking and the development of Dalton's atomic theory". En *Proceedings of the Ninth Canadian Conference on Artificial Intelligence*. Vancouver, pp. 30-37.
- Timmermans, S. y Berg, M. (2010). *The gold standard: The challenge of evidence-based medicine and standardization in health care*. Philadelphia, PA: Temple University Press.
- Trench, B. (2007). "How the internet changed science journalism". En Bauer, M. y Bucchi, M. (ed.). *Journalism, Science and Society: Science Communication between News and Public Relations*. New York/London: Routledge, pp. 133-142.
- Trumbo, J. (2010). "Making Science Visible: Visual Literacy in Science Communication". *Visual Cultures of Science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. Hanover, N.H.: Dartmouth Collegue Press.
- Vickery, B. (2000). *Scientific Communication in History*. Boston: Scarecrow Press.