

LOS LÍMITES DE LA VISIBILIDAD: CIENCIA E IMAGEN

JESÚS VEGA ENCABO

I

Las imágenes inundan nuestra cultura. Impregnan muy distintos ámbitos de realidad. Su impacto en la organización de la vida contemporánea es imparable. El «giro visual» que, para algunos, es destino de llegada para los estudios culturales no hace más que reflejar esta deriva. Las imágenes aparecen como el núcleo de un nuevo régimen general del conocimiento¹.

Es como si por fin, tras una lucha secular, la imagen se hubiera impuesto sobre la palabra. Ya hace un cuarto de siglo, W. J. T. Mitchell escribía lo siguiente: «The dialectic word and image seems to be a constant in the fabric of signs that a culture weaves around itself [...] The history of culture is in part the story of a protracted struggle for dominance between pictorial and linguistic signs, each claiming for itself certain proprietary rights on a “nature” to which only it has access»². Este reparto de derechos entre los signos, que separa, por un lado, la arbitrariedad de los signos lingüísticos capaces de dar expresión a las más diversas manifestaciones culturales y, por otro, la naturalidad de las imágenes que hacen presentes las cosas mismas en su concreción, parece haberse trastocado definitivamente a favor de estos últimos. Pero este cambio ha sido más bien el fruto de una ruptura del tradicional contraste entre ambas formas signícas. Las imágenes son fruto de convenciones culturales que, a su vez, les dan forma. La necesidad psicológica de las imágenes, nacida de ese efecto de presencia natural y transparente del mundo, contribuye ahora a hacer más férreas las convenciones culturales en manos del poder. Paradójicamente,

¹ Para una presentación del alcance del *giro visual* en la cultura contemporánea, puede consultarse el libro de Fernando Rodríguez de la Flor con ese título. Rodríguez de la Flor, F., *Giro visual. Primacía de la imagen y declive de la lecto-escritura en la cultura postmoderna*, Salamanca, Delirio, 2009.

² Mitchell, W. J. T., *Iconology. Image, Text, Ideology*, Chicago y Londres, Chicago University Press, 1986, p. 43.

las imágenes así concebidas se dan a leer. Su victoria, en la dialéctica, es pírrica. Es difícil escapar de sus cuernos.

Una de las dimensiones de este enfrentamiento secular se ha manifestado reiteradamente como un peligro de quedar atrapado por el efecto de presencia que parece ir asociado a las imágenes y que se traduce en al menos tres aspectos: en primer lugar, en términos signícos, una imagen es aquel signo en el que el significante hace *sensible* la presencia del significado; en segundo lugar, y como consecuencia de lo anterior, las imágenes mantienen una privilegiada relación con lo corporal, en cierto modo «hacen cuerpo» el significado; en tercer lugar, esta sensorialidad de las imágenes puede hacer olvidar el valor racional que caracteriza esencialmente a la palabra, al lenguaje discursivo. Si, por un lado, su aparente naturalidad les otorga una especie de credibilidad intrínseca; por otro lado, su sensorialidad amenaza la racionalidad de la palabra articulada.

Las luchas culturales alcanzan ámbitos aparentemente no amenazados. La cultura científica parecería ser uno de ellos. Las normas metodológicas e institucionales de la ciencia preservarían su núcleo epistemológico de innecesarias polémicas. Su cultura es la del rigor del lenguaje, especialmente matemático; exhibe su férrea estructura de formas discursivas, racionales. La imagen solo ocupa un lugar secundario, puramente didáctico, heurístico y retórico (en especial, en contextos de comunicación pública). Para una larga tradición de filósofos de la ciencia, que ha conformado un imaginario ya muy arraigado en torno a la ciencia, las imágenes y otros dispositivos visuales pasan siempre por detrás de las teorías y los modelos (matemáticos), si ocupan algún lugar. Intervienen poco o nada en la configuración de la *credibilidad* de las interpretaciones teóricas que la ciencia provee. La ciencia puede hacerse (y quizá debe hacerse) sin imágenes. La tradición científica se adhiere, sin más, a la iconoclasia.

Si esto fuera así, la ciencia se habría colocado al margen del giro visual en los estudios culturales, quizá porque la ciencia se sitúa también al margen de la cultura en general. El lector ya debe estar impaciente, pues las evidencias claman en contra del vacío *imaginístico* y cultural de la ciencia. Sin duda. Los más diversos contextos científicos exhiben tal profusión y multiplicación de medios *imaginísticos* y, en general, de dispositivos de visualización que sería absurdo continuar con una ocultación, para muchos ideológica, del modo como las imágenes configuran todo un conjunto de estrategias de argumentación (más o menos retórica) a través del cual la ciencia aborda el estudio de sus objetos. Su valor es netamente constructivo. Las imágenes dan forma a la *credibilidad* científica en su conjunto. La ciencia *no* puede (y quizá no debe) hacerse sin imágenes. La tradición científica, sin más, se adhiere a la iconofilia.

En las páginas que siguen, voy a intentar mostrar que esta *tensión* es esencial a la ciencia. De hecho, los dispositivos visuales que entran a formar parte

de los contextos de investigación son tratados, al mismo tiempo, en cuanto icónicos y «elementos discursivos». Es cierto que los enfrentamientos internos acerca del *valor* epistemológico de las imágenes en la ciencia han tendido a polarizar el énfasis en cada uno de estos aspectos: para algunos, el valor y la credibilidad *científica* de una imagen depende de que no sea interpretada de acuerdo con sus meros aspectos icónicos, sino de que sea insertado en una serie de otros dispositivos y medios de representación que logren extraer la información contenida en ella, manipulada, tratada adecuadamente (lo que se traduce muchas veces en «estadísticamente») y, sobre todo, evaluada; para otros muchos, no sería posible prescindir del valor icónico mismo de las imágenes, que entregan los fenómenos en su más pura visibilidad y transparencia. Sin duda, hay un cierto sentido en el que la visualidad de la ciencia tiende a disolverse en datos (fiables) y a resumirse en la explotación inferencial (y discursiva) de las imágenes. Buena parte de la literatura sobre las imágenes científicas acepta una concepción según la cual el objetivo de la producción de imágenes no es más que permitir inferencias y gestionar la presentación y evaluación de datos. Su *carácter* de imágenes pasa por detrás de aquello que ocultan: datos, recuperables en otros formatos y medios.

Voy a intentar mostrar que un aspecto irrenunciable de la compulsión de la ciencia hacia la producción de imágenes se explica por el hecho de que su *valor epistémico* se enraíza en formas de interpretación icónica, inseparables de procesos de manipulación y de articulación con diferentes medios y dispositivos (figurativos o no). Se podría decir que las imágenes mismas, en cuanto están dotadas de credibilidad, solo son interpretables en el interior de los contextos de investigación como *híbridos representacionales* que, por un lado, reclaman capacidades icónicas de reconocimiento y, por otro, se articulan en procesos de transformación y organización «discursiva». El error está en pensar las imágenes científicas según un modelo puro de semiosis. Su visualidad es irreducible, pero permanece al mismo tiempo, y en cierto sentido, indeterminada, incompleta. La tensión esencial de las imágenes en la ciencia tiene un cierto aire de paradoja; la significación epistémica de una imagen en distintos contextos científicos depende de que sea y no sea tratada como mera imagen. Tras esta idea se esconde un problema epistemológico más general al que prestaré atención en la última sección del artículo: la dificultad de la epistemología para otorgar valor a los aspectos no-proposicionales en la conformación de la credibilidad epistémica. Esto se debe a que no piensa en la *comprensión* como uno de los objetivos epistémicos genuinos y en la necesidad de que razonamiento e imaginación contribuyan a extender nuestras capacidades de dar sentido, capacidades que desempeñan igualmente un papel fundamental al interior de la ciencia.

II

Las imágenes se incorporan pronto a la cultura científica. Grabados y dibujos comienzan a poblar los tratados científicos y las traducciones de la Antigüedad durante el Renacimiento humanista. Lentamente, la desconfianza hacia las imágenes va a dar paso a un uso *controlado* de estas. Todo un horizonte de visibilidad se abría con los nuevos instrumentos de observación; pero el alcance de la mirada se extendía, sobre todo, con el cuidado que los tratadistas prestaban ahora a la inclusión en sus obras de imágenes que trasladaran, como testimonios fidedignos, lo visto en viajes y exploraciones. Como Hooke se encargará de establecer al inicio de su *Micrographia*, el «ojo fidedigno» y la «mano sincera», es decir, la colaboración de una mirada atenta y de la habilidad de los dibujantes, proporcionará una representación del aspecto «verdadero» de las cosas observadas a través de su microscopio³. Las imágenes comenzarán a formar parte de las estrategias de argumentación y reclamarán así su autoridad y su credibilidad. Si no, recuérdense las polémicas galileanas en torno a las imágenes de la luna, que parecían asestar un golpe definitivo a las teorías aristotélicas de la majestad de los cielos. Lo único que se requería: control (racional) de la experiencia y control (habilitoso) de la producción de figuraciones⁴.

Pero estos inicios históricos son tibios si uno los compara con la proliferación de *imágenes* en la literatura científica publicada en la actualidad. Un vistazo a cualquier artículo científico, en casi todas las disciplinas, revelará la multiplicación de imágenes de todo tipo. Nos toparemos con dispositivos foto-

³ Para Hooke, el ojo, con la ayuda de instrumentos, puede adentrarse en el mundo concreto de las cosas y liberarse así de las fantasías del intelecto. El conocimiento debe anclarse al testimonio gráfico de la observación. El estudio de la naturaleza ha de proceder *mostrando* las cosas, «lo que no requiere tanto una especial fuerza de *Imaginación*, o rigor del *Método*, o profundidad de *Contemplación* (aunque el concurso de todo esto, cuando fuera posible, produciría necesariamente una composición mucho más perfecta) como una *Mano sincera* y un *Ojo fiel* para examinar y consignar las cosas tal como ellas mismas se presentan» (Hooke R., *Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas con cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas*, Barcelona, Círculo de lectores, 1995). S. Alpers ha dedicado páginas de enorme interés a analizar este arte de describir que caracteriza la cultura holandesa del siglo XVII y que alcanza a la misma ciencia (Alpers, S., *El arte de describir. El arte holandés en el siglo XVII*, Madrid, Hermann Blume, 1987).

⁴ Mucha es la literatura sobre este impacto de la cultura visual en el Renacimiento y el origen de las ciencias modernas. He abordado la cuestión desde un punto de vista filosófico y no histórico en Vega, J., «Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna», *Arbor*, CLXXIII (2002), pp. 521-552. Allí pueden encontrarse otras referencias historiográficas. Véase también un número de la revista *Isis* del año 2006, donde varios artículos de Norton Wise, Pamela H. Smith o J. Tucker entre otros abordan el papel de la producción de imágenes en la historia de la ciencia y su relación con el arte y otros dominios culturales (Wise, N., «Making Visible», *Isis*, 97 (2006), pp. 75-82; Smith, P. H., «Art, Science, and Visual Culture in Early Modern Europe», *Isis*, 97 (2006), pp. 83-100; Tucker, J., «The Historian, the Picture, the Archive», *Isis*, 97 (2006), pp. 111-120).

gráficos (realizados por medios muy diferentes), con dibujos más o menos esquemáticos, con mapas, con tablas, con gráficos, con diagramas y con otros medios cuya identidad, en ocasiones, parece desafiar las clasificaciones. Tal es así que se ha podido llegar a afirmar que los medios de expresión afectan sustancialmente a los contenidos de las «teorías» científicas; e incluso que los *conceptos* científicos mismos no son únicamente verbales, sino que se estructuran como «híbridos semióticos»⁵, simultáneamente verbales, matemáticos, visuales y operacionales, y que el significado se expresa a través de múltiples sistemas semióticos en interacción. Esta variedad de elementos semióticos interviene activamente en la generación de significado en el interior de la ciencia; la organización de información y la construcción argumentativa no se producen de forma exclusivamente verbal. Son resultado de la combinación y la integración de múltiples dispositivos (textuales, matemáticos, visuales). No es extraño que la frecuencia de aparición de elementos no-verbales en los artículos sea ciertamente alta⁶. No meramente ilustran ya los textos, sino que los completan. Forman así parte esencial de la argumentación a favor de los resultados que se pretende comunicar.

Quizá *imagen* sea un término errado en este contexto de discusión, pues no parece incluir toda esta variedad de elementos semióticos. Además, son bien sabidas las dificultades teóricas que plantea la delimitación, siquiera preliminar, de lo que sea una imagen. La ciencia adopta y adapta múltiples *dispositivos visuales*, con más o menos rasgos «imaginísticos» o icónicos. Su universo de herramientas va desde mapas, fotografías o dibujos con un estilo más o menos naturalista, a diagramas y gráficos que aprovechan propiedades visuales a la hora de organizar información y datos relevantes. Estos dispositivos se integran de modo natural en el interior de casi cualquier actividad científica, desde el diseño de experimentos hasta la presentación pública de resultados, desde los procesos observacionales y de medida hasta la argumentación y la exhibición de pruebas. Sería, por lo tanto, profundamente erróneo identificar los dispositivos visuales con una única *función* que permitiera agruparlos como formas de «revelar» la realidad en sus aspectos visibles y hacer más fácilmente «intuibles» los fenómenos. Como bien ha señalado el que quizá pase por ser uno de los

⁵ Lemke, J. L., «Multiplying Meaning: Visual and Verbal semiotics in scientific text», en Martin, J. R., y Veel, R. (eds.), *Reading Science*, Londres, Routledge, 1998, pp. 87-113.

⁶ Lemke, en el artículo citado, llevó a cabo varias revisiones de artículos y capítulos de libros científicos (en distintas áreas) e identificó que para artículos de 15 páginas había una media de más de 16 gráficos, al menos 1 por página. Y en otra revisión de artículos de la *Physical Review Letters*, también había una media de gráfico por página; o en *Science*, donde llegaban a ser de 2,5 gráficos por página. Entre estos elementos, contaba figuras, tablas, gráficos, fotografías, dibujos, mapas y otras presentaciones visuales especializadas.

más destacados estudiosos del uso y valor de las imágenes en la ciencia, M. Lynch, los distintos papeles que desempeñan las imágenes no pueden ser reducidos al de «descubrir» aquello que no está a la vista⁷, como si la función referencial pasara aquí necesariamente por delante⁸, y como si esta única función dependiera de una extensión de los procesos perceptivos y así llegar a ser «testigos virtuales» de los fenómenos (o, incluso, los hechos)⁹.

Alguien podría objetar que prestar atención a los procesos de *visualización* en su conjunto no sirve más que para perder de vista la centralidad del problema de la credibilidad de las imágenes como tales. La estrategia debería ser otra. Uno debería ofrecer, en primer lugar, indicaciones sobre cómo su «uso» en estrategias de reclamación de credibilidad y autoridad se sostiene en aquello que hace de ellas *imágenes*. Esto obligaría a decir algo sobre *qué es una imagen*. Nada más lejos de mi intención que embarcarme en una ardua disquisición sobre la ontología de la imagen. Pero no estaría de más insistir en un hecho: de muchos de los dispositivos utilizados en los distintos contextos de la actividad científica se hace un uso *icónico*, y esto con independencia de que podamos ofrecer una clara y precisa delimitación de lo que son las imágenes. Mejor, pues, decir algo sobre cuáles son las condiciones en las que estos elementos «visuales» son *tratados* como imágenes.

Me interesa, por lo tanto, la continuidad existente entre una fotografía y un gráfico o un diagrama. Esto hace que, desde un principio, el contraste exclusivo entre la naturalidad de las imágenes que abren una ventana a aquello que se representa en ellas y la convencionalidad de otros sistemas semióticos pierda interés. Es un hecho constatable que la mayor parte de los dispositivos visuales de la ciencia desempeña adecuadamente su función mediante la incorporación de constricciones convencionales; tales dispositivos se revelan como productos de estrictos procedimientos de «codificación». No debe olvidarse que

⁷ Lynch, M., «The Production of Scientific Images: Vision and Re-Vision in the History, Philosophy, and Sociology of Science», *Communication & Cognition*, 31(2/3) (1998), pp. 213-228.

⁸ Abordar el problema del valor de las imágenes en la ciencia a partir de la presuposición de que estas deben, como signos, encontrar una ruta referencial es uno de los sesgos más extendidos en la literatura. Desde mi punto de vista, esto ha llevado a cierta expansión desordenada de concepciones constructivistas, según las cuales es necesario *construir* el referente a través de prácticas de significación allí donde no es «evidente» a qué refiere tal signo. Lynch, sin duda, nos muestra los límites de una epistemología constructivista en el terreno de las imágenes. Esto libera un espacio en el que, a través de un adecuado funcionamiento en prácticas y contextos reales, puedan adquirir sentido las reclamaciones de *verdad* para las imágenes.

⁹ La idea de testimonio virtual subyace a las prácticas científicas ya del siglo XVII. Véase el estudio pionero de Shapin y Schaffer (Shapin, S., y Schaffer, S., *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press, 1985).

las imágenes en la ciencia son, en buena parte de los casos si no en todos ellos, el resultado de un proceso de «normalización» en el que *prácticas selectivas* rigurosas trabajan para hacer «legible» e «interpretable» la imagen¹⁰. Para muchos teóricos de la imagen, esto sería motivo suficiente para excluirlas del ámbito de las «genuinas» imágenes, signos cuyo *fundamento* semiótico se apoya sobre alguna noción razonable de semejanza. Pero, al mismo tiempo, y a pesar de las críticas esgrimidas en contra de todas las teorías de la imagen como semejanza, no estamos entregados al extremo contrario de entenderlas como «textos», como un lenguaje más (en el sentido estricto de ser *lenguaje*). La idea de que si no se pueden entender como ventanas transparentes al mundo (en su naturalidad) han de ser concebidas como un lenguaje es uno de los presupuestos (más arraigados y más desencaminados, en mi opinión) de los actuales estudios sobre la imagen. Yo diría que las imágenes científicas (las identifiquemos como las identifiquemos) contradicen este presupuesto; en ellas –se puede decir– se preserva una interpretación conforme a lo que voy a denominar su *sentido icónico* que actúa inextricablemente unido a una interpretación (si se quiere discursiva) que depende de su capacidad de transformación y combinación con otros dispositivos y medios representacionales, en los cuales se articulan inferencias y se organiza el contenido teórico «representado». Por ello, antes de ofrecer algunos ejemplos del uso de imágenes en la ciencia, creo que sería conveniente decir algo más sobre cómo un dispositivo visual *funciona como* una imagen y sobre lo que he denominado *sentido icónico*.

Funcionan como imágenes aquellos dispositivos visuales que «presentan» información en bloque para ser interpretada. La imagen entrega información como un todo dispuesto en un espacio. Además, en ese espacio, están integrados orgánicamente los distintos componentes de la imagen. Estos son interdependientes entre sí y no adquieren independencia semántica e interpretativa. Esto no quiere decir que no pueda haber variaciones sistemáticas de estos componentes; estas variaciones tienen repercusiones sobre la organización global de la imagen (una vez excluidas variaciones que, dadas las estrategias selectivas que sirven para normalizar la imagen, son puramente arbitrarias). Las consecuencias de este último hecho son muchas; en especial, el que ciertas prácticas selectivas y de simplificación puedan «reducir» aspectos de la imagen sin

¹⁰ Véanse los artículos recogidos en Lynch, M., y Woolgar, S. (eds.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, The MIT Press, 1990, o las contribuciones de Latour en Latour, B., «How to Be Iconophilic in Art, Science, and Religion», en Jones, C. A., y Galison, P. (eds.), *Picturing Science. Producing Art*, New York, Routledge, 1995, pp. 418-440; Latour, B., «The “pédofil” of Boa Vista: A photo-philosophical montage», *Common Knowledge*, 4 (1995), pp. 144-187; Latour, B., «Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands», *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, 6 (1986), pp. 1-40.

modificar su significación en tanto en cuanto se preserven las relaciones relevantes¹¹. Por otro lado, este mismo hecho sugiere que el acto de interpretación de la imagen depende del reconocimiento de patrones y de la detección de las propiedades de organización del conjunto.

Hay un último aspecto, fuente de innumerables controversias, que difícilmente puede uno soslayar al ocuparse de la interpretación icónica. ¿Depende la captación del «significado» de una imagen de que haga posible una cierta experiencia perceptiva en quien interpreta? Para muchos, sugerir esto bastaría para introducir subrepticamente un criterio de semejanza y de reproducción de las apariencias, al plantear como requisito de iconicidad una semejanza y reproducción de las experiencias. Hay que tener, por lo tanto, cuidado con la formulación de la idea de que cada imagen reclama un cierto tipo de experiencia perceptiva que ha de tomarse como punto de referencia para su posible interpretación. Me gustaría recordar lo que Flint Schier¹² ha denominado *generatividad natural* de las imágenes. Schier señala que el reconocimiento es la clave para el funcionamiento icónico. Si he de interpretar una imagen, necesito poner en juego capacidades perceptivas que han funcionado en un contacto con la realidad. Así, si el contenido de una imagen (lo representado) no nos es totalmente desconocido y uno adquiere una cierta competencia icónica en relación con determinado medio, podría afirmarse que llegar a interpretar una imagen lleva consigo la capacidad de interpretar en general todas las imágenes en ese medio. Tómese, por ejemplo, una fotografía: quien es capaz de reconocer aspectos representados en la imagen podría generar interpretaciones de otros «símbolos» de este tipo. Esta idea puede extenderse a sistemas cuyos elementos reconocitivos no dependen directamente de la identificación de aspectos dados en la percepción ordinaria; la generatividad puede ser explotada a través de series de sistemas icónicos que se alejen del reconocimiento perceptivo ordinario. Quien sea capaz de reconocer elementos de una imagen de rayos X e interpretarla podría con ello interpretar cualquier otra imagen naturalmente de este tipo (en principio), pero esto podría igualmente contribuir a una «competencia icónica» más general de interpretación de imágenes, transferible a nuevos contextos simbólico-*imaginísticos*. Esto no quiere decir que no sea necesario un *aprendizaje* del ver y del reconocer; al contrario, utilizamos nuestra competencia icónica para extender el ámbito de sistemas a los que podemos *tratar* como imágenes. Bajo esta concepción, también los diagramas pueden ser tratados como imágenes, aunque esto no quiere decir que tengan necesariamente que

¹¹ Morizot, J., *Qu'est-ce qu'une image?*, París, Vrin, 2005; Schier, F., *Deeper into Pictures. An Essay on Pictorial Representation*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.

¹² Schier, F., *Deeper into Pictures...*, *op. cit.*

ser tratados así. Pueden responder, bajo ciertos contextos de interpretación, a aspectos en los que se aplica este rasgo de generatividad natural y una cierta competencia icónica (ligada, por ejemplo, al reconocimiento de patrones o estructuras). Para aquellos que despliegan esta competencia ante estos «símbolos» puede decirse que estos devienen, en cierto modo, transparentes o «legibles» de manera espontánea. En ellos se da un reconocimiento no-inferencial a través del cual se dota de significado a la imagen.

Pero uno podría preguntarse: ¿cómo es esto posible con dispositivos visuales que responden no tanto al modo en que reconocemos entidades ordinarias a través de la percepción, sino a aspectos cuya «visibilidad» debe ser establecida, es decir, respecto a los cuales la continuidad reconocitiva está en entredicho, o a aspectos que definitivamente escapan a cualquier esfuerzo por hacerlos «visibles» o, incluso, como diré, «visualizables» o «intuibles»? No cabe duda de que si la visualización científica despierta un interés especial es porque a través de ella se desafían los límites de la visibilidad. En las siguientes secciones, quiero presentar algunos ejemplos del uso de imágenes en contextos científicos, donde las «imágenes» pretenden adentrarse en terrenos problemáticos por lo que respecta a la visibilidad, donde esta encuentra aparentemente un límite. Mi objetivo no es otro que dar cuenta del hecho de que parte de la credibilidad de estos dispositivos visuales, a pesar de apariencias contrarias, está en función de que sean tratados como *imágenes*.

III

En nuestra tradición son queridas ciertas metáforas. Descorremos velos y dejamos al descubierto la realidad, lo que permanecía oculto. «Entregar» a la vista lo que se oculta explica la atracción que despiertan las múltiples máquinas y dispositivos de visualización en la cultura. El interior del cuerpo es uno de esos espacios ocultos a la mirada que, al menos desde el siglo XIX, se hace visible a través del uso de técnicas fotográficas. Desde la aparición de los rayos X, muchos han sido los instrumentos diseñados para hacer cada vez más accesible y visible lo que nos constituye por dentro. Y no es de extrañar que las imágenes se conviertan en iconos culturales; nada más íntimo y más sensible que un cuerpo humano expuesto. Las dinámicas de interpretación cultural de estos nuevos objetos del mundo que se pretenden transparentes y reveladores no están desprovistas de efectos retóricos y transformadores de la mirada.

Alineadas al interior de esta ya larga tradición de imágenes «científicas» que recorren la piel y se adentran en los cuerpos, se hallan las producidas por las más recientes técnicas de «observación» neurocientífica. Encefalogramas, tomografías por emisión de positrones y, sobre todo, resonancias magnéticas funcio-

nales dan una «visión» de lo que sucede en un espacio complejo, que se supone sede de funciones «superiores», reducto de los pensamientos, de los esfuerzos de la voluntad, de las fantasías más libres y creativas. A una mirada ingenua, poco atenta, las imágenes generadas por estas sofisticadas técnicas se le aparecen como dispositivos fotográficos, a modo de rayos X que atraviesan los cráneos y nos hacen ver lo que allí sucede. Por eso, tampoco cabe extrañarse de que su pregnancia cultural sea destacada, que circulen en noticieros y otros medios de divulgación, que se asocien a los nuevos «descubrimientos» como reflejo de este nuevo ámbito que se abre a nuestra mirada. La ciencia provee, a través de las imágenes, de iconos culturales en torno a los cuales se articulan formas de comprensión cambiantes sobre espacios de realidad muchas veces cercanos. Son imágenes que salen de su primer nicho, por así decir natural, en el que son generadas y en el que su interpretación se mantiene, en cierto modo, «a salvo», y adquieren su propia dinámica de lecturas y de asociaciones al insertarse en nuevos contextos de significado.

La literatura escrita sobre la cultura visual científica abunda en historias en las que las imágenes se difunden desde los laboratorios al mundo. Son historias en las que supuestamente se arbitra una estrategia de la ciencia para legitimar su autoridad. Se dejan escapar, pues de otro modo perderían la credibilidad que les es característica; allí, en el nuevo contexto, la imagen mostrará cómo se puede *leer* sin dificultades, cómo muestra con toda naturalidad los hechos que hasta entonces se resistían a presentarse tal y como son. Las «neuroimágenes» producen, sin duda, este efecto. *Son* transparentes y, sobre todo, nos invitan a *crear*. Distintos estudios han mostrado cómo afectan a las evaluaciones de credibilidad de los resultados, al menos cuando se presentan ante públicos no-expertos, incluidos jurados¹³. La referencia a datos neurocientíficos como las neuroimágenes contribuye a aumentar la impresión de que se trata de una mejor explicación incluso cuando tales datos e imágenes son de hecho irrelevantes. Su poder –su efecto de realidad– es insoslayable.

Pero no es cierto que la *credibilidad* de una imagen consista, principalmente, en el efecto de presencia (concreta) al que apela. Al menos si la credibilidad está juzgada según el valor epistémico del que están dotadas en el interior de los contextos de investigación en que se generan. Múltiples escuelas en los estudios de la ciencia han descrito, a cierto nivel de un modo muy apropiado, los mecanismos y estrategias «artesanas» y/o «industriales» con que se fabrican

¹³ Para una revisión de la literatura sobre estos efectos, véase el magnífico artículo de A. L. Roskies, al cual me referiré más extensamente luego, Roskies, A. L., «Neuroimaging and Inferential Distance: The Perils of Pictures», en Hanson, S. J., y Bunzl, M. (eds.), *Foundational Issues in Human Brain Mapping*, Cambridge, The MIT Press, 2010, pp. 195-215.

estos objetos interpretables. *Una imagen, en el interior de un contexto científico, es un resultado de una práctica de representación a través de la cual los agentes son capaces de identificar aquellos rasgos de la misma que permiten extraer inferencias (se supone que correctas) sobre un ámbito de fenómenos.* Las disputas enconadas a nivel teórico se centran, luego, en la identificación de la epistemología que se presupone en los procesos de interpretación y dotación de valor de las imágenes (de las representaciones científicas en general). Un enfrentamiento entre epistemologías de la transparencia y epistemologías de la mediación se urde en torno a estos objetos manufacturados, como si ambas nociones (transparencia y mediación) se tuvieran que excluir mutuamente. No es así; es una falsa idea de la transparencia de la imagen (basada en nociones que deberían ya estar bien olvidadas sobre el modo en que los signos se asemejan a lo significado) y una falsa idea de la mediación práctica (apoyada en la idea de que lo que se muestra son «artefactos» en sentido estricto). Algo diré sobre esta cuestión en lo que sigue.

Centrémonos en las neuroimágenes y en su modo de producción. Fabricación y uso de un artefacto están imbricados hasta tal punto que su identidad está constituida por este juego mutuo. Algo parecido puede decirse de las imágenes. Las neuroimágenes se diseñan con vistas al cumplimiento de objetivos epistémicos (aunque no solo). La ciencia es una compleja y elaborada tecnología epistémica. Una neuroimagen no puede *funcionar* apropiadamente más que en determinados contextos de uso, en ciertos entornos complejos, en los que otros instrumentos y artefactos, y otros agentes epistémicos y no-epistémicos, están, por así decir, en su sitio. Resumiría buena parte de las ideas que voy a introducir a continuación sobre la naturaleza y el papel de las neuroimágenes en una afirmación simple: *una (neuro)imagen no se sostiene (en cuanto a su credibilidad) por sí misma.*

Las técnicas de neuroimagen estructural o funcional son varias y cada una de ellas ha tenido éxito dispar. En un primer momento, las imágenes producidas mediante *tomografías de emisión de positrones* (PET) ganaron una cierta credibilidad en los esfuerzos por articular la neurociencia cognitiva, además de su uso en el diagnóstico clínico. Esta técnica mide las emisiones de sustancias químicas metabólicamente activas y marcadas radioactivamente, una vez que han sido inyectadas en el flujo sanguíneo. El escáner detecta a través de los sensores la radioactividad del compuesto inyectado cuando se acumula en las regiones del cerebro en las que se produce cierta actividad. El tratamiento de los datos permite elaborar imágenes en dos o en tres dimensiones, cuyo objetivo es *mostrar* los procesos de activación. En la actualidad, son sin duda las imágenes derivadas de la técnica de *resonancia magnética funcional* las que mayores y mejores rendimientos están dando a toda una «industria» de la publicación de resultados neurocientíficos; abren una perspectiva que hasta el

momento parecía cerrada en las investigaciones sobre el cerebro: adquirir nueva información sobre la organización funcional de la cognición. En las imágenes que derivan de los experimentos de resonancia magnética funcional, uno tiene la impresión de «ver» dentro del cerebro y de identificar su actividad. Son imágenes en las que se ven cerebros (generalmente en tonos grises) sobre los que se señalan (en color) varias zonas. ¡Son como fotografías de lo que ocurre dentro del cráneo cuando se realiza una cierta tarea cognitiva! Por eso, podremos encontrar a intérpretes ingenuos que ante el carácter llamativo de los colores estarían dispuestos a exclamar: «¡Mira dónde se experimenta el placer!».

Como he señalado anteriormente, las imágenes científicas son interpretables solo si aparecen en un entorno adecuado. En cuanto artefactos, su *producción* es relevante para su interpretación. Las técnicas de resonancia magnética funcional se sostienen, no sobre la detección de señales eléctricas en el cerebro, sino sobre un complejo sistema de razonamientos teóricos a partir de la detección de señales de niveles de oxigenación en la sangre. Sin duda, esta señal no puede ser tomada como una medida directa de la actividad neuronal. La obtención de señal medible depende de las propiedades de la hemoglobina oxigenada y desoxigenada. La relación con la activación neuronal es, por lo tanto, muy indirecta, pues se justifica a partir de la idea de que a mayor activación, mayores demandas metabólicas, compensadas por un incremento del flujo sanguíneo y de sangre oxigenada que provoca el efecto de incrementar la concentración de hemoglobina oxigenada y, por lo tanto, de la señal que se detecta. En otras palabras, dados los cambios fisiológicos que se producen en el cerebro, uno puede *inferir* varios aspectos ligados a la activación neuronal de manera indirecta¹⁴.

Pero esto no es todo ni tampoco lo esencial. Las imágenes no son simplemente el resultado de «captar» tales señales que están correlacionadas con la actividad neuronal. Normalmente, los datos son agregados y procesados a partir de varios experimentos e, incluso, de varios individuos. La imagen es la presentación que resulta de un proceso de *análisis de datos*. Los datos brutos de la señal están influidos por muchos factores que pueden dar lugar a «artefactos» experimentales, por lo que es necesario, en primer lugar, *limpiar* datos y corregirlos en varios puntos. Por ejemplo, hay que hacer correcciones relacionadas con el movimiento del sujeto experimental (la gente mueve la cabeza durante el escaneo y hay que procesar los datos para crear imágenes estabilizadas) o eliminar ruido «fisiológico», si se quiere que los resultados sean

¹⁴ La descripción está tomada (de modo muy resumido) del artículo de A. L. Roskies (Roskies, A. L., «Neuroimaging and Inferential Distance...», art. cit.).

interpretables en relación con tareas cognitivas concretas; o hay que normalizar las imágenes a un cerebro «tipo», pues los cerebros particulares son diferentes; o es también preciso ajustar el tamaño y la orientación. Generalmente, los datos se proyectan sobre un espacio en tres dimensiones que permite una descripción «universal» de la localización anatómica y reproducir así resultados y generalizar.

La comunidad de neurocientíficos debate una y otra vez sobre la validez de cada uno de los procedimientos para analizar los datos y generar imágenes significativas. Más aún, las dudas sobre las inferencias legítimas que pueden derivarse sobre funciones cognitivas no son desdeñables¹⁵. En todo caso, lo que está en cuestión es si estas imágenes quizá no son genuinamente tales, pues han de ser leídas más bien como *conjuntos de datos*. Son de hecho representaciones digitales. Es más, hay claras relaciones de indeterminación entre la imagen y los datos «representados» a través de ella, de modo tal que la misma imagen visual puede servir para «representar» distintos conjuntos de datos y el mismo conjunto de datos puede dar lugar a distintas imágenes¹⁶.

Aquí se plantea de lleno la cuestión sobre el *valor* epistémico de las imágenes. Si son conjuntos de datos, cuya relevancia evidencial depende básicamente de llevar a buen término técnicas de análisis estadístico muy sofisticadas, entonces ¿por qué las imágenes?¹⁷ ¿No son prescindibles? Es más, en el caso de la ciencia, pueden ser equívocas, pues ocultan la distancia inferencial que existe entre aquello que «aparentemente» representan y los datos derivados de las técnicas experimentales. Sus efectos retóricos, por el contrario, son evidentes. Su inmediatez y el que he llamado efecto de presencia nos hacen rememorar las tradicionales metáforas del descubrimiento y del desvelamiento. He ahí su tensión interna: son imágenes que tienden a disolverse en gráficos y diagramas. Algunos irían más allá incluso y dirían: no reclaman una epistemología visual, sino de interpretación inferencial. Su interpretación no se apoya en el ejercicio de un sentido icónico y, por lo tanto, no puede derivar de ahí su credibilidad epistémica, sino en un proceso de manipulación compleja de datos verificables.

¹⁵ Para una discusión detallada y reciente, véase Hanson, S. J., y Bunzl, M. (eds.), *Foundational Issues in Human Brain Mapping...*, *op. cit.*

¹⁶ Roskies, A. L., «Neuroimaging and Inferential Distance...», art. cit., p. 202.

¹⁷ Los ejemplos de imágenes de este tipo podrían multiplicarse. Véanse las múltiples imágenes astronómicas que fascinan a profesionales y aficionados. ¿Fotografías? Sí y no. Todas ellas ocultan un procesamiento de datos que las sitúan en los límites de la visualidad. J. Elkins describe algunas de estas imágenes con suficiente detalle en *Six Stories from the End of Representation*, Stanford, Stanford University Press, 2008.

Anne Beaulieu, en un excelente artículo¹⁸ sobre la percepción que los propios «mapeadores» del cerebro tienen de sus imágenes, ha construido lo que ha denominado «el caso del productor iconoclasta de imágenes» («the case of the iconoclastic imager»). La credibilidad de las neuroimágenes no depende, según la autoconcepción de los propios investigadores, más que del hecho de que son tratadas como «números», como mediciones cuantitativas de la actividad del cerebro. No son imágenes, son mapas estadísticos; si son imágenes *de algo*, lo son de números, de datos cuantificados: estas son expresiones repetidas una y otra vez para poner distancia entre aquellos que se apoyan en los aspectos visuales, en la experiencia y asombro que despiertan estas «imágenes», y el hecho de que sean creíbles o tengan algún valor *científico*. Como señala Beaulieu, abrazar la dimensión cuantitativa lleva consigo un rechazo de lo visual. Solo un cambio de contexto parece dotarlas de valor: su aparición en contextos de comunicación pública, donde están sujetas a interpretaciones inadecuadas. Su valor es, entonces, menos epistémico que *comunicativo* o *retórico*. La cuantificación restringe la interpretación y da valor científico a las neuroimágenes. Sus *credenciales* se apoyan sobre procedimientos de manipulación de datos, lejos de la seducción de los sentidos.

Pero, al mismo tiempo, hay que explicar una cierta paradoja nacida del hecho de que estas imágenes parecen ser el *objetivo* de muchas (y complejas) técnicas. No hay que olvidar que ponen a funcionar numerosas convenciones pictóricas para justificar incluso un programa (por otro lado, tan dudoso) como es el de la identificación funcional cognitiva con propiedades de activación cerebral (bien «localizadas»). La «espacialidad» de las imágenes parece contribuir significativamente a ello. Beaulieu señala que no escasean tampoco declaraciones de los investigadores que recuperan el valor de las imágenes en cuanto que las mediciones se organizan visualmente como un todo espacial que permite además una generalización y normalización de datos. «While the point may not be about how the picture looks, [...] the point is very much about seeing the activity being laid out in three dimensions, which is a feat accomplished by involving conventions for representing space»¹⁹.

No obstante, nada en el análisis que hace Beaulieu nos ayuda a identificar las condiciones en que las imágenes comienzan a estar dotadas de un genuino valor epistémico. Sus conclusiones se apoyan principalmente en las declaraciones de los propios investigadores y, en este punto, la paradoja es máxima: por un lado, el estatuto epistemológico de las neuroimágenes solo es reconocible cuando se

¹⁸ Beaulieu, A., «Images Are Not the (Only) Truth: Brain Mapping, Visual Knowledge, and Iconoclasm», *Science Technology Human Values*, vol. 27, n.º 1 (Winter 2002), pp. 53-86.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 71.

las trata como «mapas estadísticos» de datos y no visualizaciones; por otro lado, se reclaman las imágenes (y las convenciones pictóricas subyacentes) como medios específicos para el estudio funcional del cerebro. Aun así, los aspectos pictóricos solo dominan cuando la interpretación se hace en un contexto público; es más, esta es una estrategia de «demarcación» propia de los científicos, mediante la cual guardan las fronteras de la racionalidad frente a las «intuiciones» desencaminadas. Por lo tanto, el reconocimiento de estas tensiones no depende, para nada, de una renovación *epistemológica* del valor mismo de las imágenes en los contextos de investigación donde se «fabrican». Podría uno decir que, en cuanto tales imágenes, su valor epistemológico es insignificante y que si los científicos lo reclaman es como un modo de renegociar su «autoridad» social.

Cuando se aborda la naturaleza de las imágenes digitales (de las representaciones digitales en general), se suele asumir sin más que estas son imágenes *de datos* (de números). La expresión es, sin duda, ambigua, y da la impresión de que el contenido representacional de la imagen son los datos. El «de» es el propio de la intencionalidad, y pocas dudas caben del poco sentido que tendría ahora una interpretación realista de esta relación intencional. Esto suele asociarse a la idea, correcta por otro lado en buena parte de los casos, de que el contenido de la imagen no debe hacerse equivaler a la apariencia visual desplegada en ella. A todo esto se añade que uno queda fascinado por la «transparencia» de las imágenes y se asimila su equívoca «transparencia» con su falta de credibilidad científica. Respondería, por mi parte, lo siguiente: las imágenes no pierden su transparencia en el contexto de las investigaciones, si por ello se entiende el ejercicio de lo que anteriormente llamé el sentido icónico, una competencia que es aprendida y que depende de «habilidades» complejas de «lectura» e interpretación. Pues transparencia no es equivalente a la apertura de una ventana al mundo que *declara* la «isomorfía» de las apariencias. Las imágenes son más o menos transparentes según los contextos y agentes en que su uso se hace *inmediato* y apoyado sobre habilidades de reconocimiento. Por otro lado, la *intencionalidad* de las imágenes en los contextos científicos es un asunto complejo: es una cierta obsesión con la noción de *referencia* (por parte de los críticos) la que revuelve las aguas. Las imágenes no tienen por qué *tener un referente*; puede que su función no dependa de que tengamos que asignar un referente que es reproducido en la imagen o que, si no «existe», ha de ser «construido» por la imagen. Las imágenes pueden desempeñar otras funciones, no ligadas a la representación de objetos, como el despliegue de las características conceptuales propias de una teoría o un modelo, o simplemente organizar información para facilitar estrategias de argumentación²⁰.

²⁰ Pauwels, L. (ed.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hannover-New Hampshire, Dartmouth College Press, 2006.

Ante las imágenes uno podría sentir la tentación de pensar que *aquello* de lo que son representación está *dado* en la imagen misma y que basta con «reconocerlo»; que la imagen, por decirlo así, habla por sí misma. Pero, al menos en contextos epistémicos complejos como el de las neuroimágenes, esto no es así: que la imagen sea una representación de aquello que representa suele requerir de la asociación con otros dispositivos, tanto visuales como no-visuales. Normalmente, no encontraremos una imagen aislada si se trata bien de establecer la credibilidad de determinadas «observaciones», bien de ofrecer argumentos teóricos con imágenes. La imagen se completa, en cierto modo, con otras imágenes, con las cuales se contrasta en ocasiones o con las cuales establece relaciones que podríamos llamar cuasinferenciales (involucran extracción de información). Es como si las imágenes se apoyaran y se necesitaran mutuamente. (1) Hay dispositivos representacionales que hacen que en el interior de una imagen haya muchas imágenes; se integran varias imágenes en *una*, en la que la unidad es significativa en términos epistémicos (bien porque apunta hacia alguna cuestión teórica subyacente, bien porque sistematiza datos). En tales casos, vemos cómo las imágenes se pueden *leer* individualmente, pero comprobamos también que la credibilidad de la lectura solo puede ser establecida para el conjunto. (2) Los que podríamos denominar *medios representacionales pictóricos* son de muchos tipos, y las imágenes se articulan en formas muy diferentes. Por eso, en ocasiones, las relaciones de contraste/complementariedad se dan entre dispositivos provenientes de distintos medios. (3) Que una imagen llegue a ser interpretable depende igualmente de las relaciones de contraste/complementariedad con otras imágenes que podrían o no aparecer en el contexto del artículo científico en que se presentan ciertos resultados, pero que son *presupuestas* en la interpretación.

No debería, por lo tanto, sorprender tampoco que las imágenes (y los dispositivos representacionales en general) aparezcan formando *series* dinámicas. Esto es así desde el mismo contexto de la investigación. Muchas de las imágenes de la serie desaparecen finalmente; son etapas o caminos intermedios en un proceso en el cual devienen interpretables²¹. Esto significa que son imágenes que están ya preparadas para ser modificadas, para transformarse unas en otras. Y, cuando las series dinámicas aparecen en la presentación de resultados, de lo que se trata es de producir un efecto doble, de lectura secuencial y de encaje entre sí. Lo primero indica el enriquecimiento progresivo de la información contenida en ellas. Lo segundo apunta hacia una coherencia que hay que descubrir entre todas ellas.

²¹ Este es un rasgo que han estudiado con mucho detalle sociólogos de la ciencia como Knorr-Cettina y M. Lynch, a quienes debemos un análisis de las múltiples inscripciones que se producen en los contextos de laboratorio y a su «procesamiento».

De hecho, muchas imágenes son, a su vez, combinaciones de otras varias, además del resultado de la integración de dispositivos visuales, algunos de ellos que están en el límite de lo «pictórico» o lo superan. La imagen, por ejemplo, puede adquirir sentido solo con un gráfico asociado o con un diagrama. Esto es así, especialmente, en aquellas imágenes que están ligadas a un proceso de análisis de datos.

Por lo tanto, a la hora de proceder a su interpretación, hay que tener en cuenta que:

- 1) las imágenes se conectan con otras imágenes o representaciones que procesan información de imágenes previas;
- 2) necesitan de otras imágenes o dispositivos de representación para completar un cuadro adecuado del fenómeno estudiado;
- 3) se vuelven problemáticas al asociarlas a otras imágenes que sirven para contrastar la información obtenida;
- 4) y, por lo tanto, no poseen casi nunca credibilidad por sí mismas (ni interpretación).

Pero ¿no hace esto sino confirmar lo que tantos y tantos estudios «culturales» de la fabricación de imágenes han constatado? ¿No es un modo más de aceptar que las imágenes son «creíbles» solo porque las prácticas de producción asocian un compromiso representacional a través de un largo proceso de manipulación y transformación? ¿No quiere esto decir que el contenido representacional de una imagen (su significado) no está fijado por aquello a lo que supuestamente refieren, sino que más bien ha habido una «conformación» de los referentes a las tecnologías de generación de imágenes que adoptamos?²² La idea, sin duda, es que las imágenes son interpretables si son encuadradas en *procesos de mediación* en los que esencialmente intervienen instrumentos y decisiones (motivadas) de agentes epistémicos. El punto crucial del debate en torno a las imágenes científicas es si debemos sustituir una epistemología de la transparencia por una epistemología de la mediación (pues esto mismo ayudará a desentrañar varios compromisos ideológicos que dependen de la ocultación misma de las mediaciones). Por mi parte, sostendría que, al contrario, las mediaciones están a plena luz en las formas de argumentación en las que se insertan imágenes y dispositivos visuales en una red intrincada como la que dibuja un artículo científico. Como recordaba anteriormente necesitamos una epistemología de la *mediación práctica* en la que no se asuman, sin más, pre-

²² Pasveer, B., «Representing or Mediating: A History and Philosophy of X-ray Images in Medicine», en Pauwels, L. (ed.), *Visual Cultures...*, *op. cit.*, pp. 41-62.

juicios constructivistas. Esta epistemología podría basarse en la idea de que *descubrimos al hacer; al intervenir*, del mismo modo que la realidad de ciertos «referentes» se legitiman como tales al intervenir sobre ellos²³, podemos decir que ciertos dispositivos visuales aprovechan las mediaciones prácticas para desplegar redes conceptuales y de interpretación de la realidad accesibles e interpretables para una comunidad de investigadores.

IV

La cultura visual científica participa de una cierta pulsión por la visibilidad. Muchos aspectos de la realidad escapan a nuestra mirada. Pero quizá, con los instrumentos adecuados, podamos hacerlos *visibles*, conseguir que nos entreguen sus *apariencias*. Extraña pulsión, pues nunca son pocas las cautelas ante las apariencias. ¿Qué importa a qué se *parezca* un virus? ¿Y aquellas puntas de aguja, rugosas y casi romas, que Hooke nos mostró al inicio de su *Micrographia*? Parte del atractivo de la actual fotografía científica –con una larga tradición que se remonta al uso de medios pictóricos manuales– descansa en esta fascinación por fenómenos que, de otro modo, escaparían a la mirada. Es como si se nos entregaran y pudiéramos así registrarlos en imágenes.

He intentado argumentar, sin embargo, que los procedimientos de visualización en la ciencia no se resumen en esta pulsión por la visibilidad. Incluso uno puede extender las sospechas hacia imágenes que parecieran estar gobernadas por esa pulsión de «entrega de las apariencias»: su valor no depende principalmente de que suministren una experiencia perceptiva de aquello que hacen presumiblemente visible. Las imágenes con mayor valor científico no suelen ser aquellas en que se registran apariencias. *Visualizar* no es reproducir una situación como si uno estuviera en presencia visual de los objetos, involucrado en cierto modo en la escena. Pero esto no quiere decir que parte de las convenciones «pictóricas» que se utilizan en la visualización científica no constituya una poderosa herramienta de credibilidad y de convicción. En casi todas las disciplinas científicas, las «narrativas» visuales desempeñan un papel crucial en la configuración de la credibilidad.

Visualizar es utilizar medios de representación que se apoyan en propiedades visuales para hacer accesible cierta información. Quizá pudiera decirse que la pulsión es por la visualización y no por la visibilidad, pues la ciencia parece entregarse a dispositivos visuales incluso en aquellos terrenos donde demuestran fehacientemente que llevan a confusión, son *intrínseca-*

²³ Hacking, I., *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.

mente inadecuados e, incluso, inútiles²⁴. Como decíamos anteriormente, una piedra de toque al abordar el lugar de las imágenes en la ciencia es el modo en que estas son introducidas para avanzar en la comprensión en terrenos donde se quiebra la «visibilidad». No se trata solo de que hay condiciones de nuestros órganos que hacen imposible acceder visualmente a cierto tipo de objetos o de fenómenos. No, es algo más; muchos de estos fenómenos *tal y como están concebidos por nuestras mejores teorías científicas* están más allá de lo que la intuición o la imaginación visuales pueden entregarnos. Y, repito, aun así la ciencia insiste en diseñar mecanismos visuales para organizar la información.

La historia de la física en el último siglo proporciona, sin duda, un claro ejemplo de esta tensión producida por la necesidad (casi compulsiva) por visualizar y por la inadecuación (intrínseca) de todos los esfuerzos por visualizar. P. Galison²⁵ ha identificado dos tradiciones dentro de la física atómica por lo que se refiere al tratamiento y la valoración de las imágenes. Está, por un lado, la que denomina tradición *lógica*, en la que una cierta desconfianza hacia el atractivo de la imagen lleva a valorar los procesos de razonamiento a partir de análisis estadísticos de datos. Las imágenes se conciben menos como una representación naturalista de los fenómenos que como un agregado de datos que pueden ser tratados y después también exhibidos en una imagen. Por su parte, la tradición *imaginística* confía aún en que la intuición pueda colaborar en la comprensión de los fenómenos, que las imágenes recuperen «información» de las cosas que representan y que sirvan de evidencia de que las cosas son así. Digamos que son un tipo de imágenes en las que la intuición aún no ha sido silenciada.

Pero, claro, ¿qué se entiende por intuición visual? Y ¿por qué solo en relación con un tipo de imágenes tendría aún sentido decir que son interpretables de acuerdo con aspectos que podríamos denominar *intuibles*? En línea kantiana, puede afirmarse que una intuición es un tipo de representación perceptiva en el que el material sensorial se da unificado espaciotemporalmente. Las imágenes que representan según un contenido intuible serían, por lo tanto, aquellas cuya interpretación depende esencialmente del modo en que los fenómenos se dan a través de la percepción sensorial. Existiría así una *posible* con-

²⁴ Los diferentes análisis de J. Elkins en su excelente libro *Six Stories from the End of Representation* (sobre la microscopía, la astronomía, la mecánica cuántica o la física de partículas), demuestran cómo las imágenes luchan contra los límites de la visibilidad incluso mediante dispositivos que se saben inadecuados o equívocos; Elkins, J., *Six Stories...*, *op. cit.*

²⁵ Galison, P., *Image and Logic. A material culture of microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.

tinuidad entre el mundo de las percepciones sensoriales y el mundo que supuestamente se hace accesible a través de la imagen. Repárese en que esto no implica (necesariamente) que las imágenes reproduzcan las apariencias de aquello que representan. Basta con que haya aspectos de la imagen que establezcan una continuidad identificable a través de una modalidad sensorial con el contenido de una experiencia posible. Por supuesto, intuición e imaginación actúan conjuntamente en este punto.

Las imágenes científicas se mueven entre dos actitudes: por un lado, incitan a identificar contenido intuible (y, por lo tanto, a establecer una continuidad con una posible experiencia relacionada con aquello que es representado y a mover nuestra imaginación); por otro lado, en ocasiones, su correcta interpretación exige que se deje de lado su contenido intuible, pues de otro modo podría dar lugar a malentendidos, a una proyección naturalista de lo que no es más que información, datos o cálculos. Esto es especialmente sensible en aquellos casos en los que el tipo de fenómenos que uno busca representar a través de dispositivos visuales desafía la *visualización*, es decir, son fenómenos que, como tales, no podrían ser «intuitivamente concebidos». La mecánica cuántica nos ofrece numerosos ejemplos de desafíos a la visualización y, aun así, podría decirse que la pulsión por la visualización se manifiesta una y otra vez también a lo largo de su historia.

El debate se retrotrae a los momentos fundacionales, en los que el rechazo de Schrödinger a la mecánica matricial de Heisenberg, por atentar contra la posibilidad de ofrecer visualizaciones con contenido intuible de los fenómenos atómicos, da paso a esfuerzos (por parte incluso del mismo Heisenberg) por ofrecer *visualizaciones* que no dependan de contenidos intuibles extraídos de una posible percepción sensible, pero que –guiadas por la teoría– puedan aún ofrecer una representación de la estructura del mundo más allá de sus apariencias²⁶. El reto es cómo ofrecer una representación, en cierto sentido «visual», de una realidad que escapa a la intuición, cuando nuestra tendencia es a interpretar las *imágenes* como representaciones «naturales». La regla: la teoría (generalmente matemática) es la guía. Cada imagen científica lleva consigo un pliego de instrucciones para *limitar* interpretaciones erróneas a partir de motivaciones naturalistas²⁷.

²⁶ Miller, A. I., *Insights of Genius. Imagery and Creativity in Science and Art*, Cambridge, The MIT Press, 2000; Galison, P., «Images scatter into data, data gather into images», en Latour, B., y Weibel, P. (eds.), *Iconoclasm. Beyond the Image Wars in Science, Religion and Art*, ZKM – The MIT Press, 2002, pp. 300-323.

²⁷ Este efecto no es propio solo de las imágenes que se diseñan para visualizar fenómenos «no visualizables» (no intuibles). Me llevaría muy lejos argumentar cómo los distintos tipos de imágenes incorpo-

Quizá sean los famosos diagramas de Feynman los que más fácilmente muestren cómo son posibles estrategias de visualización para adentrarse en la «realidad» de aquello que no es en sí mismo visualizable. El mismo Feynman decía de sus diagramas: «I do know it's a crazy mixture of partially solved equations and some kind of visual picture of what the equations is saying is happening»²⁸. Es esta mezcla la que puede ofrecer una explicación del valor de los diagramas de Feynman. Tomemos un ejemplo, como el diagrama de la *Figura 1* que representa un proceso de dispersión en el que interactúan partículas. El diagrama se construye a partir de vértices en que se origina la interacción: hay un vértice en el que confluyen dos líneas de muones neutrinos (representadas como rectas continuas) y una partícula Z^0 (bosón) representada por una línea ondulada. En el otro vértice, las líneas continuas representan electrones. Para cada línea y vértice, en cada tipo de interacción, hay un conjunto de términos asociados, es decir, descripciones matemáticas que intervendrán en los posibles cálculos que uno haga a partir del diagrama. Además, se definen un conjunto de reglas para su construcción y manipulación: por ejemplo, en cada línea se dibuja una flecha en la que se muestra el sentido del tiempo según tipos de partículas. En el diagrama de la *Figura 1*, se representa el proceso de dispersión neutrino-electrón indicando partículas que entran con líneas a la izquierda del diagrama; hay una línea vertical ondulada donde se produce una transferencia de partículas, en este caso bosones, que median las interacciones electrodébiles; y, finalmente, se dispersan partículas en las líneas continuas del lado derecho del diagrama. Se representan así corrientes que interactúan acopladas con partículas intermediarias neutrales.

Todo esto parecería reconducir el valor de los diagramas a un aspecto puramente *notacional*. El propio Feynman reaccionó asumiendo esta limitación cuando Bohr le recordó que sería erróneo hacer pensar que ahí están representadas trayectorias espacio-temporales de las partículas. A pesar de ello, no debería olvidarse que tales diagramas tienen una dimensión *figurativa* importante y que su manipulación se hace según las propiedades estructurales de la figura. De ahí que sea posible trasladar analógicamente algunos diagramas para razonar sobre la estructura de diferentes fenómenos de interacción o que partes completas se puedan rotar para producir otros diagramas interpretables. Además, los diagramas son utilizados como guía para interpretar datos extraídos de fotografías de cámaras de burbujas. Se trata, por lo tanto, de un tipo de

ran este carácter limitativo en la interpretación. Pero piénsese en los mapas o en imágenes que están diseñadas como «modelos-tipo» de fenómenos.

²⁸ Citado por Kemp en su libro *Visualizations: the nature book of art and science* (Kemp, M., *Visualizations. The Nature Book of Art and Science*, Oxford, Oxford University Press, 2000, p. 101).

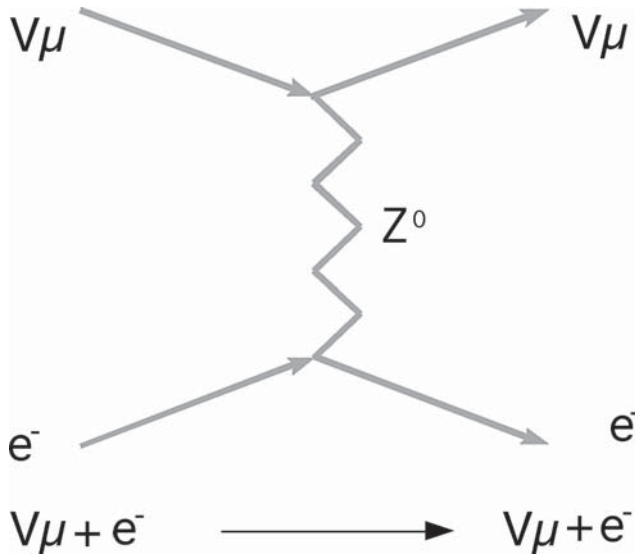


Figura 1. Diagrama de Feynman que representa una interacción neutrino-electrón según la teoría electrodébil.

representaciones visuales que, como ha argumentado Miller²⁹, han ganado en abstracción, como ha ocurrido en numerosos ámbitos artísticos del pasado siglo.

Estos diagramas tienen, si se quiere, dos objetivos representacionales: por un lado, *representan* interacciones entre partículas elementales; por otro, «representan» un complejo de cálculos tal y como requiere la electrodinámica cuántica. Sería un error pensar en ellos exclusivamente como «ecuaciones» o sustitutos de ecuaciones. Sin duda, parte de su función y de su valor depende de cómo estos diagramas son manipulados para llevar a cabo cálculos e inferencias: por ejemplo, para obtener el tiempo de vida de una partícula, la velocidad de una reacción y la probabilidad de que tenga lugar una cierta transición. Sin duda, representan también partículas y su interacción. Pero a su uso acompaña siempre cierta precaución impuesta por la teoría: las partículas no son «objetos» que puedan ser situados específicamente en el espacio y el tiempo, y cuyas trayectorias puedan ser descritas. Por ejemplo, las partículas «virtuales» están presentes en el diagrama, pero sería un error asimilarlas a las partículas reales (solo existen como parte de la ecuación de onda para la

²⁹ Miller, A. I., *Insights of Genius...*, *op. cit.*

interacción en su conjunto). La tentación de una lectura realista en la cual la «interacción» se *vea* como un acercamiento de las partículas distanciadas unas de otras debe ser evitada. Pero, como he dicho, esto mismo no debe ocultar el hecho de que la estructura del diagrama proporciona, como tal, una restricción a las formas de pensar sobre los fenómenos descritos; su interpretación requiere poner a funcionar mecanismos de cognición visual. Nuestro sentido icónico contribuye a acceder a una interpretación adecuada del mismo y a «percibir» correspondencias estructurales significativas.

V

Quizá sea ya el momento de unificar las varias líneas de argumento que he trazado en las secciones anteriores en relación con el valor de las prácticas de visualización y los dispositivos visuales en la ciencia.

En primer lugar, hemos visto que muchas imágenes (en el sentido amplio que estamos dando aquí al término) que se utilizan en contextos científicos no son sino agregados o repositorios de datos, que en buena parte de los casos requieren de una «lectura» cuantitativa. Este efecto se ha multiplicado con la aparición de imágenes digitales y de síntesis a partir de procedimientos que facilitan exhibir en forma de imágenes distribuciones estadísticas. Estas imágenes «de datos» parecen ganar credibilidad en procesos de interpretación complejos, en los que la manipulación de datos es crucial. Ante ellas, uno podría preguntarse qué valor pueden reclamar *en cuanto imágenes*, más allá del hecho de que sean utilizadas en contextos retóricos para ganar «credibilidad» con el riesgo de resultar inadecuadas e incluso portadoras de confusión.

En segundo lugar, he señalado que otras muchas imágenes se sitúan en los márgenes de lo que pueda ser *visualizable* o *intuible*. En estos casos, sin duda, sería un error interpretar la imagen mediante el establecimiento de una continuidad con el marco de experiencias posibles dependiente de la percepción sensorial o la imaginación. Esto mismo nos hace sospechar que, en general, las imágenes científicas no adquieren su valor y su credibilidad por el hecho de que puedan «entregarnos» las apariencias de las cosas. No cabe la menor duda de que este es uno de los aspectos que más sorprende de las prácticas de visualización de la ciencia: que se desarrollan, en buena parte de los casos, en ámbitos donde la *visibilidad* de los fenómenos no puede ser presupuesta sino que ha de ser establecida, pues ¿qué significa «hacer visible» un virus o una enzima? ¿Qué suponemos que ha de ser una experiencia sensorial que sirviera para *validar* o *justificar* la interpretación «adecuada» de los dispositivos visuales? No solo en aquellos campos donde nuestra «intuición» nos falla irremisiblemente (el mundo subatómico) o donde la imaginación se pondría a prueba (las

más lejanas galaxias) o donde parece estar involucrado un cierto error categorial (nuestros pensamientos o emociones) se plantea el problema de la visibilidad: afecta a elementos que se han convertido en moneda corriente de las prácticas de visualización científica. Por eso, ante todas ellas no deja de tener sentido un sano escepticismo en relación con la cuestión de *aquello que dan a ver*.

Pero si esto es así, ¿en qué lugar queda la *visualidad* en la ciencia? En el fondo, si las imágenes son prescindibles en ocasiones, inadecuadas muchas veces, inútiles a menudo y, lo peor de todo, casi siempre equívocas, ¿por qué insistir en el valor de los procedimientos de visualización *si de lo que se trata es de justificar las reclamaciones de autoridad* que las ciencias realizan en relación con sus resultados? Uno debería simplemente afirmar que la credibilidad dependiente del uso de imágenes es una credibilidad prestada de la *falsa* naturalidad (el efecto de presencia) que asociamos a ellas. El buen científico ha de ser un radical «iconoclasta» y entregarse a la «lectura» atenta de los signos e inscripciones; ha de manipular de modo adecuado medios representacionales inferencialmente ricos y organizar teóricamente los resultados. Como decía al principio, quizá en el contexto de la ciencia, la profusión de las imágenes no refleje sino una victoria pírrica en la eterna lucha de la palabra y la imagen.

Nada más lejos de la verdad. Los ejemplos que he discutido en las anteriores secciones ayudan a ver que, por un lado, el valor científico de una imagen no depende exclusivamente de que ofrezca una representación naturalista de aquello que representa, que su función no es la de «cartografiar las apariencias» en ningún sentido de esta expresión; y que, por otro lado, se frustran todos los intentos de reducir el valor y la credibilidad de las imágenes únicamente a lo que pudieran ser «tablas cuantitativas de datos» o a «procesos de cálculo e inferencia». Sentido icónico y manipulación inferencial (a través de complejas series de representaciones) se dan la mano: una imagen despliega su valor a través de su potencialidad para articularse con otras representaciones, visuales o no; además, esta potencialidad depende esencialmente de que los agentes sean capaces de exhibir una cierta competencia icónica.

Mi idea rectora al abordar la compleja y paradójica naturaleza de la visualidad científica es que abandonar la guía de la intuición no implica abandonar la *imagen* (incluso la *figuración*), del mismo modo que construir imágenes *a partir de* datos no hace de estas meras imágenes *de* datos. *Ver* es esencial al *interpretar* una imagen, también en los contextos científicos. Pero, además, no cabe decir que la función de *ver* en la imagen consista exclusivamente en reconducir un referente. La interpretación de una imagen no es ni primaria ni puramente referencial. Es este efecto de *realismo*, apoyado sobre consideraciones

lingüísticas, el que provoca muchos de los malentendidos en el interior de la epistemología de la visualidad.

La tensión que he descrito en la producción y uso de dispositivos visuales en la ciencia no hace sino resumir una de las dificultades que apuntan al corazón de la misma reflexión epistemológica. El modelo básico a partir del cual se interpreta la «captación cognitiva» de la realidad es netamente *proposicional*. Buena parte de la filosofía del último siglo al menos ha pensado que el *simbolismo*, como decía entre otros Susanne K. Langer³⁰, es la clave para la epistemología y el conocimiento. Pero muchos de los filósofos, añadía, piensan que el simbolismo básico para expresar conocimiento es el lenguaje y, en general, todas las formas discursivas, con articulación inferencial y contenido proposicional. Por ello, la evaluación primaria del conocimiento se ha de hacer en términos de verdad. La credibilidad epistémica se expresa y se articula proposicionalmente. Otras formas de articulación simbólica son, a lo más, auxiliares, herramientas que solo heredan su valor de la verdad de proposiciones que uno podría extraer y establecer independientemente.

No es fácil enfrentarse a una tradición ya legendaria. Las imágenes, en principio, son formas de simbolismo no-proposicional. Su aprovechamiento cognitivo está en función de habilidades de detección de patrones, de la búsqueda de una cierta coherencia y unidad en los fenómenos «exhibidos» y las relaciones entre distintos elementos que componen la representación, y de la adquisición de ciertas capacidades de agudeza y de juicio entrenado en su «lectura» (muchas de ellas *independientes* de una capacidad de expresión proposicional). Extraer información de una imagen depende de mecanismos de cognición visual. Y, por eso mismo, su valor cognitivo –sea cual sea su relación con las apariencias y con la pulsión por la visibilidad– consiste fundamentalmente en *hacer ver* al *mostrar* a través de los elementos (adecuadamente integrados) de la imagen. En muchos de los estudios sobre la imagen en la ciencia se insiste una y otra vez en identificar *referentes*, como aquello de lo cual podría «hablarse» con verdad a través de una imagen, para a renglón seguido intentar demostrar que esto no es sino una falsa conciencia de transparencia al mundo, una epistemología con presupuestos erróneos, si no ideológicos. Olvidan con ello que su función epistemológica no se apoya en exclusiva sobre esta desviada concepción de la «transparencia», sino en cómo contribuyen a objetivos epistémicos valiosos como es el de la *comprensión*. Al comprender no necesariamente adquirimos verdades, aunque seguramente no hay comprensión sin cap-

³⁰ Langer, S., *Philosophy in a New Key. A Study in the Symbolism of Reason, Rite, and Art*, 3.^a ed., Cambridge, Harvard University Press, 1957 [original 1941].

tación de «algunas» verdades³¹. Este es el núcleo de la tensión en la que se sostiene la proliferación de imágenes en la ciencia: la necesidad de la cognición humana de *integrar* las dimensiones proposicional y no-proposicional para poder dar cuerpo a las múltiples formas de comprensión con las que damos forma a nuestra experiencia³².

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPERS, S., *El arte de describir. El arte holandés en el siglo XVII*, Madrid, Hermann Blume, 1987.
- AMANN, K., y KNORR-CETINA, K., «The fixation of (visual) evidence», *Human Studies*, 11 (2-3) (1988), pp. 133-169.
- BASTIDE, F., «The iconography of scientific texts: Principles of analysis», en Lynch, M., y Woolgar, S. (eds.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, The MIT Press, 1990, pp. 187-230.
- BEAULIEU, A., «Images Are Not the (Only) Truth: Brain Mapping, Visual Knowledge, and Iconoclasm», *Science Technology Human Values*, vol. 27, n.º 1 (Winter 2002), pp. 53-86.
- CAMBROSIO, A.; JACOBI, D., y KEATING, P., «Arguing with Images. Pauling's Theory of Antibody Formation», *Representations*, 89. (Reproducido en Pauwels, L. [ed.], *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hannover-New Hampshire, Dartmouth College Press, 2006, pp. 153-194).
- ; JACOBI, D., y KEATING, P., «Ehrlich's "beautiful pictures" and the controversial beginning of immunological imagery», *Isis*, 84 (1993), pp. 662-699.
- ELGIN, C. E., *Considered Judgment*, Princeton, Princeton University Press, 1996.
- ELKINS, J., *Six Stories from the End of Representation*, Stanford, Stanford University Press, 2008.

³¹ Riggs, W., «Understanding Virtue and the Virtue of Understanding», en DePaul, M., y Zagzebski, L. (comps.), *Intellectual Virtue: Perspectives from Ethics and Epistemology*, Oxford, Oxford University Press, 2003, pp. 203-226; Zagzebski, L., «Recovering Understanding», en Steup, M. (comp.), *Knowledge, Truth and Duty. Essays on Epistemic Justification, Responsibility and Virtue*, Oxford, Oxford University Press, 2001, pp. 235-252; Elgin, C. E., *Considered Judgment*, Princeton, Princeton University Press, 1996.

³² AGRADECIMIENTOS: La redacción de este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda proporcionada por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto de investigación FFI2009-12054: «Epistemología de los artefactos. *Affordances*, conocimiento práctico y artefactos epistémicos». Agradezco a Ana García Varas sus valiosos comentarios y a Sabine Thuillier su ayuda con la revisión del texto.

- ELKINS, J., *The domain of images*, Ithaca y Londres, Cornell University Press, 1999.
- GALISON, P., «Images scatter into data, data gather into images», en Latour, B., y Weibel, P. (eds.), *Iconoclasm. Beyond the Image Wars in Science, Religion and Art*, ZKM-The MIT Press, 2002, pp. 300-323.
- GALISON, P., *Image and Logic. A material culture of microphysics*, Chicago, The University of Chicago Press, 1997.
- ; JONES, C. A., y SLATON, A. (eds.), *Picturing Science, Producing Art*, New York, Routledge, 1998.
- GIARDINO, V., y PIAZZA, M., *Senza Parole. Ragionare con le immagini*, Milán, Bompiani, 2008.
- GOODMAN, N., *Languages of Art*, Indianápolis, Hackett Publishing Co., 1976.
- HACKING, I., *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- HANSON, S. J., y BUNZL, M. (eds.), *Foundational Issues in Human Brain Mapping*, Cambridge, The MIT Press, 2010.
- HOOKE, R., *Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas con cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas*, Barcelona, Círculo de lectores, 1995.
- KAISER, D., *Drawing Theories Apart: The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics*, Chicago, The University of Chicago Press, 2005.
- KEMP, M., *Visualizations. The Nature Book of Art and Science*, Oxford, Oxford University Press, 2000.
- LANGER, S., *Philosophy in a New Key. A Study in the Symbolism of Reason, Rite, and Art*, 3.ª ed., Cambridge, Harvard University Press, 1957 [original 1941].
- LATOUR, B., «How to Be Iconophilic in Art, Science, and Religion», en Jones, C. A., y Galison, P. (eds.), *Picturing Science. Producing Art*, New York, Routledge, 1998, pp. 418-440.
- , «The “pédofil” of Boa Vista: A photo-philosophical montage», *Common Knowledge*, 4 (1995), pp. 144-187.
- , «Visualization and Cognition: Thinking with Eyes and Hands», *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, 6 (1986), pp. 1-40.
- LEMKE, J. L., «Multiplying Meaning: Visual and Verbal semiotics in scientific text», en Martin, J. R., y Veel, R. (eds.), *Reading Science*, Londres, Routledge, 1998, pp. 87-113.
- LOPES, D., *Understanding Pictures*, Oxford, Clarendon Press, 1996.
- LYNCH, M., «Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility», *Social Studies of Science*, 15 (1985), pp. 37-66.
- , «The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences», en Lynch, M., y Woolgar, S. (eds.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, The MIT Press, 1990, pp. 153-186.

- LYNCH, M., «The Production of Scientific Images: Vision and Re-Vision in the History, Philosophy, and Sociology of Science», *Communication & Cognition*, 31(2/3) (1998), pp. 213-228.
- LYNCH, M., y EDGERTON, S. Y., «Aesthetics and digital image processing. Representational craft in contemporary astronomy», en Fyfe, G., y Law, J. (eds.), *Picturing Power: Visual Depictions and Social Relations*, Londres y New York, Routledge, 1988, pp. 184-220.
- , y WOOLGAR, S. (eds.), *Representation in Scientific Practice*, Cambridge, The MIT Press, 1990.
- MCCABE, D. P., y CASTEL, A. D., «Seeing is Believing: The effect of brain images on judgments of scientific reasoning», *Cognition*, 107/1 (2008), pp. 343-352.
- MILLER, A. I., *Insights of Genius. Imagery and Creativity in Science and Art*, Cambridge, The MIT Press, 2000.
- MITCHELL, W. J. T., *Iconology. Image, Text, Ideology*, Chicago y Londres, The Chicago University Press, 1986.
- MORIZOT, J., *Qu'est-ce qu'une image?*, París, Vrin, 2005.
- PASVEER, B., «Representing or Mediating: A History and Philosophy of X-ray Images in Medicine», en Pauwels, L. (ed.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hannover-New Hampshire, Dartmouth College Press, 2006, pp. 41-62.
- PAUWELS, L. (ed.), *Visual Cultures of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hannover-New Hampshire, Dartmouth College Press, 2006.
- RIGGS, W., «Understanding Virtue and the Virtue of Understanding», en DePaul, M., y Zagzebski, L. (comps.), *Intellectual Virtue: Perspectives from Ethics and Epistemology*, Oxford, Oxford University Press, 2003, pp. 203-226.
- RODRÍGUEZ DE LA FLOR, F., *Giro visual. Primacía de la imagen y declive de la lecto-escritura en la cultura postmoderna*, Salamanca, Delirio, 2009.
- ROSKIES, A. L., «Are Neuroimages like Photographs of the Brain», *Philosophy of Science* 74 (2007), pp. 860-872.
- , «Neuroimaging and Inferential Distance: The Perils of Pictures», en Hanson, S. J., y Bunzl, M. (eds.), *Foundational Issues in Human Brain Mapping*, Cambridge, The MIT Press, 2010, pp. 195-215.
- SCHIER, F., *Deeper into Pictures. An Essay on Pictorial Representation*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- SHAPIN, S., y SCHAFFER, S., *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press, 1985.

- SMITH, P. H., «Art, Science, and Visual Culture in Early Modern Europe», *Isis*, 97/1 (2006), pp. 83-100.
- STAFFORD, B., *Good Looking: Essays on the Virtue of Images*, Cambridge, The MIT Press, 1996.
- TUCKER, J., «The Historian, the Picture, the Archive», *Isis*, 97 (2006), pp. 111-120.
- VEGA, J., «Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna», *Arbor*, CLXXIII (2002), pp. 521-552.
- WISE, N., «Making Visible», *Isis*, 97 (2006), pp. 75-82.
- ZAGZEBSKI, L., «Recovering Understanding», en Steup, M. (comp.), *Knowledge, Truth and Duty. Essays on Epistemic Justification, Responsibility and Virtue*, Oxford, Oxford University Press, 2001, pp. 235-252.