

CULTURA CIENTÍFICA EN LOS MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA¹

SCIENTIFIC CULTURE IN SCIENCE AND TECHNOLOGY MUSEUMS

MYRIAM GARCÍA RODRÍGUEZ
Y BELÉN LASPRA PÉREZ

DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA, UNIVERSIDAD DE OVIEDO

RESUMEN

Este trabajo presenta, en primer lugar, una breve historia de los museos de ciencia y tecnología, con el objetivo de ilustrar a través de ella cómo se ha ido constituyendo un modelo clásico de comunicación que concibe la relación entre el público y la ciencia en términos de déficit. Solo en los últimos quince años ha comenzado una profunda revisión crítica de este modelo y se han empezado a proponer nuevas y más complejas maneras de entender la relación entre ciencia y sociedad. Realizaremos una revisión de los principales supuestos ideológicos y epistemológicos que han sido objeto de esta crítica para, después, centrar la discusión en los nuevos centros de ciencia y su intento de superar las concepciones deficitarias. Finalmente, apuntaremos a la necesidad de una nueva fase en la evolución del sistema museístico hacia la creación de un modelo de museo que denominaremos «museos de ciencia, tecnología y sociedad».

Palabras clave: modelo de déficit - participación - sociedad - comunicación - museos

ABSTRACT

First of all, this work provides a brief history of science and technology museums, in order to illustrate how a classical model of communication, which conceives the relationship between the public and the science in

-
1. Este trabajo ha sido realizado con el apoyo del proyecto «Concepto y dimensiones de la cultura científica» (FFI2008-06054/FISO) y del Programa Severo Ochoa de Becas Predoctorales del Principado de Asturias.

deficit terms, has been built up. Only in the last fifteen years a deep critical review of this model has started and new and more complex ways of understanding the relationship between science and society have begun to be proposed. We will carry out a review of the main ideological and epistemological assumptions that have been the subject of this criticism and then focus the discussion in the new science centers and how they try to overcome the deficit conceptions. Finally, we will point out the need of a new phase in the museum system evolution towards the creation of a new model which we will call «science, technology and society museums».

Keywords: deficit model - participation - society - communication - museum

1. INTRODUCCIÓN

Desde la Segunda Guerra Mundial, los avances en el ámbito de la ciencia y la tecnología han desempeñado un papel central en la producción de bienes y servicios, en los flujos de información y comunicación y en las formas de comportamiento y de organización social y política (Beck, 1986; Castells, 1998; Echeverría, 2003). Una de las consecuencias, en los países occidentales, de esta creciente importancia pública de la ciencia y la tecnología ha sido la preocupación institucional por la alfabetización científica de la población, en orden a satisfacer la demanda de una fuerza de trabajo altamente cualificada. Pero no se trata solamente de una cuestión relacionada con el papel que van a desempeñar determinados sectores de la población (los científicos y técnicos profesionales), sino que cada vez más se reconoce que la ciencia y la tecnología constituyen un logro de la humanidad del que toda la sociedad debe ser partícipe. Además, una economía basada en la ciencia y la tecnología requerirá que una mayor proporción de consumidores estén científicamente alfabetizados; es decir, que una parte sustancial de la población posea un nivel básico de información acerca de un número cada vez mayor de productos que incorporan nuevas tecnologías y avances científicos y médicos. De igual importancia, la preservación del proceso democrático exige que haya un número suficiente de ciudadanos capaces de

ejercer su derecho a participar en los asuntos de política pública: en la medida en que aumenta el número de controversias de política pública que implican conocimiento científico o técnico, resulta esencial que una proporción significativa del electorado pueda comprender los problemas, deliberar las alternativas y adoptar posiciones. Este argumento democrático es quizá el más ampliamente utilizado por aquellos que reclaman la alfabetización científica como una condición necesaria y previa sobre la cual basar el compromiso social y la participación ciudadana².

A partir de los años sesenta, especialmente en EE UU, los museos y centros de ciencia y tecnología comienzan a ser reconocidos como lugares de encuentro entre la ciencia y el público, propicios para satisfacer esa creciente necesidad de promover y aumentar la alfabetización científica de la población. Sin embargo, la comprensión académica de la relación entre ciencia y sociedad que asume el sistema museístico actual viene lastrada por un modelo lineal de comunicación, unidireccional y centrado en la difusión, que corre el peligro de mostrarse limitado si no se presta la debida atención a los supuestos ideológicos y epistemológicos de los que parte.

Este enfoque, definido como «modelo de déficit» por la tradición anglosajona de los años ochenta, ha sido ampliamente aceptado en el campo de los estudios de comunicación social de la ciencia desde su formulación y desarrollo en los años sesenta, a raíz de los resultados obtenidos en una encuesta pionera de 1957 conducida por R. C. Davis (1958) y encargada por la National Association of Scientific Writers (NASW). Aunque el propósito del estudio era conocer el interés del público estadounidense por las noticias de ciencia y sus patrones de consumo de información, también se incluyeron medidas de las actitudes hacia la ciencia en general y el conocimiento de la misma. Los datos mostraron que solo una minoría del público estaba realmente interesada en temas científicos y que su nivel de conocimiento sobre la ciencia era relativamente bajo. De este modo, la encuesta resultó poco alentadora respecto del grado de conocimiento y valoración de la ciencia entre un público norteamericano

2. Todas estas razones para el fomento de la alfabetización científica se pueden agrupar bajo cuatro argumentos básicos: económico; cultural; práctico; y democrático (Henriksen y Froyland, 2000).

insuficientemente alfabetizado, que será caracterizado por un déficit cognitivo (Withey, 1959).

Asumido el modelo de déficit, y como consecuencia de este tipo de resultados, que se replican en la mayoría de los estudios internacionales, las acciones políticas destinadas a mejorar la comprensión y las actitudes públicas hacia la ciencia pertenecerán principalmente al área de la educación científico-técnica y la comunicación social de la ciencia, bajo el supuesto de que a mayor conocimiento de la ciencia corresponderá una mayor aceptación de la misma. Solo en los últimos quince años ha comenzado, desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia, una profunda revisión crítica de estos supuestos. El debate teórico gira en torno a un modo sesgado y limitado de entender el proceso de enculturación como forma de instrucción y de acumulación del saber³.

Exponer la historia de los museos de ciencia y tecnología, desde las primeras colecciones de la ciencia iluminista hasta las grandes exhibiciones mundiales, permitirá mostrar los supuestos ideológicos y metodológicos de los que parten y que los vinculan con un ámbito de investigación más amplio: la comunicación social de la ciencia.

2. LA COMUNICACIÓN EN LOS MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El surgimiento de una comunicación de la ciencia pensada para un público cada vez más amplio suele situarse entre los siglos XVI y XVII, con el movimiento cultural humanista y su proyecto de recuperar el legado clásico en su integridad. A finales del siglo XV y principios del XVI, humanistas y médicos comenzaron a coleccionar, leer, traducir y publicar las grandes obras griegas. Este redescubrimiento del mundo clásico fomentó no solo la búsqueda de manuscritos y códices, sino también el coleccionismo arqueológico y, en general,

3. El punto de partida de esta conceptualización suele situarse en la propuesta de alfabetización científica de J. D. Miller como una medida bidimensional: a) el conocimiento de los hechos básicos de la ciencia y b) la comprensión de los métodos científicos tales como el razonamiento de probabilidad y el diseño experimental (Miller, 2004). Su propuesta incluye, a su vez, c) una estimación positiva de los resultados de la ciencia y la tecnología para la sociedad, y d) el rechazo de las creencias supersticiosas como la astrología o la numerología (Bauer *et al.*, 2007).

de objetos artificiales y naturales. Estas colecciones, inicialmente reunidas en los estudios o salas de cortesanos y príncipes, serán el origen de los museos⁴, descritos en la época como «gabinetes de curiosidades», «salas de las maravillas» o «teatros de la naturaleza». Ya en la segunda mitad del siglo XVI comienzan a formarse colecciones dedicadas de manera casi exclusiva a los animales, plantas y minerales, impulsadas, en gran medida, por los descubrimientos geográficos y de especies desconocidas. Estos «gabinetes» (del término italiano *gabinetto*, lugar reservado para el aprendizaje) constituyen los antecedentes remotos de algunos museos de ciencia y tecnología: aquellos gabinetes de historia natural que recogían objetos raros y curiosos de los tres reinos de la naturaleza darán lugar en su mayor parte a los museos de historia natural, mientras que los gabinetes de física y química, que albergaban máquinas e instrumentos técnicos, y atendían más a la experimentación, estarán en la base de la creación de algunos museos de ciencia y tecnología (Schiele, 2008). Sin embargo, el aspecto más importante de estas colecciones residiría en el hecho de fomentar las relaciones entre los propios estudiosos y nobles, que intercambiaban especímenes y establecían entre ellos una intensa correspondencia. Son espacios de socialización al margen de la divulgación. Por ello, en sus orígenes, se reducían a una habitación en la que una vasta colección de curiosidades naturales y artificiales, que destacaban por su valor artístico, mecánico o científico, se disponía sin demasiado orden (Maurie's, 2002).

Ya en el siglo XVII, las colecciones fueron poco a poco abriéndose al público como museos. El primer museo en sentido moderno, el Ashmolean Museum de Oxford, fundado en 1683, participó de manera decisiva en el profundo cambio que estaba teniendo lugar en el pensamiento moderno. El deseo de comprender el universo y el lugar

4. El término griego *mouseion*, que significa «Casa de las Musas» fue utilizado por primera vez en el siglo I a.C. por el geógrafo Estrabón para describir el complejo arquitectónico creado por Ptolomeo Filadelfio en el siglo III a.C. El *mouseion* de Ptolomeo albergaba, además de la famosa biblioteca de Alejandría, un observatorio astronómico, varios laboratorios, un jardín botánico, una colección de zoología, diversas salas de trabajo y estudio, así como zonas públicas (Alonso Fernández, 1993). Esta especie de centro de cultura adelantaba algunos enfoques y aspectos museológicos veinte siglos antes, pudiendo ser considerado como el precedente más antiguo de los actuales museos de ciencia.

que ocupa la humanidad en él, así como la emancipación de la razón y la fe en el método científico, fueron factores esenciales en el desarrollo de la nueva racionalidad científica, que instituye como principio básico que el único conocimiento objetivo es el conocimiento científico (Schiele, 2008). Desde entonces, comienza a consolidarse un discurso especializado y diferente: el discurso científico.

Durante el siglo XVIII, con la Ilustración y el espíritu enciclopedista, la divulgación del conocimiento científico y su método propio fuera de los recintos especializados, se convierte en un objetivo cultural prioritario, asumido de manera consciente por la propia comunidad científica que estaba emergiendo. La ciencia, símbolo de la razón y del conocimiento puro y verdadero, se constituye como la mejor herramienta para liberar al pueblo de la ignorancia y la superstición⁵. Los filósofos experimentales, que en el último tercio del siglo XVII habían buscado la aprobación de la nobleza y el clero, se lanzan a la búsqueda de un público cada vez mayor, aunque se trata más bien del público restringido de las elites (Elena, 1989). Comienza a extenderse la idea de mostrar las creaciones del hombre y de la naturaleza, preservadas hasta entonces en los «gabinetes de curiosidades». La imprenta conocerá, entonces, su momento de máximo esplendor, proliferan los cursos y conferencias populares, los libros y revistas de divulgación, e incluso las damas pasaron a considerarse destinatarias de las prácticas propagandísticas⁶.

Al mismo tiempo, la colección deja de ser un elemento de ostentación y ornamentación de su propietario para ser un símbolo de la

-
5. Este es el sentido de uno de los emblemas de la Ilustración: *¡sapere aude!* (¡atrévete a pensar!), la obligación de invitar e incitar a pensar y hacer uso público de la razón.
 6. Por ejemplo, Bernard le Boivoir de Fontenelle se ocupó de propagar las nuevas ideas sobre el universo basadas en las teorías newtonianas con obras dirigidas a un selecto sector integrado por aristócratas, miembros de la alta burguesía y damas de la corte. Su *Entretiens sur la pluralité des mindes* (1686) estaba dirigida a las necesidades de una marquesa imaginaria. Otros ejemplos son Mointrel d'Element, quien dedicó a las mujeres *La manera de hacer visible y suficientemente sensible el aire para medirlo y otras experiencias sobre física* (1719); *Newtonianismo para damas* (1737), de Francesco Algarotti; *Astronomía para damas* (1785), de Jérôme Lefrançois de Lalande; *Cartas a Sofía* (1811) sobre física, química e historia natural, de Louis Aimé Martin; y las 234 cartas escritas entre 1760 y 1762 por Leonhard Euler a la princesa Anhalt-Dessau, sobrina del rey Federico II de Prusia y que más tarde se reunieron bajo el nombre de *Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y de filosofía*.

grandeza cultural del país. Como consecuencia, muchas de las colecciones de las casas reales europeas⁷ se fueron transformando en museos públicos e institutos monográficos, concebidos como aulas permanentes de lecciones de historia de la ciencia, que complementaban a las academias de las ciencias ya consolidadas, como la Royal Society, la Academia dei Lincei, la Academia de las Ciencias de París, o la de Berlín (Alonso Fernández, 1993). Los museos eran, tal y como los definió George Brown Goode en 1819, «una institución para la preservación de aquellos objetos que mejor explican los fenómenos de la naturaleza y la obra del hombre, y la utilización de estos para el incremento del saber, la cultura y la ilustración del pueblo» (Burcaw, 1997, 18).

El concepto moderno de museo como institución pública y herramienta de enculturación se desarrolla precisamente durante el siglo XIX. Los primeros museos de ciencia y tecnología fueron pensados originalmente para transmitir al público la ciencia y la tecnología de su tiempo mediante la exhibición de los objetos más nuevos. Se organizaban en torno a dos objetivos principales: la adquisición y conservación del patrimonio científico y tecnológico de la civilización occidental; y la explicación de la construcción, uso y funcionamiento de diferentes herramientas, máquinas e instrumentos (Orchiston y Bhathal, 1984). Sus exposiciones trataban de representar una especie de catálogo de las realizaciones técnicas de un país o de una época determinada, aunque estaban marcadas por una rigurosa cronología, sin contextualización social precisa, y solo aquellos adelantos científicos que habían jugado un papel fundamental en alguna innovación técnica eran incluidos en la exhibición (Pérez *et al.*, 1998).

Con la Revolución Industrial, la ciencia se establece como característica indispensable de la nueva civilización. En este contexto de

7. En el caso de España son los Austrias los que inician el coleccionismo a gran escala. El interés de Carlos III por las ciencias naturales, la etnología y la arqueología, se plasmó en la construcción, en 1785, de un edificio en el paseo del Prado para albergar sus colecciones de ciencias naturales. Sin embargo, Fernando VII, más interesado en disciplinas artísticas, lo utilizó para su colección de obras de arte, de modo que acabó convertido en el museo de pintura más importante de España, el Museo del Prado, y nunca llegó a alojar ninguno de los objetos para los que había sido diseñado. La colección de ciencias naturales de Carlos III formó parte del Real Gabinete de Historia Natural, abierto en 1776, que en la actualidad se conoce como el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

crecimiento económico e industrial, la transformación de los medios de producción, los cambios técnicos de la industria y la dominación política y económica del capitalismo motivarán la demanda creciente de una mano de obra cualificada (Bernal, 1967). Comienza entonces a popularizarse el concepto de alfabetización científica en relación con la instrucción y escolarización.

Suele señalarse como el primer museo de ciencia y tecnología al Conservatoire National des Arts et Métiers de París, fundado el 10 de octubre de 1794 (aunque se abrió formalmente en 1802). Sus instalaciones albergaban la colección de Jacques Vaucanson, donada a Luis XVI, las obras pertenecientes a la Academia Real de las Ciencias y el conjunto de objetos provenientes del mobiliario de la Corona. En 1799 se abrió en el antiguo priorato de Saint-Martin-des-Champs, enriqueciéndose con instrumentos y máquinas producto del desarrollo de la ciencia y la tecnología. En 1819 comenzó a dedicarse a la enseñanza de las ciencias y las artes industriales hasta el punto de ser considerado, al mismo tiempo, taller de trabajo para estudiantes y museo. Sin embargo, no consiguió mantenerse actualizado frente al rápido avance del progreso científico y tecnológico y acabó por convertirse en repositorio de objetos de colección que ilustraban la historia de la ciencia⁸.

De manera paralela a estos procesos, a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX se comienza a sentir una ruptura entre el profesional y el aficionado. Con la institucionalización y profesionalización de la ciencia, la nueva comunidad científica se enfrenta al reto social de legitimar su labor. Para muchos científicos profesionales y sus asociaciones, la divulgación se convierte en un instrumento estratégico para obtener reconocimiento público y recursos para la investigación. La divulgación se centrará entonces no solo en universalizar el saber, sino también en hacer propaganda sobre el valor de la ciencia como una forma de conocimiento fundamental para el progreso de la humanidad. Las exhibiciones mundiales, celebradas especialmente desde la segunda mitad del siglo XIX, y centradas en mostrar aquellos avances científicos y tecnológicos que habían contribuido a

8. De hecho, desde 1920, ninguna colección ingresaría en las arcas del museo, dejándolo como suspendido en el tiempo hasta su renovación, que comenzó en 1989 con el Informe Piganiol y finalizó con su apertura en 1999 (Hernández Hernández, 1998).

la mejora del bienestar del ser humano, ilustran este cambio de mentalidad. Consideradas como grandes eventos políticos, económicos y sociales del mundo, en ellas, los países participantes exponían sus avances tecnológicos y hacían gala de su potencial económico e industrial⁹. Este tipo de exposiciones constituye además la línea de ascendencia de los museos de ciencia y tecnología: una vez que terminaban, los objetos y, algunas veces, incluso los edificios erigidos para el evento servían para establecer nuevos museos. Así, por ejemplo, el Technisches Museum Wien (Viena) reutilizó el material de la Exposición Internacional de 1873, el Smithsonian Institution (Washington) heredó parte del material de la Centennial Exhibition de Filadelfia en 1876, la Exposition Internationale de l'Electricité de 1881 sirvió de inspiración a Oskar von Miller, fundador del Deutsches Museum (Munich) y el Palais de la Découverte (París) se construyó para la Exhibición Internacional de 1937. Comienza entonces el desarrollo más significativo de los museos, promovidos por todo el planeta a nivel local, regional y estatal. Así, por ejemplo, el South Kensington Museum de Londres, considerado como el segundo museo de ciencia y tecnología de la historia, surge a raíz de la Great Exhibition of the World of Industry of All Nations, celebrada en Londres en 1851. La popularidad alcanzada por la exposición llevó al Príncipe Albert a promover la fundación de varios establecimientos educativos en las inmediaciones del palacio, el primero de los cuales fue el South Kensington Museum, abierto al público el 24 de junio de 1857. Desde 1909 comenzaría a funcionar como entidad propia bajo el nombre de Science Museum de Londres, y en 1928 será trasladado a su actual ubicación (Burton, 1999).

Sin embargo, los museos de esta época respondían a los mismos criterios de exhibición establecidos en el siglo XVIII: no había distinción entre los fondos del museo y la exposición; se exhibía todo. Los visitantes recorrían un museo abarrotado de vitrinas mal iluminadas, estáticas y descontextualizadas. La información disponible era escasa o demasiado complicada. En el centro del museo solía situarse la historia cronológica de las ciencias fundamentales, mientras que los artefactos tecnológicos se distribuían en las salas adyacentes.

9. Eventos internacionales como el Grand Concours International des Sciences et de l'Industrie, celebrado en Bruselas, la Exposição Industrial Portuguesa, o la Exposición Universal de Barcelona, tuvieron un gran poder de convocatoria.

En general, el museo exponía su contenido científico bajo la premisa de que el visitante se enriquecería tan solo con pasear entre las colecciones¹⁰. Este criterio de exhibición respondía a lo que más tarde será caracterizado como el modelo clásico de comunicación de la ciencia, según el cual la comunicación es un proceso lineal y unidireccional, donde la fuente (el discurso especializado) y el receptor (el discurso popular) están claramente diferenciados: el conocimiento de referencia emana de la comunidad científica y será controlado por ella, determinando el modo de expresarlo y exhibirlo en las colecciones. Sobre la base de este modelo, la práctica de la comunicación queda reducida a un proceso de traducción o simplificación, en un intento por conciliar la distancia entre «productores» y «receptores» del conocimiento. La distinción clásica entre «sabios» e «ignorantes» se ha ido revitalizando desde entonces, hasta llegar a la actualidad bajo el modelo de déficit y la metáfora del «lego» y el «experto» (Polino y Castelfranchi, 2008).

3. EL MODELO DE DÉFICIT Y SUS CRÍTICAS: SUPUESTOS IDEOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS

Este modelo incurre en tres asunciones erróneas, mutuamente relacionadas, y que han sido abordadas desde distintas perspectivas críticas: en primer lugar, asume una concepción ingenua del conocimiento científico; en segundo lugar, una concepción instrumental de la comunicación; y, finalmente, una visión pasiva del público. Cada una de ellas puede ser vista como un atributo deficitario de la investigación dominante en el campo de la comunicación social de la ciencia,

10. Resulta ilustrativa la descripción del Science Museum de Londres de C. M. Martín, quien lo visitó antes de que se adoptara en él una metodología de exhibición más cercana a la interacción y a la comunicación ya en la década de los sesenta: «Hemos notado, defecto de iluminación; abigarramiento de objetos; gran falta de espacio; limitación del movimiento y del ángulo de visión; sensación de falta de libertad de observación de los objetos férreamente encerrados en vitrinas y en ellas amontonados. Una exhibición en paralelo, esto es, vitrinas colocadas en columnas de 4 o de 5, que destroza el sentido de la secuencia y desorienta al visitante. Una gran heterogeneidad de objetos que por su cantidad hacen perder el sentido de la evolución; unas colecciones de alto valor representativo y de gran belleza de ejecución que por unas y otras razones aparecen sin vida y sin belleza» (Martín, 1964, 66).

caracterizada por un conocimiento deficitario, una comunicación deficitaria y una participación deficitaria.

3.1. CONOCIMIENTO DEFICITARIO

En primer lugar, el modelo de déficit asume una concepción ingenua de conocimiento científico, así como una imagen idealizada de la práctica científica, entendida como una actividad autónoma y valorativamente neutra, cuyo producto son las teorías científicas y cuya herramienta es el método científico. Esta imagen idealizada de la ciencia, aglutinada bajo la denominación de «concepción heredada», dominó la filosofía de la ciencia durante la mayor parte de la primera mitad del siglo XX¹¹ hasta que a partir de los años sesenta la publicación de la obra de Th. Kuhn (1962) marca el inicio de un punto de inflexión, refutando la mayoría de las teorías positivistas por ser ahistóricas y estar desligadas de los avances de la ciencia real. A través del giro historicista, esta nueva filosofía entiende la ciencia no como una mera construcción lógica de fundamentación y justificación, sino más bien como un proceso dinámico real, y comenzará a acercarse a las prácticas científicas efectivamente aplicadas, y a las leyes y mecanismos de explicación realmente existentes, que incorporan no solo criterios lógicos, sino también aspectos históricos, sociales y cognitivos.

Originarios de esta época, los estudios sociales de la ciencia reflejan la nueva imagen de la ciencia y la tecnología como procesos sociales sujetos a factores externos. Autores como Bloor (1976-1992), Woolgar (1988) o Latour (1987) emprenden una crítica teórica de la visión tradicional de la ciencia como actividad independiente de los contextos en los que se desarrolla, e inauguran un campo multidisciplinar de investigación para elaborar una sociología del conocimiento científico. Estudios más recientes ponen de manifiesto la consolidación de una nueva concepción de la ciencia y la tecnología que involucra el manejo de incertidumbres irreductibles tanto en el ámbito del conocimiento como de la ética (Funtowicz y Ravetz, 1993), una vinculación con la noción de riesgo (Jasanoff, 1995) y una relación de trabajo más estrecha entre la academia, la industria y el Gobierno (Ziman, 1998).

11. Con algunas excepciones y revisiones parciales desde nueva filosofía analítica del lenguaje y el pragmatismo, así como por la postura del «segundo Wittgenstein».

Sin embargo, a pesar de los cambios operados en la conceptualización académica de la ciencia y la tecnología, la visión dominante en el campo de investigación de la cultura científica sigue asociada a la noción tradicional de ciencia, entendida como un cúmulo coherente de conocimiento objetivo, acabado, fiable y estable, que describe la naturaleza real de las cosas y en el que hay poco margen para la duda o el error. De acuerdo con esta concepción enciclopédica, el aprendizaje científico y tecnológico se reduce a transmitir y contener los conocimientos básicos de la ciencia cristalizada, sea esta socialmente válida o no, y la cultura científica de los individuos es entendida como resultado de una especie de adiestramiento o instrucción que se reduce a conocer los hechos, leyes y teorías que conforman el cuerpo de conocimientos científicos. En este sentido, cultura científica y alfabetización científica quedan asimiladas. Se desatiende, por un lado, a contenidos de carácter metacientífico procedentes de la sociología, la política o la filosofía de la ciencia; es decir, se omiten conocimientos sobre los usos políticos, las influencias económicas o los dilemas éticos de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, y se subestima el conocimiento de los impactos negativos, riesgos e incertidumbres de la ciencia y la tecnología. Por otro lado, se elude la utilidad del conocimiento científico; es decir, la ciencia y tecnología contemporáneas no pueden ser reducidas solo a nociones teóricas, sino que es necesario internalizarlas y ser capaz de emplearlas posteriormente en la vida (Henriksen y Froyland, 2000; López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005).

Existe, por tanto, un desajuste significativo entre la realidad de la dinámica social de la ciencia y la tecnología descrita por los autores anteriormente mencionados (destacando la presencia de incertidumbres y riesgos, el disenso entre expertos, la inclusión de aspectos éticos y valorativos, la vinculación con la política, etc.), y la visión tradicional del conocimiento científico, estrechamente vinculada al modelo positivista. En consecuencia, es necesario moverse desde una visión anacrónica de la ciencia y la tecnología hacia una nueva perspectiva que incorpore una concepción más amplia del conocimiento científico y que se corresponda con la nueva realidad social del sistema científico-tecnológico: un conocimiento que incluya no solo las potencialidades de la ciencia sino también sus incertidumbres, riesgos e interrogantes éticos; que tome conciencia acerca del

uso político de la misma; y que permita emplear la información disponible para la toma de decisiones, tanto en situaciones ordinarias como extraordinarias de la vida (Díaz y García, 2011). Partir de una u otra concepción de conocimiento científico implicará diferencias significativas a la hora de abordar los programas de promoción de la cultura científica y las prácticas de comunicación.

3.2. COMUNICACIÓN DEFICITARIA

En segundo lugar, el modelo de déficit asume una concepción instrumental, y centrada en la difusión, de la comunicación, cuya intencionalidad objetiva es causar un efecto a través de un proceso comunicativo donde la transmisión de información se produce desde un polo emisor, que se supone dotado de un determinado conocimiento, hacia un polo receptor, que carece de dicho conocimiento y reacciona al estímulo de la manera esperada: acepta el mensaje y adopta las actitudes esperadas. Así entendido, la adopción del modelo de déficit limita la práctica de la comunicación pública de la ciencia a una mera difusión de información científica en la sociedad, bajo el supuesto de que una adecuada instrumentalización de los mensajes y canales de comunicación conducirá a mejorar la imagen de la ciencia entre el público. Formulado de esta forma, el problema arroja toda la atención sobre el público y los medios de comunicación (Bucchi, 2008).

Esta concepción centrada en la difusión se asienta sobre un esquema unidireccional del proceso de comunicación, cuyo origen contemporáneo se remonta a lo que se conoce como *Mass Communication Research*, el programa fundacional de la investigación de la comunicación de masas y que ha dominado el modelo de comunicación desde los años cuarenta. Existe, sin embargo, una amplia literatura especializada (Gregory y Miller, 1998; Hilgartner, 1990; Lewenstein, 1995) que ha comenzado una revisión crítica y ha llamado la atención sobre la necesidad de volver a replantear las conclusiones de los primeros estudios en comunicación de masas procedentes de la psicología y la sociología.

Estos nuevos enfoques críticos plantean un cambio de modelo hacia relaciones más interactivas entre el público y la ciencia. En líneas generales, resaltan la idea de que la ciencia no puede ser separada de sus conexiones sociales e institucionales, y analizan la compleja red

de actores involucrados en las prácticas de comunicación de la ciencia y la tecnología. Se han propuesto, en consecuencia, modelos más interactivos entre el público y la ciencia (Gregory y Miller, 1998), en los que la comunicación se presenta como un proceso de múltiples vías, donde el conocimiento no siempre fluye de manera unidireccional desde los científicos hacia el público, sino que puede ser compartido o, incluso, multidireccional (Logan, 2001). Se considera, asimismo, como un proceso que depende tanto de los intereses de la comunidad científica y de otras autoridades sociales como de la audiencia (Lewenstein, 1995), donde las personas cuentan con su propio repertorio de conocimientos a la hora de construir una visión del mundo (Wynne, 1995) identificando una variedad de aspectos que juegan un papel relevante en la aceptación o rechazo del contenido científico que se está comunicando (Nascimento-Schulze, 2008).

3.3. PARTICIPACIÓN DEFICITARIA

En tercer lugar, adoptar el modelo lineal de comunicación supone adoptar también una concepción pasiva del público, en la medida en que la información fluye en una única dirección desde los «expertos» hacia el público, que aparece como un sujeto pasivo caracterizado en general como «lego». Se maneja, por tanto, una concepción excesivamente simplista e ingenua de la cultura científica, considerada como algo que los gestores del conocimiento proveen y los ciudadanos reciben.

Una de las reacciones más radicales que surgen ante esta concepción es el denominado enfoque constructivista (Wynne, 1995), y presenta quizá la crítica más completa al modelo de déficit: los supuestos epistemológicos, la definición de los conceptos básicos y el método de investigación.

En un contexto social de consideraciones éticas, incertidumbres epistémicas y responsabilidades compartidas, donde un amplio número de cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología nos enfrentan a debates abiertos, estudios inacabados, resultados contradictorios y discrepancias entre los propios expertos, la toma fundamentada de decisiones no puede basarse exclusivamente en argumentos científicos específicos. Más aun, este enfoque destaca el hecho de que los individuos no son entes vacíos y pasivos, sino que,

por el contrario, procesan la información que reciben, negocian su significado y la reinterpretan e integran en el contexto de sus creencias, valores e intereses. De hecho, autores como Irwin (1995), Wynne (1992) o Ziman (1991) subrayan la importancia de atender a las controversias locales y los problemas de la vida de las personas, donde los individuos involucrados participan activamente en la búsqueda de información en función de sus conocimientos y actitudes previas.

Como consecuencia, el éxito de un programa formativo o de comunicación va a depender entonces de un proceso mucho más complejo que una simple cuestión de transferencia lineal. Dimensiones como el interés, la confianza en las fuentes de información o la utilidad para la vida, se muestran como variables cruciales que van a tener un efecto determinante en la selección de los mensajes que se transmiten y reciben. En este sentido, la comunicación entre la ciencia y su público no puede ser contemplada como un proceso lineal de difusión, cuyos mensajes son recibidos por receptores pasivos, sino por agentes actitudinalmente activos y socialmente situados (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008).

3.4. MÁS ALLÁ DEL MODELO DE DÉFICIT

Siguiendo las principales líneas de reflexión de estos enfoques críticos, y como resultado de una investigación previa en sucesivas encuestas nacionales de percepción social de la ciencia¹², Cámara Hurtado y López Cerezo (2008) apuntan a un cambio de modelo, hacia una conceptualización más amplia de la cultura científica que atiende al valor y riqueza del conocimiento científico y su significatividad para el sujeto. Un sujeto entendido no como entidad pasiva, sino socialmente situado en tanto que usuario, consumidor, empresario, etcétera.

En la medida en que, cada vez más, el desarrollo científico-tecnológico se convierte en motivo de conflictos sociales, los individuos de una sociedad se ven abocados, de manera creciente, a hacer uso de la reflexión crítica en un intento por integrar la información recibida a través de distintos mecanismos (principalmente, la educación reglada

12. Véase al respecto López Cerezo y Cámara Hurtado (2005).

y los medios de comunicación) y hacer uso de ese conocimiento para el enriquecimiento de su propia vida: al tomar decisiones como consumidor en un supermercado, como usuario de un sistema de salud, como padre, como empresario o como trabajador.

Una cultura científica significativa es, entonces, una cultura crítica y personalizada que permite al sujeto que la posee enriquecer su experiencia personal mediante el uso de esa información, y formar juicios independientes sobre asuntos controvertidos relacionados con la ciencia y la tecnología. Se trata de incorporar esta información al propio bagaje personal para disponer de mejores elementos de juicio acerca de los componentes constitutivos del desarrollo científico-tecnológico: los impactos sociales de la ciencia y la tecnología, sus riesgos e incertidumbres, los interrogantes éticos que plantea, etc. No se trata, por tanto, ni de una asimilación y apoyo acrítico de todo lo relacionado con la ciencia y la tecnología, ni de una crítica global infundada, sino del ajuste de dos culturas: la de los expertos y la de los ciudadanos. En este sentido, el proceso de enculturación científica no puede ser contemplado de un modo pasivo, como una simple cuestión de instrucción, sino que viene caracterizado por un fuerte componente comportamental (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005).

En palabras de los autores, la cultura científica de un individuo «no solo consiste en su enriquecimiento cognitivo sino también en el reajuste de su sistema de creencias y actitudes, y, especialmente, en la generación de disposiciones al comportamiento basadas en información científica tanto en situaciones ordinarias de la vida como en situaciones extraordinarias» (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008, 64).

4. CENTROS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA... ¿DEFICITARIOS?

De manera casi paralela al surgimiento de esta creciente literatura crítica en el campo de la comunicación social de la ciencia, una nueva tendencia comienza a imponerse también en el ámbito museístico, lo que conlleva un replanteamiento del papel de los museos de ciencia y tecnología. A partir de los años sesenta, especialmente en EE UU y Canadá, empiezan a surgir nuevas instituciones museísticas bajo el nombre de «centros de ciencia», pensados y diseñados bajo

principios que responden abiertamente a la comunicación, siendo la función educativa una de las más relevantes. Se produce una especie de cambio de foco en el que el conocimiento pasa a girar alrededor del público, ubicado ahora en el centro. Es lo que se conoce actualmente como el movimiento *hands-on* de los centros de ciencia¹³.

Mientras que en los museos se trataba de mostrar la grandeza científico-tecnológica de una nación, en los actuales centros de ciencia se trata de satisfacer la necesidad de incrementar la cultura científica. El papel del público tampoco es el mismo, pasando de pasivo a activo. En términos generales, los centros de ciencia enfatizan la comunicación de la ciencia, dándole predominio a la didáctica basada en métodos que favorecen la interacción y la participación (Pérez *et al.*, 1998). Sin embargo, a pesar de su intento de separación con respecto a los museos, los centros de ciencia siguen aún lastrados por los supuestos del modelo de déficit: una concepción ingenua del conocimiento científico; una concepción instrumental de la comunicación; y, una visión pasiva del público.

Lo primero que debe decirse al respecto es que tanto en los museos como en los centros de ciencia pervive aún una concepción anacrónica. Normalmente, la ciencia es retratada como un conocimiento verdadero, al que se llega mediante una rigurosa y objetiva investigación (Butler, 1992); como algo objetivo, valorativamente neutral y al margen de problemas y controversias (Delicado, 2009). Cualquier referencia a la dimensión ética de la ciencia y la tecnología, cualquier pregunta acerca de las consecuencias de sus productos y procesos, así como cualquier vinculación con los problemas importantes del mundo o con la vida diaria es ignorada (Champagne, 1975). Si bien los centros de ciencia intentan despertar en el visitante cierto espíritu de investigación científica así como el deseo de descubrir por uno mismo los principios científicos, tienden a presentar la ciencia fragmentada y descontextualizada, sin preocuparse por transmitir cualquier tipo de

13. El movimiento *hands-on* puede ser rastreado hasta los años treinta, cuando la Children's Gallery del Science Museum de Londres introdujo los primeros modelos interactivos que consistían básicamente en pulsar botones. No obstante, se considera el padre del movimiento a Frank Oppenheimer, por su innovador trabajo en el Exploratorium (San Francisco), concebido de tal forma que los visitantes pudieran aprender ciencia por sí mismos, mediante la participación y la interacción con dispositivos diseñados a tal efecto.

comprensión sistemática más allá de lo que el dispositivo interactivo permita (Durant, 2001-1992).

En este sentido, una imagen idealizada de la ciencia, persistente en los museos y centros de ciencia, dificultará el tratamiento de temas científicos que siguen abiertos e involucran factores sociales, políticos o económicos¹⁴. Mientras que los museos y centros de ciencia tienden a evadir el tratamiento de controversias científicas (Delicado, 2009), principalmente porque asumen que la comunicación de la ciencia es una simple cuestión de transmitir hechos científicos a un público más o menos receptivo (Macdonald y Silverstone, 1992), desde los estudios sociales de la ciencia existe un argumento adicional que conviene subrayar: en los casos de controversia científica, los actores sociales, los hechos y su interpretación, las teorías científicas implicadas o los resultados de las investigaciones son objeto de una fuerte discusión, que se ve muchas veces influenciada por el tratamiento de los medios de comunicación, los intereses políticos en juego, las expectativas económicas, profesionales, personales, etc. (Delicado, 2009). Por todo ello, el tratamiento de una controversia científica no solo acercará los ciudadanos a la ciencia contemporánea y a la actividad de los científicos, sino que incrementará su información científica y les permitirá estar mejor preparados para debatir y tomar decisiones (Macdonald y Silverstone, 1992), y aumentará, en última instancia, la confianza del público en la ciencia (Nelkin, 1995).

En segundo lugar, basta con pasearse por un museo o centro de ciencia para constatar enseguida que el esquema unidireccional, y centrado en la difusión, de la comunicación también está presente en ellos. Tanto los museos como los centros de ciencia y tecnología se conciben a sí mismos como un enorme medio de comunicación, con su propia forma discursiva, un polo emisor, que es la comunidad científica; un canal de comunicación, que puede ser el propio edificio y las exposiciones de objetos; un mensaje, que son los contenidos del

14. Nelkin (1995) identifica distintos tipos de controversias: aquellas relacionadas con las implicaciones sociales, morales, o religiosas de una teoría científica o de ciertas prácticas de investigación; las derivadas de la tensión entre valores medioambientales y prioridades políticas y económicas, o entre expectativas individuales y fines comunes; las concernientes a riesgos para la salud causados por prácticas industriales y comerciales; las relativas a proyectos científicos, como infraestructuras a gran escala; o las relativas a patentes, propiedad intelectual o fraude en ciencia.

museo; y un polo receptor, que es el visitante (Hernández Hernández, 1998), sin embargo, descuidan una peculiaridad que los diferencia de otros medios similares, como la televisión o la prensa. Mientras que la comunicación de masas se produce en una sola dirección, en ausencia de una de las partes, el ámbito museístico está en condiciones de proporcionar un espacio propicio para establecer una comunicación bidireccional, mediante la organización de grupos de debate, charlas, visitas con guía, demostraciones, preguntas, grupos de debate y actos sociales, etc. (Hooper-Greenhill, 1998). Este tipo de actividades, de una gran carga interactiva, tienen una presencia cada vez mayor en museos de todo tipo. Sin embargo, parece existir cierta laguna al respecto en los estudios académicos de museos, especialmente aquellos dedicados a las prácticas comunicativas en ellos.

Atender a las últimas aportaciones realizadas en el campo de la comunicación de la ciencia y la cultura científica, como las anteriormente analizadas, podría resultar muy provechoso de cara a mejorar la oferta formativa de los museos y centros de ciencia y tecnología. Aquí, la teoría de las representaciones sociales y sus resultados de investigación pueden ser considerados como capaces de contribuir en una reflexión teórica seria, que atienda, por ejemplo, al impacto de un contenido científico particular en las prácticas diarias de los miembros de una comunidad, y viceversa. Antes de acudir a un museo, el ciudadano construye su imagen sobre la ciencia y los científicos utilizando canales transversales, tales como novelas, películas, obras de arte, música, etc. Las iniciativas adoptadas para la divulgación de la ciencia demandan entonces del mediador la transmisión de las nuevas ideas científicas de una manera que les permita ser aprehendidas por la esfera pública.

En tercer lugar, tanto los museos como los centros de ciencia y tecnología han considerado al público como una entidad pasiva. Esta es una de las principales premisas que han guiado la gestión de las exposiciones: en sus orígenes, en los años sesenta, la participación del visitante en las exhibiciones de un centro de ciencia consistía en apretar botones. Esta forma de entender la participación, demasiado simple, llevó al descrédito de aquellos centros que la practicaban. En una segunda etapa, a la luz de los avances acontecidos en el campo de la didáctica de las ciencias entre 1980 y 1990, comenzaron a surgir dudas sobre la eficacia de la metodología interactiva. Estos estudios

destacaban que la manipulación era insuficiente para generar aprendizaje, y que el contexto teórico desde el que el visitante accede al museo, su forma de ver el mundo y su escala de valores han de ser tenidos en cuenta (Guisasola y Intxausti, 2000).

De nuevo, la investigación sobre representaciones sociales también puede ser útil aquí, en el desarrollo de exposiciones itinerantes para comunidades locales, potenciando y dando voz a sus miembros, mientras son entrevistados sobre los mismos temas que inspiran las exposiciones (Nascimento-Schulze, 2008). Tal interés en las ideas del público parece ser compatible con el análisis de Bradburne (2000) y su hincapié en la importancia de crear ambientes informales para el público, animando a ciudadanos de todas las procedencias a participar en entornos de aprendizaje informal en los centros de ciencia. Además, hace explícito el enfoque «de abajo hacia arriba», en el que el público es visto como suficientemente competente no solo para recibir conocimientos, sino también para generar y proponer información y nuevos enfoques.

Recientemente, en los centros de ciencia ha comenzado a entenderse la participación como: «Una asociación compleja entre los visitantes y la exposición, que ofrece perspectivas para la manipulación, la experimentación, y la estimulación de los sentidos cuanto sea posible» (Orchiston y Bhathal, 1984, 37). Sin embargo, parece que, en general, la innovación introducida se reduce a una mera sofisticación de la interfaz, sustituyendo la vitrina por el botón, pero sin cuestionar el modelo lineal. Los supuestos quedan intactos, y los cambios introducidos se limitan a una modificación de carácter cuantitativo¹⁵ sin cambios cualitativos sustanciales. En este sentido,

15. Según Shortland: «En este momento en el que existe una fuerte presión desde distintos ángulos por promover una apropiada educación científica, y de contextualizarla, cierto tipo de exhibiciones muestran la importante función que pueden desempeñar los centros de ciencia. Sin embargo, la mayoría de los módulos interactivos ofrecen percepciones sobre la ciencia sin hacer referencia al contexto social o intelectual» (Shortland, 1987, 214). Shortland pone el ejemplo del módulo interactivo «Air Jet» del Launch Pad, un centro interactivo de ciencia integrado en el Science Museum de Londres. El objetivo del «Air Jet» es relacionar una teoría científica (el efecto Bernoulli), un artefacto tecnológico (un avión) y un fenómeno (volar) mediante la siguiente interacción: balancear una bola en un chorro vertical de aire. El módulo ilustra el efecto que produce la presión que eleva el avión al aire, pero no explica ni el efecto ni por qué el avión vuela.

Baird (1986) advierte de que el intento de distanciamiento de los centros de ciencia respecto a los museos de ciencia y tecnología ha fallado.

5. CONCLUSIONES

La historia de los museos de ciencia y tecnología aparece vinculada, ya desde sus orígenes, a los supuestos de un ámbito de investigación más amplio, en relación con la necesidad de acercar la ciencia y la tecnología de la época a un público cada vez mayor. Ya fuese con fines recreativos, educativos o persuasivos, los museos de ciencia y tecnología han tenido entre sus objetivos principales el fomento de la cultura científica. Sin embargo, que esta forme parte de sus objetivos no asegura que se produzca el proceso de enculturación científica. Tal y como se ha visto a lo largo de este trabajo, los museos y centros de ciencia replican a grandes rasgos los supuestos ideológicos y epistemológicos del modelo de déficit, descritos en este trabajo en términos de una concepción de conocimiento, comunicación y participación deficitarias.

En los años sesenta, el estudio de los museos evolucionó hacia el desarrollo de maneras más complejas de entender la relación entre el público y la ciencia. Sin embargo, a pesar de los intentos operados por corregir las deficiencias y limitaciones de los museos de ciencia y tecnología, la reflexión teórica acerca de la validez de sus metodologías e hipótesis de partida ha tenido un desarrollo mucho menor.

Es necesario dar un paso más allá hacia una concepción de conocimiento, comunicación y participación no deficitaria, fundamentada en las últimas aportaciones provenientes de los estudios sociales de la ciencia. Este desafío debe plantearse como un nuevo reto a asumir tanto por parte de los investigadores como de las instituciones competentes: si los estudios sociales de la ciencia tienen como uno de sus focos de estudio los mecanismos de comunicación social de la ciencia y la tecnología, y los museos están siendo promocionados como lugares de excelencia para la comunicación de la ciencia y la tecnología, entonces los estudios sociales de la ciencia deberían concederle una atención prioritaria al sistema museístico actual; un

campo de estudio aún emergente, pero no por ello ausente de importancia e interés.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, y en una imagen aún preliminar, queremos formular entonces la siguiente propuesta: se hace necesaria la creación de un espacio híbrido que permita la confluencia de la ciencia, la tecnología y la sociedad. A esta especie nueva de museo la denominaremos «museo de ciencia, tecnología y sociedad».

En este nuevo tipo de museos, la ciencia debe estar contextualizada en lo social. Ha de mostrar los resultados de la ciencia, el método empleado para obtenerlos y abordar temas de controversia que involucren al público (Mazda, 2004). La comunicación de la ciencia debe ser entendida como un proceso no lineal cuyo origen puede darse tanto en contextos expertos como en contextos no expertos. En este sentido, la recepción de la comunicación de la ciencia no debe ser entendida como un proceso pasivo, sino como un conjunto complejo de procesos formativos que puede, de vuelta, tener un impacto en el núcleo mismo de los propios debates científicos (Bucchi, 2008). El público de un museo de ciencia, tecnología y sociedad debe ser universal, aunque siempre atendiendo a sus particularidades. Es decir, ser sensible al contexto particular desde el cual el visitante se acerca a la ciencia, así como a sus conocimientos previos, sus actitudes y sus valores hacia la ciencia, entendiendo que tiene derecho a rehacer su verdad por sí mismo, evitando enviar mensajes blindados por la tradición de la autoridad científica (Wagensberg, 2000). En un museo de ciencia, tecnología y sociedad el público debe ser considerado, en definitiva, como activo y socialmente situado, propiciando que el ciudadano entienda el proceso entre el descubrimiento científico y la aplicación tecnológica, así como el debate de las implicaciones sociales, morales y económicas de las mismas, además de favorecer un debate interdisciplinar donde se puedan explicitar las diferentes facetas de la naturaleza de la ciencia como su filosofía, sociología e historia (Guisasola y Intxausti, 2000).

Partir de esta concepción de museo implicará diferencias no solo a la hora de abordar la naturaleza de la ciencia, sino también la acción comunicativa y la orientación de los estudios de museo, integrados en un campo de investigación más amplio. Los estudios sociales de la ciencia, especialmente aquellos dedicados a la comunicación,

deben repensar el sistema museístico, aunque esto implique acercarse a enfoques donde la ciencia deje de ser ciencia y el museo deje de ser museo, al menos en sus sentidos tradicionales.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO FERNÁNDEZ, L. (1993): *Museología. Introducción a la teoría y práctica del museo*, Madrid: Istmo.
- BAIRD, D. M. (1986): «Science museums in the modern world», *Curator*, nº 29 (3), pp. 213-220.
- BAUER, M.; ALLUM, N. y MILLER, S. (2007): «What can we learn of 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda», *Public Understanding of Science*, nº 16, pp. 79-95.
- BECK, U. (1986-1998): *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*, Barcelona: Paidós.
- BERNAL, J. D. (1967): *Historia social de la ciencia*, Barcelona: Península.
- BLOOR, D. (1976-1992): *Conocimiento e imaginario social*, Barcelona: Gedisa.
- BRADBURNE, J. (2000) «Tracing our routes: Museological strategies for the 21st Century», en SCHIELE, B. y KOSTER, E. H. (eds.), *Science Centers for This Century*, Quebec: Multimondes, pp. 35-85.
- BUCCHI, M. (2008): «Of deficits, deviations and dialogues: theories of public communication of science», en BUCCHI, M. y B. TRENCH, B. (eds.), *Handbook of public communication of science and technology*, Nueva York: Routledge, pp. 57-76.
- BUTLER, S. (1992): *Science and technology museums*, Leicester: Leicester University Press.
- BURCAW, G. E. (1997): *Introduction to a museum work* (3ª ed.), California: Altamira Press.
- BURTON, A (1999): *Vision and accident: the story of the Victoria and Albert Museum*, Londres: V&A Publications.
- CÁMARA HURTADO, M. y LÓPEZ CEREZO, J. A. (2008): «Dimensiones políticas de la cultura científica», en LÓPEZ CEREZO, J. A y GÓMEZ GÓNZÁLEZ, F. J. (eds.). *Apropiación social de la ciencia*, Madrid: Biblioteca Nueva- OEI.
- CASTELLS, M. (1998): *La sociedad red*, 3 vols., Madrid: Alianza.
- CHAMPAGNE, D.W. (1975): «The Ontario Science Center in Toronto: Some impressions and some questions», *Educational Technology*, nº 15 (8), pp. 36-39.

- DELICADO, A. (2009): «Scientific controversies in museums: notes from a semi-peripheral country», *Public Understanding of Science*, nº 18 (6), pp. 759-767.
- DÍAZ, I. y GARCÍA, M. (2011): «Más allá del paradigma de la alfabetización. La adquisición de cultura científica como reto educativo», *Formación Universitaria*, nº 4 (2), pp. 3-14.
- DURANT, J. (2001): «Introduction», en DURANT, J. (ed.), *Museums and the public understanding of science*, Londres: Science Museum, pp. 7-11.
- ECHEVERRÍA, J. (2003): *La revolución tecnocientífica*, Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- ELENA, A. (1989): *A hombros de gigantes: estudios sobre la primera revolución científica*, Madrid: Alianza.
- FUNTOWICZ, S. O. y RAVETZ, J. R. (1993): *Ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria 2000.
- GREGORY, J. y MILLER, S. (1998): *Science in public: Communication, culture and credibility*, Nueva York: Plenum Trade.
- GUIASOLA, G. y INTXAUSTI, S. (2000): «Museos de ciencia y educación científica: una perspectiva histórica», *Alambique*, nº 26, pp. 7-14.
- HENRIKSEN, E. y FROYLAND, M. (2000): «The contribution of museums to scientific literacy: views from audience and museum professionals», *Public Understanding of Science*, nº 9, pp. 393-415.
- HILGARTNER, S. (1990): «The dominant view of popularization: conceptual problems, political uses», *Social Studies of Science*, nº 20 (3), pp. 519-539.
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F. (1998): *El museo como espacio de comunicación*, Gijón: Trea.
- HOOPER-GREENHILL, E. (1998): *Museums and their visitors*, Londres: Routledge.
- IRWIN, A. (1995): *Citizen Science: A study of People, Expertise and Sustainable Development*, Nueva York: Routledge.
- JASANOFF, S. (1995): «Procedural Choices in Regulatory Science», *Technology in Society*, nº 17 (3), pp. 279-293.
- KUHN, T. S. (1962): *The structure of scientific revolutions*, México: FCE.
- LATOUR, B. (1987-1992): *Ciencia en acción*, Barcelona: Labor.
- LEWENSTEIN, B. V. (1995): «Science and the Media», en JASANOFF, S.; MSRILE, G. E.; PETERSEN, J. C. y PINCH, T. (eds.), *Handbook of science and technology studies*, Nueva York: SAGE Publications, pp. 343-360.
- LOGAN, R. A. (2001): «Science Mass Communication. Its conceptual history», *Science Communication*, nº 23 (2), pp. 135-163.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. y CÁMARA HURTADO, M. (2005): «Apropiación social de la ciencia», En FECYT, *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2004*, Madrid: FECYT.

- MACDONALD, S. y SILVERSTONE, R. (1992): «Science on display: The representation of scientific controversy in museum exhibitions», *Public Understanding of Science*, nº 1, pp. 69-87.
- MARTÍN, C. S. (1964): *Hacia un museo español de la ciencia y de la técnica. Informe sobre los museos de ciencia y técnica más importantes del mundo*, Madrid: Instituto Leonardo Torres Quevedo.
- MAURIE'S, P. (2002): *Cabinets of curiosities*, Londres: Thames & Hudson Ltd.
- MAZDA, X. (2004): «Dangerous ground? Public engagement with scientific controversy», en CHITTENDEN, D.; FARMELO, G. y LEWENSTEIN, B. V. (eds.), *Creating Connections: Museums and the Public Understanding of Research*, Walnut Creek: AltaMira Press, pp. 127-144.
- MILLER, J. D. (2002): «Civic scientific literacy: A necessity in the 21st Century», *FAS Public Interest Report*.
- (2004): «Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: what we know and what we need to know», *Public Understanding of Science*, nº 13, pp. 273-294.
- NASCIMENTO-SCHULZE, C.M. (2008): «Science and society: To indicate, to motivate or to persuade?», *Diogenes*, nº 217, pp. 133-142.
- NELKIN, D. (1995): «Science controversies: The dynamics of public disputes in the US», en JASANOFF, S.; MARKLE, G.; PETERSEN y PINCH, T. (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres: SAGE, pp. 444-456.
- ORCHISTON, W. y BHATHAL, R. (1984): «Introducing the Science Centrum: A new type of science museum», *Curator*, nº 27 (1), pp. 33-47.
- PÉREZ, C.; DÍAZ, M. P.; ECHEVERRÍA, I.; MORETÍN, M. y CUESTA, M. (1998): *Centros de ciencia: Espacios interactivos para el aprendizaje*, País Vasco: Servicio editorial de la Universidad del País Vasco.
- POLINO, C. y CASTELFRANCHI, Y. (en prensa): «Comunicación pública de la ciencia. Historia, prácticas y modelos».
- SCHIELE, B. (2008): «Science museums and science centers», en BUCCHI, M. y B. TRENCH, B. (eds.), *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, Londres-Nueva York: Routledge, pp. 27-39.
- SHORTLAND, M. (1987): «No business like showing business», *Nature*, nº 328, pp. 213-214.
- WAGENSBERG, J. (2000): «Principios fundamentales de la museología científica moderna», *Alambique*, nº 26, pp. 15-19.
- WILTHEY, S. B. (1959): «Public opinion about science and scientist», *Public Opinion Quarterly*, nº 23 (3), pp. 382-388.
- WOOLGAR, S. (1988/1991): *Ciencia: abriendo la caja negra*, Barcelona: Anthropos.

- WYNEE, B. (1992): «Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science», *Public Understanding of Science*, nº 1, pp. 281-304.
- (1995): «Public Understanding of Science», en JASANOFF, S.; MSRKLE, G. E.; PETERSEN, J. C. y PINCH, T. (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Londres: Sage, pp. 361-388.
- ZIMAN, J. (1991): «Public Understanding of Science», *Science, Technology and Human Values*, nº 16, pp. 99-105.
- (1998): *¿Qué es la ciencia?*, Madrid: Cambridge University Press.