

**UNA PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS DE LAS *IMÁGENES*  
*CIENTÍFICAS* EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO:  
UNA APROXIMACIÓN SOCIO-EPISTEMOLÓGICA**  
María Luisa Ortega

**MARÍA LUISA ORTEGA**

DEPARTAMENTO DE LINGÜÍSTICA, LENGUAS MODERNAS,  
LÓGICA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA, INSTITUTO DE  
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE MADRID.

(E-MAIL: [marialuisa.ortega@uam](mailto:marialuisa.ortega@uam))

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar algunas líneas teóricas y metodológicas que exploran formas alternativas de pensar la imagen y sus potencialidades en la construcción y comunicación del conocimiento científico. Nuestra propuesta parte de la reflexión del docente acerca del papel desempeñado por la imagen en la construcción del conocimiento, planteando una aproximación multidisciplinar. Ella puede resumirse en tres ejes de reflexión y análisis: la imagen científica, su especificidad y tipología; la evolución de las disciplinas y la evolución de los soportes de construcción y circulación de imágenes; y los usos de las imágenes en diferentes contextos de la práctica científica. Se explican detalladamente estos tres ejes de reflexión.

**PALABRAS CLAVES:** Imágenes, conocimiento científico, imagen científica.

## ABSTRACT

*The objective of this work is to present some theoretical and methodological lines which explore alternative forms of thinking the image and its potentialities in the process of construction and communication of scientific knowledge. Our proposal starts from the teacher's reflection about the role of the image in the construction of the knowledge, posing a multidisciplinary approach. It can be summarized in three topics of reflection and analysis: the scientific image, its specificity and typology; the evolution of disciplines and the evolution of the supports of construction and circulation of images; and the uses of those images in different contexts of the scientific practice. These three topics of reflection are explained in detail.*

**KEY WORDS:** *Images, scientific knowledge, scientific image.*

Son muchos los tópicos habitualmente manejados cuando se plantea la introducción de documentos visuales y audiovisuales en educación. Desde hace décadas se reincide una y otra vez en la fractura entre una sociedad dominada por la imagen y la comunicación audiovisual y el carácter logocéntrico de la academia que se reduplica en los ámbitos docentes. Se insta a los docentes, dada la iconosfera en la que están inmersos los estudiantes, a recurrir a brillantes productos audiovisuales como instrumentos para tragar la amarga píldora, sobre todo, de la ciencia, imitando las prácticas de los medios de comunicación. Los modernos sociólogos y epistemólogos de la ciencia han señalado lo errado de dicho planteamiento mostrando que la propia estructura del saber otorga el tejido sobre el que construir formas de comunicación científica sin traicionar ni a la comunicación ni a la ciencia.<sup>1</sup> Y muy cercano a ese planteamiento estaba, cómo no citarlo en este contexto,<sup>2</sup> la ponencia que en el I Congreso Nacional de Educación y Cultura (La Habana, 1971) y bajo el título *Para una definición del documental didáctico* presentaron Estrella Pantín, Julio García Espinosa y Jorge Fraga, donde leemos: *«El documental didáctico debe romper de una vez con esta retrógrada tradición, y poner en su filosofía el principio de que no hay temas “áridos” ni temas “pesados”, y sospechar que cuando el interés falta en el resultado, la mayoría de las veces, o quizás siempre, es que el interés falta en quien lo realiza. El mayor interés de un tema está en el mismo tema, en su contenido, su historia, en sus vínculos con las necesidades de la vida. Los recursos formales deben ser derivados del tema y puestos a sus servicio. Es la vieja exigencia moral de unidad entre el contenido y la forma».*<sup>3</sup>

No es nuestro propósito aquí plantear una discusión general en torno al lugar de los recursos visuales y audiovisuales en la educación, lo que nos forzaría a caer en lugares comunes sin aportar gran cosa a nivel teórico o metodológico. Frente a ello nos proponemos presentar

1 Véase, por ejemplo, el sugerente texto, redactado a modo de manifiesto, de François Bastide, Denis Guedj, Bruno Latour e Isabelle Stenger, «Le résistant objet des films scientifiques». En *Dossiers de l'audiovisuel. Science et Télévision*, N° 31, mayo-junio 1990, pp. 24-26.

2 Congreso Internacional Redford Educación, Formación y Desarrollo (La Habana, 22 y 23 de marzo de 2001).

3 PANTÍN, Estrella, GARCÍA ESPINOSA, Julio y FRAGA, Jorge, «Para una definición del documental didáctico», texto reproducido en Joaquim Romaguera i Ramio y Homero Alsina Thevenet (Eds.), *Textos y manifiestos del cine* (Madrid, Cátedra, 1993), pp. 176-182.

algunas de las líneas teóricas y metodológicas que hemos venido trabajando en la formación de profesores en la Universidad Autónoma de Madrid y que exploran formas alternativas de pensar la imagen y sus potencialidades en la construcción y comunicación del conocimiento científico.<sup>4</sup>

Junto a enfoques tradicionales en la formación de profesorado, donde la inscripción de documentos visuales y audiovisuales en el contexto de enseñanza-aprendizaje se realiza desde planteamientos eminentemente instrumentales al servicio de la efectividad, bien desde la didáctica específica de cada disciplina o desde la tecnología educativa, nuestra formación de profesorado ha incorporado además un espacio para reflexión sobre el papel de la imagen y lo audiovisual en las prácticas científicas y la comunicación de conocimientos por ellas generados. Nuestra propuesta toma como punto de partida la necesidad de que el profesor, formado como experto en su disciplina, reflexione sobre el papel que las imágenes desempeñan en la construcción y comunicación del conocimiento de la misma, entendiendo esta reflexión como una fase previa e imprescindible para diseñar estrategias de introducción de los documentos visuales en el aula u otros contextos educativos.

Se trata, pues, de dotar a los futuros docentes de herramientas para el análisis de la naturaleza y especificidad, del funcionamiento comunicativo y los procesos de comprensión de las imágenes en las ciencias. Y para ello planteamos una aproximación multidisciplinar que incorpora los resultados de investigaciones procedentes de campos tan diversos como la sociología del conocimiento científico, las teorías de la comunicación científica, tanto de carácter sociológico como semiológico, la historia y la epistemología de las ciencias o los estudios cinematográficos y las teorías de la comunicación y de la imagen, especialmente aquellos que han profundizado en los procesos de recepción y construcción de significación en los espectadores.

Pasaremos pues a explicitar algunas de nuestras líneas de trabajo con futuros docentes, donde hemos optado por circunscribir nuestra

<sup>4</sup> Esta labor de formación estrechamente vinculada a la investigación se ha materializado en diversos cursos impartidos por la autora de este trabajo y que se ofertaban como asignaturas optativas del programa de posgrado FIPS (Formación Inicial del Profesorado de Secundaria) del Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Madrid.

exposición a los aspectos específicos que tratamos con profesores de ciencias experimentales, físicas y naturales, aunque aplicamos una metodología similar con futuros docentes en ciencias sociales y humanidades. Estas líneas de trabajo podrían resumirse en tres ejes de reflexión y análisis que suponen acercamientos sucesivos expositivamente, que no analíticamente, porque con cada uno enfrentamos problemas parecidos pero desde diferentes perspectivas:

1. La imagen científica: su especificidad epistemológica y social frente/junto a otras funciones y valores de los documentos visuales (simbólicos, estéticos, etc.) y sus tipologías (desde las representaciones naturalistas a los modelos visuales de carácter teórico).
2. El papel de la imagen en la construcción y comunicación del conocimiento científico a través de una aproximación histórica que analiza la progresiva aparición de diferentes recursos visuales y convenciones de representación en función de los marcos de desarrollo de las disciplinas y de la aparición de técnicas de producción y reproducción de las imágenes que condicionan el carácter de las mismas y sus potencialidades epistemológicas y comunicativas (dibujo, grabado, fotografía, imagen en movimiento, registros visuales, infografía, etc.)
3. Los usos de las imágenes científicas en diferentes los contextos de la práctica científica: la comunicación especializada, la divulgación de alto nivel, la divulgación general, la comunicación mediática y la educación,<sup>5</sup> señalando sus similitudes y diferencias.

Antes de iniciar la somera presentación del contenido de los tres ejes, permítasenos una aclaración teórico-metodológica. Nos ubicamos en un marco teórico multidisciplinar que, en lo que al problema de la interpretación iconográfica se refiere, asume y se sitúa por encima del estudio de la percepción a nivel psicológico y que, en lo referente a su inscripción en los procesos de enseñanza-aprendizaje, pretende ser previa

<sup>5</sup> Sobre la aproximación a la comunicación como concepto para trabajar con futuros profesores de ciencias, véase nuestro artículo «La naturaleza de la ciencia y formación del profesorado: reflexiones desde los estudios sobre la ciencia». En *Tarbiya*, Revista de Investigación e Innovación Educativa (Nº 24, enero-abril 2000), pp. 5-18.

y condicionante de la reflexión didáctica. Y hablamos de un enfoque socio-epistemológico porque consideramos que la relación entre la imagen y la construcción/comunicación del conocimiento en la educación contemporánea se debe plantear desde un marco general cercano a la sociología del conocimiento y tomando como punto central dos contextos de determinación de lo cultural. En primer lugar, nuestro contexto social contemporáneo marcado por la cultura occidental moderna en cuyo seno se legitima epistemológica y socialmente la imagen como vehículo cognitivo asociándole valores de acceso a lo real y de universalidad que harán posible, en muchos casos, su uso retórico como la prueba de existencia, en otros, como sustitución. En segundo lugar, la fractura entre la cultura del experto y del novato en lo que a la interpretación de las imágenes manejadas por las disciplinas se refiere como punto clave para plantear cómo operar con las representaciones visuales en educación, una fractura que se manifiesta en dos niveles: a) una fractura epistemológica referida al diferente bagaje de conocimientos y b) una fractura social, la del diferente bagaje iconográfico, porque son las prácticas sociales del experto (su manejo constante de imágenes en un contexto de formación e investigación) las que la determinan.

### 1. LA IMAGEN CIENTÍFICA: ESPECIFICIDAD Y TIPOLOGÍA

Nuestro primer eje de reflexión es el concepto mismo de la imagen en ciencia, de la imagen científica. El primer acercamiento a su especificidad es considerar a la imagen científica como el resultado de un proceso histórico y social por el que se dota a la representación visual —frente a otras funciones y valores de la imagen de carácter estético y simbólico—, de una legitimación epistemológica, vinculada a la construcción y la comunicación del conocimiento.

El punto de inflexión que posibilita que esta nueva potencialidad comunicadora y epistémica de la imagen se convierta en hegemónica se sitúa en torno a los albores de la Modernidad gracias a la confluencia varios factores tecnológicos y socio-epistemológicos:<sup>6</sup> 1) la invención

---

<sup>6</sup> Este planteamiento apoya su formulación en los trabajos realizados en un ámbito de investigación cuyo objeto de estudio ha sintetizado Régis Debray en la etiqueta «tecnologías

de la perspectiva (pictórica y científica), es decir, la invención de un primer código de racionalización de la representación de los objetos en el espacio; la invención y expansión de la imprenta, es decir, la aparición de una técnica para reproducir de forma exacta las representaciones visuales permitiendo su estandarización y su legitimación como vehículo para la acumulación del conocimiento (así como su dislocación espacio-temporal que permite la comparación). La existencia de un proceso técnico de reproducción es fundamental por la naturaleza de la comunicación visual frente a la verbal, donde las modificaciones del trazo, a diferencia de la escritura, modifican el significado; 3) la retórica de la ciencia moderna que traslada la legitimación del conocimiento desde las fuentes de autoridad clásicas a la naturaleza y a la razón; 4) y finalmente, la dignificación que desde las artes plásticas se realiza de la pintura como digna de representar, mejor que la palabra, las obras de la naturaleza.

Como segundo acercamiento, planteamos el problema general de la representación iconográfica, el ver y el representar en las ciencias, como un proceso complejo en el que están imbricados elementos epistemológicos –de conocimientos previos y asunciones teóricas–, así como de cultura visual, y donde la historia de las ciencias y la educación pueden darse la mano como herramientas de reflexión.

Pongamos un caso para la apreciación de estas cuestiones. En 1609 había dos hombres mirando la Luna a través de un nuevo invento, el telescopio. El primero, era el matemático, cartógrafo y astrónomo Thomas Harriot; el otro, Galileo Galilei, por entonces profesor de matemáticas en la Universidad de Padua. Ambos veían sombras y líneas quebradas en los límites de la iluminación del Sol, pero sólo Galileo consiguió interpretar aquellas sombras e irregularidades de la superficie

---

intelectuales» (*Introducción a la mediología* (Barcelona, Paidós, 2001, p.221). Citaremos algunas de las obras sobre las que se basa directamente el enfoque aquí esbozado del encuentro histórico entre imagen y conocimiento: Elizabeth Eisenstein, *La revolución de la imprenta en la Edad Moderna* (Madrid, Akal, 1994; edición traducida y modificada de *The Printing Press as an Agent of Change*, Cambridge, Cambridge University, 1979); William M.Ivins, *Imagen impresa y conocimiento* (Barcelona, Gustavo Gili, 1975; edición original *Prints and Visual Communication*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1953) y *On the Rationalization of Sight* (Nueva York, Plenum Press, 1973); Bruno Latour, «Drawing things together». En Michael Lynch y Steve Woolgar, *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, Mass., MIT Press, 1990), pp.19-68.

como montañas y cráteres gracias a dos factores: primero, a una ruptura epistemológica con la física aristotélica y la cosmología ptolemaica (la adopción del copernicanismo implicaba desterrar la separación entre universo sublunar, la Tierra como ámbito de lo corruptible y lo imperfecto, y el universo de las esferas celestes, ámbito de lo perfecto y de lo incorruptible); segundo, su familiaridad con las técnicas pictóricas le permitió interpretar los contrastes de luz y oscuridad en términos de protuberancias y depresiones de esferas reticuladas (su primer empleo, con 25 años, había sido como profesor de matemáticas –geometría y perspectiva– en la Academia de Diseño creada por Vasari en Florencia en 1562). Sus dibujos de la Luna se difundirán como grabados en *Siderius Nuncius* (1610) exagerando el paisaje lunar a propósito. Harriot, al repetir sus observaciones después de leer a Galileo, verá y representará cráteres y montañas: una vez convertido a un nuevo modo de mirar, veía algo diferente en la misma Luna.<sup>7</sup>

Clive Sutton, un teórico de la enseñanza de las ciencias, nos ofrece un problema que podemos ver en analogía con el ejemplo histórico señalado y que apunta de nuevo a la necesidad de educar la mirada. Al demandar a sus alumnos de secundaria dibujar, frente a la disección de una rata, el aparato digestivo, Sutton conseguía tan sólo representaciones donde se potenciaban contornos generales y rasgos estructurales de la observación del cuerpo del animal abierto que nada tenían que ver con la tarea demandada. Los alumnos no conseguían aislar la información visual relevante, y por tanto eran incapaces de representar lo que se les solicitaba. Tan sólo después de canalizar la mirada a través de la palabra («seguí el recorrido de la comida») y de otras imágenes (observando y copiando las representaciones del libro), el profesor conseguía dibujos aceptables de lo que el alumno debía «ver» y «representar».<sup>8</sup>

El futuro docente debe, por tanto, tener presente que la interpretación de una imagen científica (al igual que de una observación) no es un proceso inmediato, que requiere tanto de un conocimiento previo como de una iniciación en la cultura científica, entendiendo por

---

7 HOLTON, Gerald. «La imaginación en la Ciencia». En Loreta Preta, *Imágenes y metáforas de la ciencia* (Madrid, Alianza Editorial, 1993), pp.29-58

8 SUTTON, Clive R. *Words, Science and Learning* (Buckingham, Open University Press, 1992), p. 36.

ello el comenzar a «mirar» de forma más cercana a como mira un experto frente a un novato, al igual que Harriot aprendió a mirar dentro del nuevo paradigma científico. En este sentido, la analogía entre el cambio científico en la historia de la ciencia y el cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias no es despreciable como herramienta heurística y de reflexión para el futuro profesor; una analogía que ya utilizara Thomas Kuhn en su *Estructura de las Revoluciones Científicas*: «Lo que antes de la revolución [científica] eran patos en el mundo del científico, se convierte en conejos después. El hombre que veía antes el exterior de la caja desde arriba, ve ahora su interior desde abajo. Las transformaciones como éstas, aunque habitualmente más graduales y casi siempre irreversibles, son acompañantes comunes de la preparación de los científicos. Al mirar el contorno de un mapa, el estudiante ve líneas sobre un papel, mientras el cartógrafo ve la fotografía de un terreno. Al examinar una fotografía de cámara de burbujas, el estudiante ve líneas interrumpidas que se confunden, mientras el físico un registro de sucesos subnucleares que le son familiares. Sólo después de cierto número de esas transformaciones de la visión, el estudiante se convierte en habitante del mundo de los científicos, ve lo que ven los científicos y responde de la misma forma que ellos».<sup>9</sup>

La complejidad de la lectura y la interpretación de la imagen científica responde, por una parte, a que está construida partiendo de asunciones y convenciones teóricas fuertemente radicadas en la disciplina y que se han interiorizado por el experto de forma que parecen naturales y no convencionales; por otra parte, sobre todo cuando se trata de imágenes naturalistas, utiliza convenciones compartidas por la sociedad y la cultura en la que se producen que le permiten representar «verosímilmente» y aparentar ser representaciones directas de lo real; pero este tipo de convenciones socio-culturales (que incluyen lo que la semiótica denomina como sistemas semi-simbólicos) nos harán interpretar determinados elementos de la imagen en términos no adecuados, produciendo interpretaciones no siempre correctas desde el punto de vista de la ciencia. Pensemos en la perspectiva como convención cultural interiorizada por la cual interpretaremos ciertas distribuciones (arriba/abajo) y tamaños de objetos en el espacio del plano en términos de lejanía y cercanía respecto al

<sup>9</sup> KUHN, Thomas S. *La Estructura de la revoluciones científicas* (México, Fondo de Cultura Económica, 1975), pp. 176-177.

observador y los contrastes entre luces y sombras como indicadoras de volúmenes.<sup>10</sup> Y pensemos en algunas imágenes científicas, como una fotografía de microscopio electrónico donde en muchos casos podremos «girar» 90 o 180 grados la imagen sin que su significado se vea alterado y donde la apariencia de volúmenes y distanciamiento del fondo se gradúa libremente.

Del mismo modo, preconcepciones culturales y sociales, como las asociadas a la fotografía, llevan también a que apliquemos a imágenes que «no representan objetos» el mismo tipo de lectura naturalista: una fotografía de una cámara de burbujas representa huellas y rastros de partículas, el resultado de una acción o un comportamiento, y no un objeto como las fotografías que acostumbramos a consumir en la vida cotidiana social y cultural.

En este sentido, podríamos acercarnos a una definición de la imagen científica haciendo una reinterpretación de la diferenciación que Umberto Eco hiciera entre obras abiertas y obras cerradas.<sup>11</sup> La imagen científica sería una obra cerrada en la medida en que su significado pretende ser unívoco, su constructor/emisor espera que el lector interprete la significación de sus elementos y de la estructura que representa en los mismos términos que él le ha otorgado. Así, si las obras abiertas que caracterizan ciertas prácticas artísticas son más ricas y mejores cuanto más número de interpretaciones consigan generar en el espectador, la imagen científica como obra cerrada será mejor en la medida en que consiga comunicar el conocimiento vinculado a procesos y fenómenos de forma unívoca y sin ambigüedades, cerrando rutas a interpretaciones alternativas. El docente deberá familiarizarse con ello porque será tarea suya seleccionar aquellas imágenes que generen menos «lecturas aberrantes»<sup>12</sup> —interpretaciones no deseadas— en los no expertos o canalizar su mirada para evitarlas.

---

10 Acerca de cómo la no utilización de sistemas semi-simbólicos en las imágenes científicas condicionan sustancialmente los problemas de interpretación de las mismas por los no iniciados, véase François Bastide, «Iconographie des textes scientifiques» (*Culture Technique*, N° 14, 1984, pp.134-151), reeditado en versión inglesa como «Iconography in scientific texts: principles of analysis». En Michael Lynch and Steve Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, The MIT Press, 1990), pp.187-229.

11 ECO, Umberto, *Opera aperta* (1962), citada por la traducción castellana *Obra abierta* (Barcelona, Ariel, 1979).

12 Algunos de los resultados de una magnífica investigación que parte del concepto de lectura aberrante para estudiar el papel de los documentos audiovisuales en la enseñanza, especí-

Respecto a este problema, no todas las imágenes que producen y utilizan las ciencias son igual de complejas en su interpretación. Podemos construir una tipología de representaciones científicas<sup>13</sup> en función de su progresivo alejamiento iconográfico respecto al referente —a lo que representa— y del grado de complejidad en su interpretación, tipología construida a partir de las imágenes que realmente son utilizadas en los textos —o en otros soportes de difusión— de diverso grado y nivel comunicativo.

En primer lugar encontraríamos imágenes naturalistas, imágenes iconos, que representan objetos y procesos concretos. Dentro de este apartado, la fotografía tradicional (o el registro cinematográfico o videográfico) presenta el mayor grado de iconicidad y de dependencia mimética respecto a lo representado así como de concreción: representan un único individuo, objeto o proceso en un momento determinado. No obstante, podrán funcionar como imágenes con un valor más abstracto y genérico, esto es, como representaciones de un tipo o categoría de objetos o procesos gracias al contexto comunicativo en el que se utilicen y los elementos de anclaje del significado (sobre todo verbales) que los acompañen (pensemos en el pie de foto que los acompaña o en su ubicación espacial e intertextual en un espacio escriptovisual determinado). Sus potencialidades de comunicación a nivel epistémico están vinculadas eminentemente a su capacidad de reproducción de colores, texturas, etc., requeridas para la

ficamente en la enseñanza de la antropología, puede verse en Wilton Martínez, «Estudios críticos y antropología visual: lecturas aberrantes, negociadas y hegemónicas del cine etnográfico». En Elisenda Ardévol y Luis Pérez Tolá (Ed.), *Imagen y cultura: perspectivas del cine etnográfico* (Granada, Diputación Provincial de Granada, 1995), pp. 263-400.

- 13 La tipología así como las reflexiones respecto al análisis de sus características, funciones y complejidad de interpretación poseen deudas teóricas y metodológicas con trabajos como el artículo de François Bastide antes citado y otros como Michel Cloître y Terry Shin, «Expository Practice: Social, Cognitive and Epistemological Linkage». En Terry Shinn y Richard Whitley (Eds.), *Expository Science: Forms and Functions of Popularisation* (Holanda, Dordrecht, 1985. Colección: Sociology of the Science, Volumen IX), pp.31-65; Anne-Marie Drouin, «Des images et des Sciences». En número monográfico «Communiquer les sciences» de ASTER. *Recherches en didactique des sciences expérimentales*; Michael Lynch, «Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility», *Social Studies of Science* (vol.15, 1985), pp.37-66 y «The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life science». En Michael Lynch y Steve Woolgar (Eds.), *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, Mass., MIT Press, 1990), pp. 153-186.

identificación de lo representado en el mundo natural o en otras reproducciones. El dibujo, por su parte, representa un grado ulterior de abstracción representativa. Manejando con mayor determinación convenciones de la disciplina desde la que se produce, permite la depuración de rasgos individuales para mostrar los rasgos genéricos que caracterizan estructuralmente los fenómenos representados.

En segundo lugar encontramos un abanico de representaciones ya dependientes fuertemente del marco conceptual disciplinar y que van desde los esquemas explicativos—donde se representan características estructurales de objetos y procesos con apoyo de la palabra u otros elementos convencionales que explicitan relaciones entre objetos y fenómenos o mecanismos de transformación o evolución en un proceso susceptible de ser representado ahora en una sola imagen— hasta los diagramas y los modelos conceptuales donde pueden perderse totalmente las correlaciones de representación espacial y física con el referente, una vocación que aún mantenía el esquema. Pasamos, pues, a un dispositivo de visualización de conceptos y entidades teóricas donde la espacialidad de la representación —la distribución de elementos y los signos que los vinculan en el plano— pueden o no corresponder a la de lo representado, o hacerlo en diferente grado de exactitud en relación con la interpretación física del fenómeno. Pensemos en la diferencia entre un diagrama de fuerzas —o en un modelo teórico como el manido ejemplo del modelo atómico de Bohr— y un diagrama conceptual.

Estas primeras modalidades de representación son las más utilizadas en los textos de carácter pedagógico y en revistas destinadas a servir como vehículos de comunicación entre miembros de la comunidad científica pertenecientes a diferentes disciplinas o especialidades. En el caso de los últimos, poseen la capacidad de transmitir a un mismo tiempo categorías teóricas e información visual, aunque algunas veces el recurso a la analogía visual con otros fenómenos conocidos puede llevar a una interpretación reificada no siempre conveniente en determinadas fases del proceso de aprendizaje.

Con la siguiente categoría de herramientas de visualización, los gráficos y las tablas —e imágenes que no remiten a significados espaciales, como escalas de temperatura—, rompemos con la gradación icónica, puesto que nos hallamos ante una concepción radicalmente diferente del «representar»: objetos y procesos serán representados por las variables que los caracterizan y por valores numéricos que cartografiaban su constitución y

su actuación, y hacen visibles y presentes realidades difícilmente aprehensibles. Sólo para el experto una casilla vacía en una tabla o una peculiar distribución de una nube de puntos en un gráfico «representará», hará visible en sentido fuerte y de un golpe de vista, un fenómeno del mundo natural. Por ello, el espacio comunicativo privilegiado de estas representaciones es el de los textos que circulan entre sectores especializados.

Los textos nos ofrecen igualmente registros fotográficos (o infográficos) procedentes de instrumental de alta tecnología donde están presentes dos sistemas de convenciones: la impuesta por el instrumento de visualización y la de su plasmación fotográfica (colores y formas en muchos casos arbitrarios). Corresponda o no su forma con las características de distribución espacial del fenómeno representado, representan algo que el ojo humano nunca podría percibir. Su mediación como agentes de la visión puede consistir en la mera prolongación de las capacidades visuales humanas, o ir más allá gracias a técnicas especiales de observación, registro y detección—de objetos y procesos, de sus huellas y o los indicios de su existencia— a través de la apertura a otras escalas del espacio o del tiempo, o gracias a herramientas de simulación (similares al valor de representación de gráficos y tablas, pero con una potencia de «hacer visible y presente» mayor). Sin duda, son las representaciones que más dificultades entrañan en su interpretación, que requieren para su adecuada interpretación el conocimiento de los instrumentos de visualización con las asunciones teóricas que los legitiman como «representaciones del mundo», y por ello son objeto habitual, incluso de debate, en la comunicación especializada. Pero, como cabría esperar por su potencialidad estética, también son las más utilizadas en soportes de divulgación destinados a amplios públicos, lo cual genera interesantes interrogantes para el investigador sobre el valor que estas imágenes, reubicadas sin traducción y trasladadas directamente del laboratorio a los ámbitos de lo popular, adquieren en la cultura contemporánea en nuestras sociedades occidentales.

Los rasgos someramente indicados de cada uno de estos sistemas representativos empleados por la ciencia deben condicionar los usos educativos de dichos tipos de imágenes y la secuenciación según los niveles, del mismo modo que deben contemplarse estrategias posibles para evitar lecturas aberrantes y vías que permitan «cerrar» su significación. Sin espacio en este contexto para ulteriores comentarios, indicaremos, no obstante, algunas de ellas: 1) utilizar cuando sea posible

la producción de la imagen, funciones de depuración de elementos no relevantes teniendo en cuenta las preconcepciones antes indicadas; 2) presentar y construir series de imágenes que permitan acotar estas interpretaciones (aislar elementos relevantes de la abundante información visual), tales como series de focalización (mostración progresiva de un objeto en su contexto), de puesta en perspectiva (mostrando fases distanciadas en el tiempo del desarrollo de un proceso) o series que combinan imágenes concretas (fotografías complejas) con otras de carácter más abstractos (dibujos y esquemas estructurales); 3) el uso de la palabra como anclaje del significado de la imagen, teniendo en cuenta que dicho anclaje puede servir a diferentes propósitos: a) generalizar el significado de ciertas imágenes concretas (por ejemplo, una fotografía como ilustración no de un ejemplar concreto sino como representante de una categoría) b) aislar los elementos relevantes en la imagen centrandolo en ellos y en sus rasgos la atención.

## 2. LA EVOLUCIÓN DE LAS DISCIPLINAS Y LA EVOLUCIÓN DE LOS SOPORTES DE CONSTRUCCIÓN Y CIRCULACIÓN DE LAS IMÁGENES

El segundo eje de reflexión, o la segunda perspectiva (el orden expositivo no supone una jerarquización analítica), por la que intentamos acercar al docente al problema de la imagen científica aborda dos cuestiones analíticamente diferentes pero que presentamos vinculadas:

1. *El problema de la evolución de las disciplinas científicas en relación con la aparición de diferentes paradigmas visuales en una misma ciencia.* Queremos con ello mostrar cómo el marco teórico y metodológico en el que se desarrolla una disciplina determina el valor y la función de las representaciones visuales, y nada mejor para ello que un breve acercamiento al desarrollo histórico de las ciencias (relevante en otro orden de cosas para la enseñanza de las ciencias).
2. *La evolución de las técnicas de producción y reproducción de imágenes nos acercan a otros problemas.* Nos referimos a cuestiones tales como lo que supone la aparición de las técnicas de registro automático y reproducción visual no mediada de la realidad (como la fotografía o el cine) donde la desaparición de la mano del hombre

como mediadora pretende ser un punto de inflexión importante, aunque no tan crucial como habitualmente se presenta; o cómo la introducción de otras formas de registro automático de fenómenos naturales (cardiógrafos, miógrafos, registros espectrales, registros fotográficos producidos por otros aparatos de medición) y de imágenes infográficas significa la aparición de un tipo de representación visual que, como los gráficos y las tablas, guardan una relación con lo representado de carácter diferente.

Si ponemos en relación esta evolución de los soportes con el desarrollo de las disciplinas podemos reflexionar sobre el hecho de que el uso de un nuevo dispositivo de visualización está condicionado por lo que éste ofrece a una ciencia, y analizar por qué unas, y no otras ciencias o disciplinas, comenzaron inmediatamente a utilizar, por ejemplo, la fotografía o el cine como instrumentos de investigación y de comunicación de resultados.

No podemos aquí entrar en una descripción ya no prolija, sino si siquiera algo detallada, por lo que hemos optado por enunciar tan sólo unos ejemplos que, a modo de paradojas, fuerzan a la reflexión sobre estos aspectos.

Así, tomemos como ejemplo la historia natural, disciplina en la que, desde los siglos XV y XVI, fue siempre central el papel de la imagen en las tareas de descripción, reconocimiento y clasificación de especies. Los diferentes marcos teóricos en los que se desarrollaron durante casi cuatro siglos los trabajos de los naturalistas determinaron poderosamente las características de las representaciones (esquematismo o proliferación de detalles, jerarquización y relevancia de los elementos morfológicos, la presencia del entorno, la importancia del color, etc.)<sup>14</sup>, sus valores y sus funciones en la construcción y la comunicación del conocimiento: abrazar unos u otros sistemas de clasificación, con unos

<sup>14</sup> En este caso, la influencia de los estilos artísticos en el dibujo y en el grabado fue durante mucho tiempo igualmente relevante, incluso condicionó las formas en las que se construyó el saber en estas ciencias naturales. Trabajar estos aspectos con los futuros profesores de ciencia tiene el valor añadido de favorecer el acercamiento entre las ciencias y las humanidades como formas culturales.

u otros parámetros de jerarquización morfológica, practicar la botánica de forma dependiente o independiente de la medicina (proceso que marca su desarrollo entre el XVII y el XVIII), todo ello condicionaba el valor de las representaciones visuales en la construcción y comunicación de conocimientos, así como las características que éstas adoptaban.<sup>15</sup> Si seguimos la evolución de la práctica científica que estudia el mundo vegetal, podremos observar cómo los desarrollos en botánica en el siglo XIX conducirán a que un tipo de imágenes —aquellas que describen y clasifican las especies vegetales— cedan paso a otras como paradigmáticas de un quehacer, precisamente en el momento en que aparece un nuevo marco disciplinar y teórico: la biología, fractura que implica el paso de una ciencia descriptiva a una ciencia experimental donde la investigación fisiológica se convierte en central porque ahora el objeto de estudio es la vida. El cambio produce una nueva hegemonía visual dominada por otro tipo de representaciones: dibujos y fotografías micrográficas de tejidos y estructuras celulares, o registros de diferente naturaleza, como los que nos ofrecen los trabajos en fisiología vegetal del botánico alemán Wilhelm Pfeffer, con las representaciones del movimiento nocturno de las plantas en forma de gráfico obtenidas con su dispositivo de autorregistro<sup>16</sup> y con las filmaciones cinematográficas que realizara entre 1898 y 1900 de diferente tipos de movimientos de vegetales, germinaciones y crecimientos geotrópicos, unas imágenes que utilizando las nuevas potencialidades técnicas del dispositivo cinematográfico —la proyección acelerada— se convertirán en algo más que una inscripción producida por un nuevo mecanismo de visualización científica de lo inaccesible al ojo humano, fascinando a otros públicos en sintonía con las transformaciones perceptivas propuestas desde las vanguardias artísticas.<sup>17</sup> En la era de la reproducción visual automática

15 Existe una abundante bibliografía sobre la cuestión, pero se puede ver una excelente síntesis con aportes originales en Antonio De Pedro, *El diseño científico. Siglos XV-XIX* (Madrid, Akal, 1999).

16 Véase Soraya de Chadarevian, «Instruments, illustrations, Skills and Laboratories in Nineteenth-Century German Botany». En Renato G. Mazzolin, *Non-verbal Communication in Science prior to 1900* (Florencia, Leo S. Olschki, 1993), pp. 529-562.

17 Las imágenes cinematográficas de Pfeffer han pasado a la historia del cine científico, puesto que representan uno de los primeros usos del nuevo dispositivo de producción y representación en el ámbito de la investigación.

de lo real, el cine, como lo hiciera la fotografía, se convertía en instrumento y en máxima expresión de una ciencia que desea comprender, mientras el dibujo se mantenía como el mejor instrumento de una ciencia que quiere mostrar,<sup>18</sup> que quiere explicar.

Pongamos otro caso que nos acerca al nacimiento y desaparición de un paradigma visual. El estudio de las enfermedades mentales será una de las disciplinas que comiencen a utilizar de forma más sistemática las capacidades de registro de la fotografía, y en 1878 el Hospital de La Salpêtrière de París, institución donde Jean-Marie Charcot realizaba sus seminales trabajos sobre la histeria, enfermedad paradigmática en la constitución de la psiquiatría como ciencia, instala un laboratorio fotográfico como herramienta para la investigación. Así se producirán repertorios iconográficos completos encargados por Charcot —y continuados después de su muerte— registrando diversas manifestaciones físicas de patologías psíquicas y neuronales, actitudes y emociones en idiotas y degenerados, confiando en la posibilidad de encontrar en los rasgos externos las causas internas, esperando que el nuevo dispositivo, potente auxiliar de la ciencia en la inscripción, la descripción y la comparación, desvelara las claves para la comprensión de la enfermedad. «Charcot era un visual», dirá Sigmund Freud, su antiguo alumno. El padre de un nuevo paradigma de diagnosis psíquica donde la palabra y el relato lo es todo convertía en un sinsentido los esforzados trabajos de un fotógrafo como Albert Londe para plasmar, inscribir y registrar los fugaces movimientos definitorios de los ataques de histeria y las crisis epilépticas.<sup>19</sup>

Sin apartarnos de las borrosas fronteras disciplinares entre las prácticas científicas que a finales del siglo XIX se ocupan del estudio del hombre estableciendo lazos causales entre el cuerpo y el alma, los caracteres físicos y los caracteres morales e intelectuales —etnografía, medicina, higienismo social, criminología, etc.— la historia de la producción visual, fotográfica y cinematográfica, nos permite no sólo profun-

---

18 Parafraseamos a Monique Sicard, *Images d'un autre monde. La photographie scientifique* (París, Centre National de la Photographie, 1991), p. 3.

19 SICARD, Monique «Mille huit cent quatre-vingt-quinze ou les bascules du regard». En Alexis Martinet (Ed.), *Le Cinéma et la Science* (París, CNRS, 1994), pp.18-31.

dizar en la aparición y desaparición de paradigmas visuales en las ciencias, sino en abordar la movilidad y definición de los objetos de estudio en función de la circunscripción del ámbito de lo «científico». La descripción antropométrica apoyada por el registro fotográfico<sup>20</sup> rígidamente codificado se aplicaba por igual para la identificación del fenotipo criminal y la clasificación de los tipos humanos no europeos: nada escapaba al poder clasificatorio y reificador de la imagen fotográfica que revestía de objetividad y científicidad a unas prácticas ligadas al control social y a la expansión colonial. Hoy, la demarcación de lo científico y asunciones deontológicas surgidas del desarrollo cultural e ideológico de las sociedades occidentales convierten en una aberración los inventariados visuales de homosexuales y ninfómanas clasificados como informes científicos. De igual modo nos resultan incómodas las imágenes fotográficas y cinematográficas producidas desde la antropología física de finales del siglo XIX que convierte a seres humanos en objetos, en cosas, medibles hasta el extremo, teniendo como objeto estudiar y demostrar las diferencias raciales (y en la mayoría de los casos la inferioridad de unas respecto a las otras). Unas y otras imágenes pertenecen a un mismo contexto científico, cultural y social en el que la «diferencia» equiparada a la «anormalidad» o la «inferioridad» se convertía en categoría científica en sentido fuerte y registrable visualmente, y donde la «normalidad» (la heterosexualidad o el hombre blanco) no era objeto de semejante mirada científica.

Pondremos un último ejemplo relativo a la relevancia visual. Con el nacimiento del cine aparecen infinidad de películas y grabaciones de «motivos científicos», pero el nuevo dispositivo sólo alcanzará legitimación como instrumento de investigación y comunicación especializada en aquellos usos y en aquellas disciplinas donde sus potencialidades frente a otros medios se ponen de manifiesto. La microcinematografía, por ejemplo, aparece muy pronto en el cine como espectáculo, fascinando a un público que descubre en la pantalla el mundo

---

20 Aunque hay ya numerosa bibliografía respecto a estas prácticas, véase el breve pero magnífico estudio comprehensivo, que incluye la reproducción con gran calidad de algunas de las fotografías más paradigmáticas, de Michel Frizot, «Body of Evidence. The Ethnography of Evidence». En Michel Frizot (ed.), *A New History of Photography* (Köln, Könemann, 1998; originalmente publicado en francés. París, Bordas, 1994), pp. 258-271.

microscópico nunca antes visto (glóbulos rojos en movimiento, etc.). Pero serán científicos como el médico francés Jean Comandon quienes lo legitimen como instrumento científico. Comandon demostrará ante la Académie des Sciences la importancia de su uso en las ciencias médicas y biológicas mostrando que para el desarrollo de su tesis doctoral (sobre la sífilis) el registro cinematográfico era insustituible por otras técnicas de registro de observaciones y de demostración científica habida cuenta que la espiroqueta de la sífilis que causaba el mal se distinguía de otras únicamente por su movimiento.

### 3. LOS USOS DE LAS *IMÁGENES* EN DIFERENTES CONTEXTOS DE LA PRÁCTICA CIENTÍFICA

El último eje de trabajo con los futuros profesores –los usos de las imágenes científicas en diferentes contextos de la práctica científica–, tiene como objetivo profundizar en algunos de los aspectos indicados a través del análisis de procesos de comunicación científica reales.

Conviene realizar una aclaración teórica previa. Cuando hablamos de los contextos de la práctica científica entendemos, en consonancia con algunos de los enfoques contemporáneos en filosofía, historia y sociología de la ciencia, que eso que llamamos ciencia es un conjunto de prácticas sociales, epistemológicas y comunicativas que se manifiestan y se ejercen en un *continuum* que incluye no sólo los contextos de investigación y comunicación en la comunidad científica, sino también el contexto educativo y de comunicación social en general.

Partiendo de ello, y de que podemos trazar comparaciones y analogías entre las estrategias comunicativas que el investigador despliega ante sus colegas, las que el profesor de ciencias pone en ejercicio en sus labores docentes y lo que ocurre en el contexto de comunicación y divulgación de la ciencia en la sociedad mediática contemporánea, tratamos de analizar cómo se utilizan las imágenes en estos diferentes contextos y sobre diferentes soportes de comunicación (revistas especializadas, de alta divulgación, de divulgación general o en prensa, en soportes videográficos o en la televisión).

Este trabajo nos permite, en primer lugar, profundizar en algunos de los presupuestos antes abordados. Así, podemos analizar las diferentes formas de anclaje del significado o de canalización de la interpretación

de las imágenes científicas en los diferentes contextos y en los diferentes medios: ver cómo funciona, por ejemplo, un pie de foto en comparación con la *voice over* de un documental o un vídeo didáctico. De igual modo, en los formatos impresos pueden analizarse las relaciones generales entre el texto y las ilustraciones, discutiendo si el tipo de imágenes utilizadas es el adecuado para convertirse en un apoyo visual que realmente complementa, esto es, aporte nueva información de carácter cognitivo a lo explicitado por el texto o funcione como auxiliar visual de la memoria, y no solamente un adorno o una herramienta para descargar la masa textual. Podremos del mismo modo profundizar en herramientas de «clarificación» del significado, como la construcción de series de imágenes. En este caso, la disección de productos audiovisuales resulta especialmente interesante, porque en el análisis de su estructura puede evaluarse no sólo la secuenciación adecuada de documentos visuales, sino además otras estrategias como la superposición de imágenes concretas y abstractas, la combinación de imagen fotográfica y/o cinematográfica con simulaciones infográficas, etc.

En segundo lugar, el estudio de productos escritovisuales y audiovisuales construidos para comunicar la ciencia nos permite plantear algunos problemas nuevos. El primero de ellos, vinculado con lo que decíamos en el punto anterior, el uso «retórico» de las imágenes científicas que es común a muchos de los contextos comunicativos enunciados y peligroso en los contextos educativos. Nos referimos a aquellos casos en los que una imagen se convierte únicamente en una «prueba de existencia» sin otro valor epistemológico o cognitivo, cuestión de la que no suele tenerse una conciencia explícita. Este uso es habitual en los textos especializados; pero en este contexto la imagen opera en un nivel cognitivo junto al retórico porque los especialistas destinatarios de la información poseen las capacidades y las habilidades socioepistémicas para evaluar el valor probatorio de la imagen (no son pocos los debates sobre fraude o manipulación que se desatan como consecuencia de la utilización en una revista especializada de una imagen probatoria). El problema se encuentra cuando un libro de texto, una revista de divulgación general o un programa de televisión utiliza una imagen de compleja interpretación (a menudo trasladada directamente del ámbito de los especialistas) pretendiendo ilustrar a nivel cognitivo algo con ella, cuando lo único que hace es poner ante los ojos una

representación visual que a lo sumo funciona como prueba de existencia frente a la que el lector o espectador se halla indefenso, sin capacidad de juicio, ante la que sólo le resta creer.

Por último, el estudio de documentos audiovisuales de carácter documental, divulgativo o didáctico, nos permite poner en relación la reflexión sobre las capacidades comunicativas de las imágenes en todas sus formas con la selección y secuenciación de contenidos y con la utilización de tipologías expositivas diversas, un análisis que puede convertirse en analogía para el diseño didáctico. En este último caso, el de las tipologías y estrategias expositivas, se nos abren potencialidades muy interesantes: podemos evaluar las potencialidades cognitivas y comunicativas de una estructura expositiva cerrada (la exposición del conocimiento como dado) frente a una estructura abierta (que siga o reconstruya el proceso de descubrimiento, construcción o formulación del conocimiento), comparar las implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias entre modelos expositivos que ponen la «ciencia en contexto» (lo que se demanda en los nuevos enfoques curriculares) frente a otros aislacionistas, o explorar y debatir el efecto de diferentes formas de interpelación al espectador a través de la palabra y/o la imagen, tarea que nos permitirá discriminar y evaluar diferentes formas de enunciación: la enunciación neutral y desencarnada del conocimiento donde la *voice over* se convierte en Voz de Dios, aquellas estrategias que toman distancia —cognitiva, ética, social, política— respecto a la ciencia y sus practicantes, y otras formas que convierten al espectador en interlocutor interpelado en segunda persona o en compañero vicario en un camino de exploración y descubrimiento. En relación con esto último, especial atención merece el valor de la aparición de los rostros humanos con sus voces en la pantalla —sean los de un mediador (profesor, periodista, divulgador) o los de un científico o especialista, una voz y un rostro de autoridad—, en las formas de delegación de la autoridad y en los pactos de confianza que se establecen con los espectadores.

Toda esta labor sobre documentos audiovisuales que desarrollamos en la formación de profesores se ve teórica y metodológica amparada por todo un ya amplio conjunto de nuevos estudios en torno a la historia y la teoría del cine documental que en las últimas décadas se ha ocupado de la formas de negociación y legitimación del conocimiento con los públicos y la vinculación entre las diferentes modalidades expositivas

y de representación de la realidad en el cine de no ficción con las actitudes socio-cognitivas en la que el espectador se sitúa.<sup>21</sup>

Todo ello abre infinidad de posibilidades que nos es imposible tratar aquí. Lo que hemos pretendido en estas pocas páginas es proponer un nuevo ámbito de reflexión para la introducción de los documentos visuales y audiovisuales en la enseñanza de las ciencias que parte de un cambio de enfoque sustancial. Esperamos que este planteamiento pueda abrir un ámbito nuevo de debate y de discusión que redunde en la mejora de nuestros planes de formación de formadores y, por tanto, en la formación de los futuros ciudadanos, dotándoles de herramientas para poder enfrentarse y comprender la cultura científica que caracteriza a nuestra sociedad contemporánea.

---

<sup>21</sup> Una de las obras que mejor representan esta nueva corriente de estudios, y que se convierte en referencia obligada, es Bill Nichols, *La representación de la realidad. Cuestiones y conceptos del documental* (Barcelona, Paidós, 1997).

## BIBLIOGRAFÍA

- BASTIDE, François, GUEDJ, Denis, LATOUR, Bruno & STENGER, Isabelle (1990). «Le résistant objet des films scientifiques». En *Dossiers de l'audiovisuel. Science et Télévision*, N° 31, mayo-junio, pp. 24-26.
- BASTIDE, François, (1984) «Iconographie des textes scientifiques» (*Culture Technique*, N° 14, pp.134-151), reeditado en inglés como «Iconography in scientific texts: principles of analysis». En Michael LYNCH and Steve WOOLGAR (Eds.), *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, The MIT Press, 1990), pp.187-229.
- CLOÛTRE, Michel & SHINN, Terry (1985). «Expository Practice: Social, Cognitive and Epistemological Linkage». En Terry SHINN & Richard WHITLEY (Eds.), *Expository Science: Forms and Functions of Popularisation* (Holanda, Dordrecht. Colección Sociology of the Science, Volumen IX), pp. 31-65.
- DE CHADAREVIAN, Soraya (1993). «Instruments, illustrations, Skills and Laboratories in Nineteenth-Century German Botany». En Renato G. MAZZOLINI, *Non-verbal Communication in Science prior to 1900* (Florenca, Leo S.Olschki), pp. 529-562.
- DE PEDRO, Antonio (1999). *El diseño científico. Siglos XV-XIX* (Madrid, Akal).
- DEBRAY, Régis (2001). *Introducción a la mediología* (Barcelona, Paidós).
- DROUIN, Anne-Marie, «Des images et des Sciences». En número monográfico «Communiquer les sciences» de ASTER. *Recherches en didactique des sciences expérimentales*.
- ECO, Umberto, *Opera aperta* (1962), citada por la traducción castellana *Obra abierta* (Barcelona, Ariel, 1979).
- EISENSTEIN, Elizabeth (1994). *La revolución de la imprenta en la Edad Moderna* (Madrid, Akal; edición traducida y modificada de *The Printing Press as an Agent of Change*, Cambridge, Cambridge University, 1979).
- FRIZOT, Michel (1998). «Body of Evidence. The Ethnography of Evidence». En Michel Frizot (ed.), *A New History of Photography* (Köln, Könemann; originalmente publicado en francés, París, Bordas, 1994), pp. 258-271.
- HOLTON, Gerald (1993). «La imaginación en la Ciencia». En Lorena Preta, *Imágenes y metáforas de la ciencia* (Madrid, Alianza Editorial), pp. 29-58.
- IVINS, William M. (1975). *Imagen impresa y conocimiento* (Barcelona, Gustavo Gili; edición original *Prints and Visual Communication*, Cambridge, MA, Harvard University Press, 1953).
- IVINS, William M. (1973). *On the Rationalization of Sight* (Nueva York, Plenum Press).
- KUHN, Thomas S. (1975). *La Estructura de la revoluciones científicas* (México, Fondo de Cultura Económica), pp. 176-177.
- LATOUR, Bruno (1990). «Drawing things together». En Michael LYNCH & Steve WOOLGAR, *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, The MIT Press), pp.19-68.
- LYNCH, Michael (1985). «Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility». *Social Studies of Science* (vol. 15), pp.37-66.
- (1990). «The externalized retina: Selection and mathematization in the

- visual documentation of objects in the life science». En Michael Lynch & Steve Woolgar: (Eds.), *Representation in Scientific Practice* (Cambridge, The MIT Press), pp. 153-186.
- MARTÍNEZ, Wilton (1995). «Estudios críticos y antropología visual: lecturas aberrantes, negociadas y hegemónicas del cine etnográfico». En Elisenda Ardévol & Luis Pérez Tolá (Eds.), *Imagen y cultura: perspectivas del cine etnográfico* (Granada, Diputación Provincial de Granada), pp. 263-400.
- NICHOLS, Bill (1997). *La representación de la realidad. Cuestiones y conceptos del documental* (Barcelona, Paidós).
- ORTEGA, María Luisa (1990, enero-abril). «La naturaleza de la ciencia y formación del profesorado: reflexiones desde los estudios sobre la ciencia», *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa* (Nº 24), pp. 5-18.
- PANTÍN, Estrella, GARCÍA ESPINOSA, Julio & FRAGA, Jorge (1993). «Para una definición del documental didáctico», texto reproducido en: Joaquim Romaguera i Ramio y Homero Alsina Thevenet (Eds.), *Textos y manifiestos del cine* (Madrid, Cátedra), pp. 176-182.
- SICARD, Monique (1991). *Images d'un autre monde. La photographie scientifique* (París, Centre National de la Photographie).
- SICARD, Monique (1994). «Mille huit cent quatre-vingt-quinze ou les bascules du regard». En Alexis Martinet (Ed.), *Le Cinéma et la Science*, (París, CNRS), pp.18-31.
- SUTTON, Clive R. (1992). *Words, Science and Learning* (Buckingham, Open University Press).