
Ciencias en Imágenes

Miguel Alcívar

LA IMAGEN CIENTÍFICA EN LA CULTURA

La historia de la Humanidad está jalonada de imágenes. Desde las primeras pinturas rituales zoomórficas perfiladas en lo más recóndito de cuevas, como las de Lascaux, hasta las imágenes digitalizadas en falso color obtenidas por satélites artificiales, las imágenes han sido usadas por el hombre para obtener poder, justificar la muerte de semejantes, representar lo incognoscible o estructurar cognitivamente el mundo; en definitiva, se han utilizado como vehículo de comunicación.

Las imágenes se concentran en nuestra *iconosfera*¹ como si siempre hubiesen estado allí. Pero se trata solo de una ilusión. No puede olvidarse que el hombre, como especie, ha invertido únicamente la sexta parte de su existencia en producir imágenes (Gubern, 1996, p. 51). Además, la proliferación y el consumo masivo de mensajes icónicos son fenómenos sociales muy recientes, que se cuentan entre los más conspicuos del siglo XX. En este proceso de socialización, la actividad científica y tecnológica ocupa un lugar destacado en la creación y difusión de imágenes. Quién no ha visto alguna vez el modelo gráfico del átomo: un punto central (el núcleo) rodeado por elipses entrecruzadas (las órbitas de los electrones). De la misma forma, las capas concéntricas de una cebolla estimulan al científico para construir la representación esquemática de la estructura de una estrella pre-supernova en su etapa final (Woosley y Weaver, 1989, p. 21). La comunicación es, por tanto, de doble vía. Baste pensar en la ingente cantidad de imágenes científicas que han difundido el cine, la publicidad o los medios de comunicación. La cultura de masas devora con fruición imágenes que proceden del dominio de la ciencia y la tecnología, proceso que, en menor medida, también ocurre a la inversa.

En la ciencia se utilizan modelos icónicos que funcionan como metáforas visuales con valor *heurístico* y *cognitivo*. La imagen así obtenida es esquemática, abstracta, muy alejada del ideal figurativo. Proporciona explicaciones sobre fenómenos y procesos, pero lo hace no desde lo empírico-figurativo sino desde lo teórico-abstractivo. Los modelos, por así decirlo, son «caricaturas de la realidad». Pero la ciencia también aspira a reproducir la realidad «tal cual es». Entonces, la imagen se erige como documento explicativo, como prueba de la rea-

¹ Según Román Gubern (1996, p. 182), «la *iconosfera* es el ecosistema cultural formado por los mensajes icónicos y audiovisuales que envuelven al ser humano, basado en interacciones dinámicas entre los diferentes medios de comunicación y entre éstos y sus audiencias».

lidad de algo. Es difícil imaginar ciencias como la biología, la paleontología o la astronomía naciendo y floreciendo en el país de los ciegos (Ziman, 1981, p. 84).

En definitiva, la imagen puede buscar la reproducción fiel, el retrato, o puede operar como un símbolo. En la imagen científica se combinan ambas tendencias (Caro, 1997, p. 14). Por una parte está la *ilustración naturalista*, que ambiciona describir la realidad de la forma más exacta posible. Ha sido durante mucho tiempo la única forma gráfica de representar la ciencia (Sabater Pi, 1997). Su espectacular desarrollo coincidió con la expansión propiciada por los grandes viajes exploratorios, y con la aparición de técnicas nuevas de reprografía que cambiaron drásticamente el contenido de los libros científicos (Knight, 1988, pp. 135-156). La función principal del dibujo científico es la de servir de ayuda para la memoria.

Por otra parte está el *esquema científico* abstracto, puramente conceptual, que simboliza la explicación racional y el triunfo de lo teórico. Es —como lo define Caro— «un poderoso recurso para el imaginario y para la mecánica del pensamiento, llegando a poder expresar en ocasiones la anticipación de lo posible» (1997, p. 14).

Tanto la ilustración como el esquema, son procedimientos que la ciencia emplea en su pretensión de búsqueda desinteresada de la «verdad». Con el primero de ellos, se intenta captar la «belleza» del mundo; con el segundo, su esencia. Belleza y esencia, sin embargo, no están reñidas. Así lo expresa el matemático y físico británico Roger Penrose (1996, p. 607) cuando dice que una idea bella tiene más probabilidades de ser correcta que una idea fea.

La perspectiva sociológica del conocimiento científico proporciona los fundamentos teóricos para entender cómo trabajan los científicos. El conocimiento fruto de ese trabajo se alcanza casi siempre por consenso, y tiene sentido solo dentro de un *paradigma* compartido (Barnes y Dolby, 1995, p. 39). Por lo tanto, las imágenes que produce la práctica científica solo se entienden si los científicos comparten un sistema conceptual de reconocimiento de patrones comunes en el que los mensajes no sean tan oscuros y ambiguos como para que el receptor no los comparta con el emisor o no los pueda objetar con argumentos bien fundamentados (*cosensibilidad*). Este sistema conceptual compartido es el que permite que en la ciencia se puedan alcanzar mayores cotas de *consensualismo*. Esto implica que el conocimiento científico no es tanto «objetivo» como «intersubjetivo» (Ziman, 1981, pp. 18-19).

En este artículo se repasa el papel que desempeña el pensamiento visual en la construcción del conocimiento científico y cómo las imágenes que proporcionan la ciencia y la tecnología configuran, en gran medida, nuestra concepción del mundo.

LA IMAGEN, FACTOR CLAVE DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

Para Gerald Holton (1993, p. 30) las tres herramientas básicas para el desarrollo del quehacer científico son: la *imaginación visual*, la *metafórica* y la *temática*. Este apartado está expresamente dedicado a la primera de ellas.

Como parece haber demostrado la psicología, *reconocer patrones* es una de las capacidades inherentes al ser humano. Este reconocimiento es *intersubjetivo* y es un elemento clave en la construcción de todo conocimiento científico (Ziman, 1981, pp. 72-73). La historia de la ciencia enseña que la imaginación visual es uno de los pilares básicos del pensamiento científico moderno. Es evidente que la ciencia en occidente ha basado su conocimiento en la observación (astronomía y microbiología, por ejemplo). No sorprende, pues, que todo aquel fenómeno que no es directamente visible, permanezca bajo sospecha.

La misma noción de átomo, tan antigua como vigente, exige concebirlo como una entidad discreta de dimensiones infinitesimales, aunque virtualmente sea invisible. Esta invisibilidad molesta al científico. Por ello, tanto el físico como el químico utilizan con agrado modelos tridimensionales -como los formados por bolas de colores (que representan las distintas clases de átomos) unidas por varillas (que representan los enlaces interatómicos)- o modelos gráficos -como el que adoptó Bohr por analogía con el sistema solar copernicano- para hacer más comprensibles los fenómenos que estudian. Aunque pudiera parecer que estos modelos icónicos, en gran medida rígidos y deterministas, son herederos de la ciencia decimonónica, el nuevo paradigma de pensamiento que la física cuántica instauró a principios del siglo XX en el panorama científico contemporáneo, también ha recurrido a «auxiliares intuitivos diferentes, tales como las nubes de probabilidad (tan usadas por los químicos teóricos con el nombre de orbitales moleculares), la distribución de cargas [...], los gráficos de dispersión de Feynman², el modelo de las capas nucleares, e innumerables modelos más» (Bunge, 1996, p. 133). Así, por ejemplo, los «auxiliares visuales» de la física cuántica presentan dos claras diferencias con los de la clásica: (1) No se proponen representar objetos, sino más bien la distribución estadística de propiedades, como, por ejemplo, masa, carga o velocidad. Se pasa de representaciones más estáticas a más dinámicas, y (2) no son *representaciones literales*, esto es, «realistas», sino que algunas pueden ser simbólicas, abstractas (no figurativas) e incluso (como ocurre con los diagramas de Feynman) recursos mnemónicos para el cálculo (*Íbid.*).

Uno de los artificios más usados por los científicos para «ilustrar» sus hipótesis o teorías es el llamado *experimento mental o de pensamiento*. Por su inviabilidad práctica, este tipo de experimentos hay que imaginarlos para extraer de sus premisas consecuencias teóricas. Albert Einstein utilizó con profusión este procedimiento. El propio físico declaró que el lenguaje verbal no desempeñaba ningún papel en sus elaboraciones cognitivas. Su pensamiento se apoyaba en ciertas imágenes más o menos difusas que se podían reproducir y combinar «a voluntad»; solo cuando el juego de asociaciones icónicas estaba lo suficientemente explotado, Einstein recurría a las palabras u otros signos convencionales para construir, no sin laboriosidad, sus enunciados teóricos (Penrose, 1996, p. 611). Un famoso experimento mental de Einstein demuestra que la simultaneidad de los fenómenos no es absoluta, sino relativa, puesto que depende del estado de movimiento del observador. Para ello, compara la posición de dos observadores con respecto a un tren que se desplaza a gran velocidad. Uno se encuentra parado en el andén y el otro viaja en la parte central del ferrocarril. Si en un

² Los diagramas de Feynman son un método idóneo para ilustrar las interacciones entre partículas elementales; no se trata de meras imágenes sino de esquemas conceptuales para determinar la probabilidad de que acontezca una colisión entre partículas subatómicas. Estos esquemas no figurativos, como apunta Paul Caro, seducen también a los artistas que, como Kandiski, justifican su obra por la imagen de la «desintegración del átomo».

momento determinado caen dos rayos de una nube, chocando cada uno con la parte trasera y delantera del tren, ¿cómo verán esto los dos observadores? Einstein se responde diciendo que si para el individuo que está parado en el andén los dos rayos parecen estrellarse a la vez, para el otro (el que viaja hacia uno de los objetos relampagueantes y se aleja del otro), lo harán en momentos distintos (Holton, 1993, p. 42).

Mario Bunge afirma que tanto el físico teórico como el matemático piensan, en alguna medida, de una manera pictórica. Sin embargo, las imágenes visuales que emplean son solo una apoyatura psicológica para el pensamiento analítico, y en ningún caso las primeras sustituyen al segundo. En otras palabras, según Bunge, el pensamiento visual refuerza al analítico psicológicamente, pero no lógicamente (1996, p. 133). El filósofo argentino basa su argumentación en el criterio de demarcación que ya en 1938 propusiera Hans Reichenbach para distinguir de forma tajante los dos supuestos modos de operar que tiene la ciencia. Reichenbach entronizó los llamados *factores epistémicos* (los que justifican racionalmente las teorías) en detrimento de los *factores extra-epistémicos* (psicológicos y sociológicos), a los que relegó al incierto dominio de la especulación irracional. Al ámbito de los primeros lo llamó *contexto de justificación*, y al de los segundos *contexto de descubrimiento*. Muchas son las críticas que han terminado por desacreditar el estatuto epistemológico de este criterio positivista, pero puede destacarse aquella que le reprocha haber despreciado la importancia del proceso de elaboración de las teorías para fijarse exclusivamente en su estructura consolidada (Echeverría, 1998, pp. 51-58).

Es interesante resaltar cómo, a veces, las imágenes que se producen en la duermevela pueden ser determinantes para hallar la solución a un enigma. La importancia de las imágenes hipnagógicas y oníricas ha sido a menudo infravalorada en la creación científica. El relato en el que August Kekulé narra el descubrimiento de la estructura del benceno es un ejemplo clásico de cómo de este tipo de imágenes puede surgir la solución en el contexto de un proceso mental que está orientado hacia un problema:

Estaba sentado, escribiendo en mi cuaderno de notas; pero el trabajo no progresaba; mis pensamientos estaban en otra parte. Volví mi silla hacia el fuego y me adormilé. De nuevo los átomos jugueteaban ante mis ojos [...]. Mi ojo mental, que se había vuelto más agudo gracias a visiones mentales de este tipo, podía ahora distinguir estructuras más grandes de conformación múltiple: largas filas, situadas a veces más cerca; juntándose y retorciéndose todas en un movimiento serpenteante. Pero ¿qué era aquello? Una de las serpientes había tomado la forma de morderse su propia cola, y la forma daba vueltas burlescamente ante mis ojos. Como por el destello de un relámpago me desperté; y [...] empleé el resto de la noche extrayendo las consecuencias de la hipótesis.

Aprendamos a soñar, caballeros, y entonces encontraremos la verdad [...] pero tengamos cuidado de publicar nuestros sueños antes de ser probados por el entendimiento despierto (Locke, 1997, p. 197).

Se pueden extraer varias consecuencias de esta declaración de Kekulé: (1) Las imágenes mentales en estado hipnagógico no surgen *ex novo*, sino que están mediatizadas por el con-

texto teórico del problema que urge al químico, (2) Kekulé otorga a sus ensoñaciones categoría de hipótesis, pero advierte que ésta debe ser contrastada con la experiencia y sometida a la lógica, y (3) Se advierte que la imagen de la serpiente que se muerde la cola proviene del mito del *Uroboros*, que representa la circularidad universal, el eterno retorno. El contexto cultural más amplio también impone su ley.

Como se intenta demostrar, el pensamiento visual en la ciencia tiene un papel clave tanto desde el punto de vista heurístico como cognitivo, por lo que distinciones que devalúan el pensamiento pictórico en favor del lógico, como las que defienden Bunge y otros neopositivistas, son sencillamente un ardid metodológico.

Ya se ha visto la tendencia de Einstein a trabajar con imágenes. Este no es ni mucho menos un caso aislado. El físico Dyson Freeman describe así a su colega Richard Feynman:

La razón de que sus propuestas fuesen tan difíciles de captar por los físicos ordinarios era que no usaba ecuaciones. Tenía una visión intuitiva de cómo ocurren las cosas, que le daba las soluciones directamente con un mínimo de cálculo. No me sorprende que los que habían pasado sus vidas resolviendo ecuaciones estuviesen desconcertados por sus ideas. Sus mentes eran analíticas; la suya, pictórica (Dyson citado en Fernández-Rañada, 1995).

Por su parte, Stephen Jay Gould recalca la importancia del pensamiento visual en su campo de estudio, la paleontología:

No puedo imaginar una actividad más alejada de la simple descripción que la reanimación de un organismo de Burgess Shale³. Se empieza con un lío aplastado y horriblemente distorsionado y se termina con una figura compuesta de un organismo vivo plausible.

Esta actividad requiere un genio visual, o espacial, de un tipo particular y poco común. [...]. La capacidad de reconstruir una forma tridimensional a partir de masas despachurradas y planas, de integrar un gran número de especímenes en orientaciones diferentes en una entidad única, de casar fragmentos dispares en partes y contrapartes en un todo funcional, son destrezas raras y preciosas. ¿Por qué degradamos esta habilidad integradora y cualitativa, al tiempo que exaltamos el logro analítico y cuantitativo? ¿Acaso uno es mejor, más duro, más importante que la otra? (Gould, 1996, p. 169).

Las preguntas retóricas de Gould expresan su predisposición para dignificar el papel que el pensamiento visual ha representado en el desarrollo y consolidación de muchas ciencias. Los métodos cualitativos y sintéticos no tienen por qué tener menor rango científico que los cuantitativos y analíticos. Más bien se complementan. Hay científicos que tienen tendencia a la síntesis y otros al análisis. Unos están más preparados para imaginar en el espacio estructuras tridimensionales, mientras que otros necesitan los cálculos matemáticos para entender lo que estudian. Así, refiriéndose a las capacidades innatas para el pensamiento visual de Harry Whittington, el impulsor de la reconstrucción de la fauna de Burgess Shale, Gould escribe:

³ Burgess Shale, en Canadá, representa el mayor y más importante yacimiento de fósiles de cuerpo blando del cámbrico tardío.

[...] Harry había reconocido y explotado siempre su habilidad en la visualización tridimensional. De niño le gustaba construir modelos, principalmente coches y aviones, y su juguete favorito era su juego de Meccano, compuesto de muchas piezas metálicas que se pueden conectar para formar gran variedad de estructuras. [...]. El tema consistente es inequívoco: una maña para hacer estructuras tridimensionales a partir de componentes bidimensionales e, inversamente, para dibujar objetos sólidos en visión plana. Esta capacidad de moverse de las dos a las tres dimensiones, y de volver nuevamente, supuso la clave para la reconstrucción de la fauna de Burgess Shale (*op. cit.*, pp. 175-176).

Aunque la profusión de citas pudiera parecer excesiva, creemos que es interesante oír la voz de los autores, toda vez que sus relatos en primera persona o tercera persona testimonial, arrojan luz propia para considerar que el pensamiento visual juega un papel nada desdeñable en la construcción del conocimiento científico.

LA IMAGEN CIENTÍFICA ESTÁ «CARGADA DE TEORÍA»

El refinamiento y reducción de costes de las tecnologías asociadas a la imagen ha propiciado el acceso popular a una gran variedad de mensajes icónicos, generándose como consecuencia una cultura audiovisual omnipresente y seductora. Paradójicamente, esta popularización que sustenta la cultura audiovisual también acarrea la saturación de muchas imágenes banales. Esto hace que la atención que actualmente se presta a la imagen no sea del todo adecuada, aunque su estudio requiera el concurso de varias disciplinas. Una de ellas es, sin duda, la *teoría de la percepción*.

La percepción es una cuestión crucial en la investigación psicológica contemporánea. No se trata de un fenómeno autónomo e impersonal: está supeditada a la imaginación y la memoria (vivencias personales) y a la cultura (vivencias colectivas). La percepción ordinaria funciona abstractivamente, esto es, opera seleccionando, a efectos de atención, reconocimiento y generalización, algunos de los elementos de la situación perceptiva que se relacionan con otros que surgieron en situaciones análogas en el pasado. No obstante, hay un cierto distanciamiento entre las imágenes generadas por la percepción sensorial y la rememoración y/o recreación que sobre ellas aplica el sujeto perceptor. De esta manera, imaginación y memoria adquieren categoría de abstracción (Warstofsky, 1983, p. 57). Nuestra percepción, por tanto, no es escética, es decir, no está hecha de sensaciones puras, sino que, por el contrario, los elementos conceptuales e interpretativos desempeñan una función muy importante.

Ahora bien, como ya se apuntó, la representación simbólica es el máximo grado de independencia, de mayor abstracción, con respecto a la percepción sensorial. Como sostienen, entre otras corrientes, la *gestaltpsychologie* y el paradigma de la complejidad de Edgar Morin (1998), el binomio sujeto-objeto es indisoluble, por lo que un objeto se percibe si opera en el sujeto una suerte de «reconocimiento» de todos o parte de sus atributos. Los atributos, además, deben ser susceptibles de representarse como símbolos.

Esta situación puede ilustrarse con el siguiente ejemplo. Cuenta Antonio Pigafetta, el cronista de Magallanes, que en medio de una terrible tempestad toda la tripulación rogaba al Altísimo que los salvara del inminente naufragio, cuando en el ápice de los mástiles vieron a sus tres Santos Protectores que, con sus bellos halos, permanecieron alumbrando la oscura noche durante más de dos horas. Este suceso, extraordinario sin duda para aquellos hombres temerosos de Dios, puede ser interpretado hoy día, por poco avezado que sea el marino, no como un prodigio sobrenatural sino como un fenómeno de descarga eléctrica provocado por la diferencia de potencial entre la base de una nube y la punta del mástil. Es lo que popularmente se llama Fuego de San Telmo. Los miembros de la tripulación de la nao no percibieron un fenómeno luminoso, sino la manifestación beatífica de criaturas celestiales. El contexto cultural (principalmente, las creencias religiosas asociadas a un repertorio iconográfico concreto) influyó decisivamente en sus percepciones.

Llegados a este punto, es interesante plantear la cuestión de si existen diferencias sustanciales entre la imaginería artística y la científica. El problema es complejo, pero aquí nos gustaría apuntar un par de ideas.

Desde nuestra perspectiva, el punto clave del debate es el concepto de *interpretación*. La diferencia sustancial entre las imágenes que produce el arte y las que produce la ciencia depende de la interpretación que haga de ellas el sujeto perceptor. En el caso de la ciencia, la interpretación es intersubjetiva: se realiza dentro de las coordenadas teóricas impuestas por el paradigma compartido por la comunidad científica y, además, como ya se ha sugerido, dado que el sujeto, en cierto sentido limitado, *construye* el objeto, en la interpretación de las imágenes científicas operan los mecanismos de cosensibilidad y consensualismo.

La interpretación artística es distinta. En el arte se da lo que podríamos llamar *efecto Rashomon*⁴: según las características comunes del espectador (contexto social y cultural) y, sobre todo, personales (experiencias propias, rasgos subconscientes, etc.), la valoración de la imagen artística será distinta. La propia ambigüedad de la obra de arte (a las claves culturales hay que añadir las propias del artista, sus demonios y fantasmas) genera lecturas diferentes, según la cultura e idiosincrasia del espectador. Sin embargo, en las imágenes científicas este efecto está minimizado, puesto que la interpretación está condicionada básicamente por el paradigma de pensamiento en el que se inserten. De todo esto se deduce que los factores aleatorios de personalidad prácticamente no influyen en la interpretación del contenido sustantivo de la imagen científica. Solo el nivel de competencia del individuo y la flexibilidad interpretativa que confieren diferentes teorías en pugna, permitirán «ver» esas imágenes de distinta manera o, incluso, no las permitirán «ver» (se interpretan como «artefactos»), si los sistemas conceptuales de una teoría con respecto a otra son, en el sentido kuhniano del término, inconmensurables (Kuhn, 1997).

Así, por ejemplo, una imagen radiográfica es un caos de manchas para un lego, mientras que para un experto es un mundo de detalles significativos (cicatrices, fisuras, infecciones crónicas, rastros de ataques agudos, órganos...). La imagen solo cobra sentido —comunica-

⁴ *Rashomon* (1950) es una película de Akira Kurosawa, cuyo tema central es la verdad: testigos diferentes de un mismo acontecimiento lo relatan con importantes variaciones.

dentro de un contexto científico pre-establecido. Como dice David Locke, «los científicos deben aprender siempre a ver lo que describen, y sus descripciones pueden representar lo visto sólo dentro del contexto de esa experiencia aprendida» (1997, p. 69).

El caso de la radiografía es típico de cómo los condicionantes impuestos por el paradigma científico en boga afectan a la percepción. Sin embargo, también la observación se ve afectada por factores extra-epistémicos. En su libro *La vida maravillosa*, Gould (1996, pp. 357-406) explica cómo el contexto histórico en el que se inscribe el investigador afecta a sus percepciones. El relato de Gould describe todos los pormenores que llevaron al descubrimiento, caracterización e interpretación de la fauna de Burgess Shale. Este registro fósil fue descubierto en 1909 por Charles D. Walcott, un extraordinario científico de arraigadas convicciones conservadoras sobre la vida y la moralidad.

Tras estudiar sus escritos personales, Gould fue capaz de rastrear las razones profundas que animaron a Walcott a elaborar lo que hoy se considera una desatinada interpretación de los fósiles de Burgess Shale. Parece ser que la concepción continuista y progresiva que tenía de la historia natural, sumada a sus creencias morales y religiosas, lo indujeron a clasificar toda la fauna en un grupo moderno; consideró que cada uno de los animales hallados representaba una versión ancestral de formas posteriores, mejoradas, cuando -como demostró Whittington en 1971- se trataba de diseños anatómicos singulares que se extinguieron sin dejar, en casi todos los casos, formas descendientes. Con relación a esta incapacidad interpretativa de Walcott Gould concluye: «[...] observamos según categorías preestablecidas, y con frecuencia no podemos «ver» lo que salta a la vista» (*op. cit.*, p. 206).

Cuando se percibe visualmente o se utilizan instrumentos de medición se detectan señales eléctricas, espectros, formas, texturas, anillos de difracción y otros indicadores que solo adquieren significado a la luz de las correspondientes teorías. Es entonces cuando esos indicadores se transforman en intensidades de corriente, simetrías bilaterales, estructuras cristalinas, etcétera. Los hechos del mundo no son autónomos porque la percepción humana no es omnisciente, sino que, como señala, por ejemplo, el físico teórico David Bohm: «en cierto sentido, «construimos» el dato. Esto equivale a decir, comenzando por la percepción inmediata de una situación actual, que desarrollamos el dato al darle además orden, forma y estructura con la ayuda de nuestros conceptos teóricos» (Locke, 1997, p. 20). De esta forma, lo que *se piensa* determina de alguna manera lo que *se percibe*; o como prescribe el famoso aforismo de Norwood R. Hanson: «la observación científica es [...] una actividad “cargada de teoría”» (1977, p. 13).

LOS MODELOS ICÓNICOS SON METÁFORAS

Decía Niels Bohr, el constructor del primer modelo del átomo con pretensiones de validez, que al científico no le interesa tanto describir hechos como crear imágenes (Fernández-Rañada, 1995, p. 77). Así es. La imagen en la ciencia no solo se utiliza con la discutible pretensión de «copiar la realidad» (imágenes figurativas), sino que también se le otorga la posibilidad para proponer explicaciones a los procesos y fenómenos del universo (imágenes abstractas). Muchos de los modelos icónicos en la ciencia se inscriben en la segunda categoría.

Cabe plantear aquí, aunque sea de forma sucinta, la vieja controversia sobre lo que es o no la realidad científica. *Grosso modo* hay dos maneras antagónicas de considerarla. De una parte, la *teoría de la representación* (TR) afirma que el discurso científico representa, refleja o copia lo real. De otra, la *teoría de la instrumentalidad* (TI) asegura que el discurso de la ciencia tan solo configura, organiza, estructura, y hasta, en cierto sentido, crea lo real (Locke, 1997, p. 42). Cada una da cuenta de versiones radicales de la realidad: la TR asume una visión realista en la que el conocimiento científico tiene estatuto ontológico y es independiente del sujeto, mientras que la TI niega tal estatuto y propugna que la realidad es una construcción social.

Como han demostrado Lakoff y Johnson, tendemos a concebir el mundo en términos analógicos. Esta tendencia irrumpe con fuerza en todas las manifestaciones del lenguaje, por lo que el sistema conceptual humano, mediante el que se piensa y se actúa, presenta un carácter esencialmente metafórico (1987, pp. 233-247). De esta manera, las metáforas organizan nuestra percepción y comportamiento. Una metáfora puede operar como vehículo de conocimiento únicamente si tiene una *base experiencial física y cultural*. Esto significa que los constructos de la ciencia (teorías, modelos, observaciones, experimentos) al formar parte del sistema conceptual humano, contribuyen a modelar la imagen que los científicos se hacen de la realidad.

El lenguaje *constituye* el mundo que la ciencia estudia y explica. Los científicos conocen el mundo solo mediante los sistemas lingüísticos que constituyen sus descripciones y explicaciones. Lo que ocurre es que las descripciones que el científico puede elaborar para explicar los hechos del mundo *no son infinitas*. La plasticidad interpretativa tiene unos límites de actuación no demasiados generosos. Por lo tanto, en un sentido fuerte, la comunidad científica no decide cuáles son los hechos, pero sí puede alcanzar un consenso temporalmente con respecto a cuáles son los hechos pertinentes y cómo deben ser descritos, dados ciertos presupuestos extra-epistémicos (González García *et al*, 1996, p. 51).

La articulación de modelos científicos proporciona marcos conceptuales a partir de los cuales organizar conjuntos laxos de observaciones, para interpretar de una determinada manera, entre las opciones que hay, la realidad. «Los modelos –escribe Hanson– nos sugieren ámbitos de explicaciones posibles y rutas hacia lo no sorprendente» (1977, p. 61).

Un modelo, aun el más «realista», no puede reproducir con exactitud el original (o no sería un modelo), de la misma manera que escudriñar un mapa lleno de símbolos y curvas de nivel no equivale a un viaje por el campo (Locke, 1997, p. 70). Los modelos tienden a destacar los rasgos fundamentales de lo que pretenden representar, *simplificando* el objeto de estudio (Fernández Buey, 1991, p. 146).

Considérese, por ejemplo, el *modelo psicohidráulico de Lorenz*. Se trata de un modelo analógico propuesto en 1950 por el etólogo Konrad Lorenz. Un *modelo analógico* o *estructural* es cualquier sistema material o proceso destinado a reproducir fielmente la estructura o trama de relaciones del original, en otro dominio (Black, 1966, p. 219). Como todo modelo analógico, el de Lorenz proporciona una hipótesis plausible (pueden existir otras, pero en

ningún caso serán infinitas), no la demostración taxativa de por qué las especies animales presentan pautas fijas de conducta (*op. cit.*, p. 220).

Supóngase el apareamiento de las gaviotas. Previo a la cópula, macho y hembra realizan un conjunto de movimientos prefijados, descrito por los etólogos con el término de *cortejo*. En el ritual de cortejo ambos individuos descargan energía, que, según el modelo de Lorenz, se irá acumulando como las gotas de agua lo hacen en un depósito. La presión del agua acumulada (la energía de acción específica sin liberarse) sobre la válvula de salida, acabará abriéndola (los estímulos desencadenantes). Finalmente, el agua se libera hacia otro depósito (la agrupación de actos) que presenta orificios a distintos niveles (las pautas fijas de acción) (Álvarez, 1994, pp. 29-31). Para explicar las pautas de conducta prefijadas genéticamente en el organismo, Lorenz recurre a la metáfora ingenieril del depósito o cisterna que desagua a varios niveles.

David Locke, en su libro *La ciencia como escritura*, resume con maestría la relación del modelo científico con la metáfora:

Todos los intentos de los científicos de hacer comprensible el mundo deben ser mediante modelos; no hay otra forma de trasladar el mundo al pensamiento. Lo representado sólo puede ser representado, y no conocido mediante percepción directa alguna. El poeta emplea también metáforas, no como adorno, no como formas elegantes de decir algo sencillo, sino porque no hay otra forma de decir lo que se ve. Para trazar lo inefable, el poeta y el científico sólo pueden metaforizar. [...] Así, ambos representan, pero lo hacen de diferentes maneras. La representación del poeta es ilusionista, experiencial y realista, pero ficticia; la del científico es diagramática, generalizada, incluso idealizada, pero (según su propio rasero) escrupulosamente verdadera (1997, p. 85).

El maridaje de conceptos dispares, de campos de estudio diferentes, hace del modelo científico un inestimable «instrumento especulativo» (*función heurística*), y un procedimiento idóneo para construir conocimiento (*función cognitiva*). El modelo saturnal del átomo de hidrógeno, el modelo estelar en capas de cebolla o el modelo del cerebro como un computador, pertenecen a esta clase.

ICONOS CULTURALES, DIVULGACIÓN, PUBLICIDAD Y CIENCIA

No es extraño que en la sociedad del conocimiento, en donde la tecnociencia ocupa un lugar preeminente, la *iconosfera* albergue un nutrido grupo de mensajes de origen científico. En determinadas ocasiones, estos verdaderos *iconos culturales* transmiten una imagen distorsionada o espuria de la ciencia, en el sentido de que no cuentan con la aquiescencia de la comunidad de científicos. Es lo que ocurre con las múltiples imágenes de la evolución humana como un progreso lineal, que se prodigan en los tebeos, la publicidad, el cine o, incluso, los medios de comunicación y las revistas de divulgación científica. Un reciente anuncio televisivo de la marca *Donuts* se basa en el estereotipo de la marcha del progreso humano desde especies simiescas hasta culminar en el *Homo sapiens*, el cual en un gesto de sabiduría eleva el dedo índice hacia el cielo para que se introduzca en él la succulenta rosquilla. La misma

imagen, sin su «carga publicitaria», se puede encontrar en un artículo divulgativo, publicado en la revista *Newton* (Caroppo *et al.*, 1998, pp. 16-17).

Estos iconos culturales son metáforas que se han «institucionalizado». Una metáfora verbal comienza como un hecho lingüístico singular. Más tarde, si la metáfora tiene éxito en la comunidad en la que se inserta, será repetida y empleada cada vez con mayor profusión. Conforme este proceso se desarrolla, la metáfora verbal tiende a la conceptualización, atenuándose su imagen asociada. Hasta que, por último, se transforma en «imagen muerta», o sea, en concepto, tecnicismo o palabra propia. Este proceso que se conoce con el nombre de *lexicalización* (Le Guern, 1990, pp. 93-100) también parece constatarse en el lenguaje icónico. Los iconos culturales funcionan, en cierto sentido, como las metáforas lexicalizadas de origen verbal, esto es, como imágenes que han cristalizado en el seno de una cultura, y cuyo mensaje, aunque la información científica implícita sea errónea, suele presentar escasos elementos ambiguos para el receptor. En la cultura popular, la imagen de la doble hélice del ADN, del gen en definitiva, es menos una entidad biológica que un icono cultural. La fascinación que produce saber que una pequeña molécula encierra los enigmas de la vida la ha convertido en un elemento cultural al que se recurre para justificar una cierta concepción de la naturaleza humana (Nelkin y Lindee, 1998, p. 71). Si tenemos en cuenta su carácter casi sagrado, su facilidad para ser representado (dos hebras entrelazadas), y su cómoda memorización, el gen es un candidato seguro en la carrera de la popularización. Sirve de comodín justificativo para tirios y troyanos. No sorprende que en las páginas de «Sociedad» del diario *El Mundo* (15 de marzo de 2000), aparezca el icono del ADN para ilustrar una noticia de política científica (la petición de Blair y Clinton para liberalizar los datos genéticos que se deriven del Proyecto Genoma Humano).

Otro tanto de lo mismo puede aplicarse a la famosa manzana de Newton. Con independencia de que sea una anécdota histórica o una mera leyenda, también se ha convertido en un icono cultural. La caída de la manzana hace comprensible lo que siempre ha sido un misterio y, además, revela que hasta los más geniales descubrimientos pueden tener humildes orígenes accesibles a mentes comunes (Drake, 1980, p. 107). En efecto, la imagen de la manzana cayendo sobre la cabeza de un Newton pensativo representa el triunfo de la Razón sobre la Naturaleza.

Antes de concluir este epígrafe nos gustaría señalar la relevancia que para la comunicación social de la ciencia y la tecnología tiene la imagen. La comunicación visual ayuda a clarificar datos, ilustrar conceptos y llamar la atención del público mediante el uso de un arsenal de herramientas (Trumbo, 1999: 421). Sin embargo, hay graves dificultades para representar la incertidumbre inherente a la ciencia.

En el periodismo científico, la *infografía* (diseño por ordenador de imágenes informativas) es un recurso muy útil y atractivo para acercar la ciencia a una audiencia no experta (Belenguer Jané, 1999). La estructura interna de órganos y artefactos tecnológicos, el mecanismo de acción de un fármaco, o la formación, desarrollo y extinción de un huracán, son

algunos de los aspectos tecnocientíficos que pueden ser tratados fácilmente con las técnicas infográficas.

No obstante, en bastantes ocasiones, como ha puesto de manifiesto Baeza (2001), el supuesto valor didáctico de las infografías o el valor referencial de las fotografías que utiliza el periodismo científico parece estar supeditado a la capacidad de producir espectáculo y más emotividad que información. La portada del reportaje titulado La llegada de los clones (*El País*, 12 de enero de 2003), acerca de la clonación humana y la secta de los raëlianos, está ilustrada con una recreación por ordenador en la que aparecen decenas de bebés exactamente iguales que eclosionan de cáscaras de huevo. De igual forma, la portada de *El País Semanal* del 1 de abril de 2001, titulada Clonación salvaje, es una composición fotográfica en la que pueden verse siete bebés idénticos (aunque en diferentes posturas) con un código de barras impreso en el pecho y con numeración correlativa. El valor pedagógico de estas imágenes es muy discutible; lo que sí consiguen a la perfección es apelar a las emociones al representar gráficamente el mito de la «copia exacta» (uniformidad genética y su relación con la eugenesia), tan común en las informaciones sobre la clonación (Alcíbar, 2004).

LA IMAGEN COMO PRUEBA CIENTÍFICA

El avance de la tecnología ha posibilitado construir con mayor definición las imágenes que maneja la ciencia. Las imágenes constituyen en multitud de ocasiones la «información crucial» que los científicos comunican a sus colegas (Ziman, 1981, pp. 85-88).

De las burdas imágenes de «animáculos» acuáticos de Van Leeuwenhoek, y de las lunas de Júpiter de Galileo, obtenidas con los primeros microscopios y telescopios, a las imágenes generadas por ordenador (imágenes sintéticas), «lo real» ha sido constantemente modelado por los científicos. Técnicas como la difracción de rayos X, la microscopía de resonancia magnética (MRM), la imaginería médica 3D, la tomografía axial computerizada (TAC), entre otras, han generado una enorme cantidad de información visual. Estas imágenes pretenden representar la realidad externa, pero la tecnología que las sustenta no es un mero intermediario neutral entre el sujeto perceptor y el objeto percibido, sino que se ha desarrollado usando criterios teóricos específicos.

A finales de 1997, el paleontólogo James O. Farlow y el escultor David A. Thomas (1998, pp. 36-41), a partir del estudio de las huellas fósiles (*icnitas*) dejadas por dinosaurios a orillas del río Paluxy, en Texas central, reconstruyeron por ordenador el ataque de un dinosaurio carnívoro bípedo a uno herbívoro cuadrúpedo. Como ellos mismos destacan en su artículo están «esculpiendo ciencia». La síntesis de imágenes por ordenador ha proporcionado un posible escenario ecológico para entender el comportamiento depredador que ostentaban criaturas de hace más de 100 millones de años. La teoría informática y la biomecánica constituyen el entramado teórico del que surgen y en el que se interpretan los resultados que se obtienen.

Esta y otras aplicaciones tecnológicas en la ciencia han permitido a los científicos utilizar las imágenes como confirmación de una realidad que se pretende certificar, es decir, se emplean con *valor probatorio*. A veces, estas imágenes no solo sirven de soporte al razonamien-

to o permiten el nacimiento de nuevas ideas, sino que también representan la única prueba documental de un fenómeno. En la ciencia, las teorías no suelen ser admitidas sin que medie alguna clase de confirmación empírica. Con las nuevas tecnologías, la imagen es, a menudo, el «producto final» de un largo proceso experimental, por lo que ella misma se convierte en prueba científica. Además, en muchas ocasiones, es la única posible. Es el caso de la topografía molecular de ciertas cavidades existentes en el plegamiento de las proteínas, que ha permitido elaborar una teoría de la reactividad química. Las imágenes resultantes de aplicar esta técnica son las fuentes principales del «descubrimiento», alimentan el pensamiento teórico y permiten «ver», incluso comprender, cosas que no hubieran sido ni siquiera imaginadas por los investigadores.

Uno de los casos históricos más conocidos es el de los cruciales experimentos que Rutherford realizó entre 1906 y 1908. Estos experimentos establecieron el concepto moderno de átomo. Antes de ellos ya se sabía que el átomo contenía dos partículas elementales: protón y electrón. Se sabía también que los electrones se desprendían con mucha más facilidad que los protones. Estos precedentes reanimaron la vieja controversia sobre la estructura del átomo. Así que para dilucidar la cuestión, Rutherford bombardeó con partículas alfa (muy energéticas) una lámina ultrafina de oro. La gran mayoría de los proyectiles atravesaron la lámina sin sufrir ninguna desviación en su trayectoria; sin embargo, algunas pocas partículas alfa sí se desviaron. En una placa fotográfica diana, situada detrás de la lámina metálica, Rutherford registró el impacto y las trayectorias de algunas partículas. Interpretó las desviaciones como el resultado del choque de las partículas con un núcleo denso formado por protones. A la vista de estos resultados, propuso que la estructura del átomo era análoga a un minúsculo sistema solar, en el que los electrones giran como diminutos planetas en el espacio vacío alrededor de un núcleo que semeja el sol. Así, una placa fotográfica con destellos impresos se convirtió en la prueba empírica de una determinada configuración atómica.

Otro caso emblemático es el del descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick, en 1953. Este importante avance en la biología se logró gracias al desciframiento de patrones muy perfeccionados de difracción de rayos X. Las imágenes de difracción revelan la estructura cristalina de las moléculas. Watson y Crick, jugando literalmente con *modelos tridimensionales*, sugirieron una estructura para el ADN que encajaba con el patrón espectral de difracción obtenido, que además les permitió explicar de una forma muy elegante fenómenos tan importantes como la replicación y la recombinación del material genético.

Las imágenes codificadas (como píxeles en una pantalla de ordenador, manchas y líneas en una placa fotográfica, o patrones de difracción de rayos X) favorecen, tras su descodificación, una suerte de *conceptualización de lo no visible*.

Recientemente, la revista *Science* ha publicado los resultados de una investigación en la que un grupo de científicos norteamericanos, mediante técnicas de tomografía computerizada, ha obtenido imágenes internas de la caja torácica de un dinosaurio. Para estos investigadores, las imágenes tridimensionales parecen indicar que el *Thescelosauro*, de 66 millones de años, albergaba un corazón homeotérmico, más parecido al de las aves y mamíferos que al de los reptiles (Rivera, 2000, p. 22). Parece claro que aquí las imágenes son utilizadas con

intención probatoria, asumiéndose tácitamente que éstas reproducen que lo que se muestra es «lo que realmente sucede en la naturaleza».

Adjudicar a la imagen categoría de «prueba científica» es una actitud heredera de la *imagen intelectualista de la tecnología*. En el ámbito académico la tecnología es considerada como ciencia aplicada, esto es, como conocimiento práctico que se deriva directamente del conocimiento teórico. Esta concepción intelectualista defiende que las teorías son conjuntos de enunciados que tratan de explicar con argumentos causales la realidad del mundo. La ciencia sería entonces una actividad que aplica criterios lógicos y empíricos (ajenos a cualquier condicionante exógeno a la propia actividad científica) para producir conocimiento objetivo, riguroso y fiable. Según esta concepción, en algunas ocasiones, las teorías pueden proporcionar los cimientos para edificar la tecnología, pero la ciencia siempre es autónoma respecto de ésta (González García *et al.*, 1996, pp. 128-130).

Se asume que las tecnologías y las «pruebas empíricas» que se obtienen de su aplicación son *neutrales*, pues únicamente son instrumentos que median entre el sujeto que las aplica y el objeto que se «descubre» (Collins y Pinch, 1996, p. 169). Sin embargo, como los hechos mismos (pruebas), las tecnologías que se utilizan para «descubrirlos» también están «cargadas de teoría». Las imágenes que proporcionan los aparatos tecnológicos no son objetivas. La discusión detallada de esto excedería con mucho los límites de este artículo, pero es preciso apuntar que cualquier artefacto tecnológico (aparato difractor de rayos X, tomógrafo computerizado, telescopio, etcétera) se construye siguiendo pautas teóricas establecidas dentro de un paradigma de pensamiento determinado (Lizcano, 1993, p. 69). Para diseñar, por ejemplo, un telescopio es necesario conocer la teoría electromagnética y las propiedades ópticas de los materiales: el instrumento tecnológico cobra así sentido y funciona en el seno del paradigma, según los parámetros determinados por esas teorías. La propia existencia de un paradigma determina los problemas que son pertinentes resolver y cuáles son los medios para lograrlo (Kuhn, 1997, p. 57). Consecuentemente, no puede esperarse que la tecnología proporcione «imágenes reales» del mundo natural, sino «imágenes impregnadas de teoría» de ese mundo.

BIBLIOGRAFÍA

ALCÍBAR, Miguel (2004): *Controversias tecnocientíficas y medios de comunicación: El caso de la clonación humana y los raelianos en El País*. Tesis doctoral inédita, Facultad de Comunicación, Universidad de Sevilla.

ÁLVAREZ, Fernando (1994): «Una historia de la Etología». En: CARRANZA, Juan (ed.): *Etología. Introducción a la Ciencia del Comportamiento*, Cáceres: Universidad de Extremadura, pp. 25-38.

BAEZA, José (2001): «Invocación y modelo. Las nuevas imágenes de la prensa», *Análisi*, 27, pp. 159-171.

BARNES, Barry y R. G. A. DOLBY (1995): «El ethos científico: un punto de vista divergente». En: IRANZO, Juan Manuel et al (comp.): *Sociología de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 33-51.

BELENGUER JANÉ, Mariano (1999): «La infografía aplicada al periodismo científico», *Chasqui*, nº 66, junio, pp. 27-30.

- BLACK, Max (1966): *Modelos y metáforas*, Madrid: Tecnos.
- BUNGE, Mario (1996): *Intuición y Razón*, Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- CARO, Paul (1997): «Las imágenes de ciencia», *Quark. Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, nº 9, octubre-diciembre, pp. 14-20.
- CAROPPO, Flavia; Lita SANTOCANALE RIGGIO y Simona VIGNA (1998): «Cómo éramos, cómo seremos», *Newton*, nº 1, mayo, pp. 16-35.
- COLLINS, Harry y Trevor PINCH (1996): *El gólem. Lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia*, Barcelona: Crítica.
- DRAKE, Stillman (1980): «La manzana de Newton y el Diálogo de Galileo», *Investigación y Ciencia*, nº 49, octubre, pp. 106-112.
- ECHEVERRÍA, Javier (1998): *Filosofía de la ciencia*, Madrid: Akal.
- FERNÁNDEZ BUEY, Francisco (1991): *La ilusión del método*, Barcelona: Crítica.
- FERNÁNDEZ-RAÑADA, Antonio (1995): *Los muchos rostros de la ciencia*, Oviedo: Ediciones Nobel.
- GONZÁLEZ GARCÍA, Marta I. ; José A. LÓPEZ CEREZO y José L. LUJÁN LÓPEZ (1996): *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Tecnos.
- GOULD, Stephen J. (1996): *La vida maravillosa*, Barcelona: Círculo de Lectores.
- GUBERN, Román (1996): *Del bisonte a la realidad virtual*, Barcelona: Anagrama.
- HANSON, Norwood R. (1977): *Observación y explicación: Guía de la filosofía de la ciencia*, Madrid: Alianza.
- HOLTON, Gerald (1993): «La imaginación en la ciencia». En: PRETA, Lorena (comp.): *Imágenes y metáforas de la ciencia*, Madrid: Alianza, pp. 29-58.
- KNIGHT, David (1988): *La era de la ciencia*, Madrid: Pirámide.
- KUHN, Thomas S. (1997): *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- LAKOFF, George y Mark JOHNSON (1987): «La estructura metafórica del sistema conceptual humano». En: NORMAN, D. A. (ed.): *Perspectivas de la ciencia cognitiva*, Barcelona: Paidós, pp. 233-247.
- LE GUERN, Michael (1990): *La metáfora y la metonimia*, Madrid: Cátedra.
- LIZCANO, Emmánuel (1993): «La ciencia, ese mito moderno», *Claves de Razón Práctica*, 32, pp. 66-70.
- LOCKE, David (1997): *La ciencia como escritura*, Madrid: Cátedra.
- MORIN, Edgar (1998): *Introducción al Pensamiento Complejo*, Barcelona: Gedisa.
- NELKIN, Dorothy y M. Susan LINDEE (1998): «Del gen como icono cultural», *Mundo científico*, nº 194, octubre, pp. 71-74.
- PENROSE, Roger (1996): *La nueva mente del emperador*, Barcelona: Círculo de Lectores.
- RIVERA, Alicia (2000): «Hallado en un dinosaurio un corazón propio de un animal de sangre caliente», *El País*, viernes 21 de abril, p. 22.
- SABATER PI, Jordi (1997): «Dibujo y Ciencias Naturales», *Quark, Ciencia, Medicina, Comunicación y Cultura*, nº 9, octubre-diciembre, pp. 21-24.
- THOMAS, David A. y James O. FARLOW (1998): «Reconstrucción del ataque de un dinosaurio», *Investigación y Ciencia*, nº 257, febrero, pp. 36-41.
- TRUMBO, Jean (1999): «Visual Literacy and Science Communication», *Science Communication*, 20 (4), pp. 409-425.
- WARTOFSKY, Marx W. (1983): *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Madrid: Alianza Universidad Textos.
- WOOSLEY, Stand y Tom WEAVER (1989): «La gran supernova de 1987», *Investigación y Ciencia*, nº 157, octubre, pp. 18-27.
- ZIMAN, John (1981): *La credibilidad de la ciencia*, Madrid: Alianza.

