

Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica^[]*

Alexandre Segarra, Amparo Vilches y Daniel Gil

Universitat de València y OEI (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
(Dirección de contacto: Amparo Vilches, <http://www.uv.es/~vilches/>;
amparo.vilches@uv.es)

Resumen:

Este trabajo se centra en el estudio de la contribución de los museos de ciencias al proceso de alfabetización científica, analizando cómo presentan las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente. En particular se analiza en qué medida los museos de ciencias contribuyen a superar la visión distorsionada de la tecnología, como mera aplicación de la ciencia, que suele transmitir la enseñanza reglada de las ciencias.

Palabras clave: Alfabetización científica; Relaciones CTSA (Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente); Educación ciudadana; Educación no reglada.

Abstract:

This paper focuses on the contribution of science museums towards scientific literacy and analyses how science-technology-environment relations are presented. More specifically, we analyse just how much science museums contribute to overcoming the distorted vision of technology, as a mere application of science that formal science education often transmits.

Key Words: Scientific literacy; Science-Technology-Society-Environment relationships; Citizen Education; Informal Education.

(Fecha de recepción: abril, 2008, y de aceptación: septiembre, 2008)

[*] Este artículo ha sido concebido como contribución a la Década de la Educación para un futuro sostenible, instituida por Naciones Unidas para el periodo 2005-2014. (Ver <http://www.oei.es/decada/>).

Introducción

La educación científica del conjunto de la ciudadanía se ha convertido, en opinión de los expertos, en una exigencia urgente, en un factor esencial del desarrollo de las personas y de los pueblos (Bybee y DeBoer, 1994; National Research Council, 1996; Bybee, 1997; Fourez, 1997; Marco, 2000; Gil Pérez y Vilches, 2001 y 2005; Gil Pérez et al., 2005a; Rocard et al., 2007). Así, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba: “... *es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad (...) a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a la aplicaciones de los nuevos conocimientos*” (Declaración de Budapest, 1999).

Este esfuerzo por el logro de la alfabetización científica de la ciudadanía como requisito para su adecuada participación en la toma de decisiones no ha de limitarse a la enseñanza formal, sino que puede y debe contar con el apoyo de todos los ámbitos educativos, como museos, exposiciones, prensa y otros medios de comunicación, etc. Aquí nos centraremos, concretamente, en el papel de los museos de ciencia y tecnología.

1. Contribución de la educación no formal a la alfabetización científica de la ciudadanía: el papel de los museos de ciencia y tecnología

La adquisición de la alfabetización científica que precisa hoy una ciudadanía que ha de participar en la toma de decisiones en torno a problemas de relación ciencia-tecnología-sociedad, CTS (o, como empieza a generalizarse, CTSA, agregando la A de Ambiente para llamar la atención sobre los graves problemas de degradación del medio que afectan a la totalidad del planeta) se puede y debe procurar, como ya hemos señalado, no sólo a través de la educación formal sino también de la no reglada.

Por dicha razón, desde hace ya algunas décadas, los profesores de ciencias estamos siendo llamados a abrir la escuela hacia el exterior y a realizar visitas a museos, exposiciones temporales, centros en los que se ofrecen talleres de prácticas científicas, a la vez que se potencia el uso de diferentes medios de comunicación: noticias de actualidad relacionadas con desarrollos científicos y tecnológicos y sus implicaciones, páginas científicas de la prensa diaria, revistas, libros de divulgación, documentales cinematográficos, programas informáticos, etc. (González, Gil-Pérez y Vilches, 2002; Calero, Gil Pérez y Vilches, 2006; Calero, 2007). La creciente importancia concedida a la educación científica no formal es puesta de manifiesto por la gran cantidad de investigaciones que sobre ella se realizan, así como por la publicación de monográficos en revistas didácticas (Aster nº 29, 1999; Alambi-

que nº 25, 2000; Alambique nº 43, 2005) y la aparición de publicaciones especializadas en la divulgación científica para la enseñanza como la revista electrónica de libre acceso *Eureka*, que lleva como subtítulo *Revista sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.

Algunas aportaciones han señalado ciertas limitaciones de la educación no formal, en el caso de los Museos, exposiciones y documentales. Así, Scrive (1989) ha mostrado que las imágenes tan profusamente utilizadas en las exposiciones y en los documentales cinematográficos no tienen el poder educativo esperado por lo que se refiere al aprendizaje conceptual. Pero el resultado cambia, afirma el mismo Scrive, cuando esas imágenes se centran en las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad: el cine y la ciencia pueden encontrar un lenguaje común si la ciencia se sitúa en su contexto social y filosófico. Entonces el cineasta puede expresarse a través de una ciencia abierta, rica en aventuras y plena de incertidumbres. De ese modo los filmes científicos resultarán atractivos e instructivos. En el mismo sentido, Allard (1999) sostiene que el aprendizaje en un museo no se limita al plano cognitivo sino que incluye también aspectos afectivos, estéticos, etc. Todo apunta, pues, a que la educación no formal ha de centrarse, más que en lograr un aprendizaje conceptual, en despertar el interés por la ciencia y generar las ganas de aprender ciencia.

Dentro de esta perspectiva, nuestro estudio –que forma parte de una investigación más amplia orientada a la presentación de una Tesis Doctoral (Segarra, 2007) se centra en el análisis

de la contribución de los museos de ciencias al proceso de alfabetización científica. Más concretamente, nos proponemos estudiar cómo se presentan en los museos de ciencias las relaciones entre la ciencia y la tecnología. Nos referiremos para ello previamente a las deformaciones señaladas en la literatura acerca de cómo la educación científica reglada presenta, a menudo, dichas relaciones (Maiztegui et al., 2002; Fernández et al., 2005; Ferreira, Gil-Pérez y Vilches, 2006) contribuyendo a generar actitudes de desinterés e incluso de rechazo hacia la tecnociencia muy generalizadas (Furió y Vilches, 1997; Rocard et al., 2007).

2. Visiones deformadas de las relaciones entre ciencia y tecnología

La transmisión de una visión descontextualizada, socialmente neutra que olvida dimensiones esenciales de la actividad científica y tecnológica, como su impacto en el medio natural y social o los intereses e influencias de la sociedad en su desarrollo ha sido denunciada por una abundante literatura (Gil, 1993; Hodson, 1994; Solbes y Vilches, 1997; Fernández et al., 2002 y 2005; Gil Pérez et al., 2005b). Este tratamiento descontextualizado comporta, muy en particular, una falta de clarificación de las relaciones entre ciencia y tecnología.

Habitualmente la tecnología es considerada una mera aplicación de los conocimientos científicos. De hecho, la tecnología ha sido vista tradicionalmente como una actividad de menor esta-

tus que la ciencia 'pura' (Acevedo, 1996; De Vries, 1996; Cajas, 1999 y 2001), por más que ello haya sido rebatido por epistemólogos como Bunge (1976 y 1997). Hasta muy recientemente, su estudio no ha formado parte de la educación general de los ciudadanos (Gilbert, 1992 y 1995), sino que ha quedado relegado, en el nivel secundario, a la llamada formación profesional, a la que se orientaba a los estudiantes con peores rendimientos escolares, frecuentemente procedentes de los sectores sociales más desfavorecidos (Rodríguez, 1998; Ferreira, Gil-Pérez y Vilches, 2006). Ello responde a la tradicional primacía social del trabajo 'intelectual' frente a las actividades prácticas, 'manuales', propias de las técnicas (Medway, 1989; López Cubino, 2001).

Sería relativamente fácil, sin embargo, cuestionar esta visión simplista de las relaciones ciencia-tecnología: bastaría reflexionar brevemente sobre el desarrollo histórico de ambas (Gardner, 1994) para comprender que la actividad técnica ha precedido en milenios a la ciencia y que, por tanto, en modo alguno puede considerarse como mera aplicación de conocimientos científicos. Incluso los inventos tecnológicos actuales, no pueden ser considerados como simples aplicaciones de determinadas ideas científicas, porque suelen tener un origen que muchas veces es independiente de dichas ideas como, muy en particular, necesidades humanas que han ido evolucionando, otras invenciones que le precedieron o conocimientos y experiencia práctica acumulada de muy diversa índole.

Pero lo más importante, por lo que se refiere al propósito de la alfabetización científica y tecnológica, es clarificar lo que la educación ciudadana pierde con esta infravaloración de la tecnología (Ferreira, Gil Pérez y Vilches, 2006). Ello nos obliga a preguntarnos, como hace Cajas (1999), si hay algo característico de la tecnología que pueda ser útil para la formación científica de los ciudadanos y que los profesores de ciencias no estemos tomando en consideración. En este sentido, numerosos autores han consensuado algunas características esenciales de la tecnología que, si se ignoran, refuerzan la existencia de serias distorsiones acerca de la naturaleza de la actividad científica (Gardner, 1994; Cajas, 1999; Maiztegui et al., 2002), lo cual repercute negativamente, insistimos, en el interés hacia el aprendizaje científico-tecnológico y supone una traba para el objetivo de lograr una sociedad científicamente alfabetizada.

Así, interesa destacar que el objetivo de los tecnólogos ha sido y sigue siendo, fundamentalmente, producir y mejorar artefactos, sistemas y procedimientos que satisfagan necesidades y deseos humanos, más que contribuir a la comprensión teórica, es decir, a la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos (Mitcham, 1989; Gardner, 1994). Ello no significa que no utilicen o construyan conocimientos, sino que los construyen para situaciones específicas reales (Cajas, 1999) y, por tanto, complejas, en las que no es posible dejar a un lado toda una serie de aspectos que en una investigación científica pueden ser obviados como no relevantes, pero que es preciso contemplar en el dise-

ño y manejo de productos tecnológicos que *han de funcionar* en la vida real. El cómo se convierte en la pregunta central, por encima del porqué. Un cómo que, en general, no puede responderse únicamente a partir de principios científicos: al pasar de los diseños a la realización de prototipos y de éstos a la optimización de los procesos para su producción real, son innumerables -y, a menudo, insospechados- los problemas que deben resolverse. El resultado final ha de ser el funcionamiento correcto, en las situaciones requeridas, de los productos diseñados (Moreno, 1988; Ferreira, Gil-Pérez y Vilches, 2006). La presentación de esos productos como simple aplicación de algún principio científico sólo es posible en la medida en que no se presta atención a las situaciones reales. *Se pierde así una ocasión privilegiada para conectar con la vida diaria de los estudiantes*, para familiarizarles con lo que supone la concepción y realización práctica de artefactos y su manejo real, superando los habituales tratamientos puramente librescos y verbalistas.

Estos planteamientos afectan también, en general, a las propuestas de incorporación de la dimensión CTSA, que se han centrado en la discusión de la relevancia de los problemas abordados, estudiando sus aplicaciones y posibles repercusiones (poniendo énfasis en la toma de decisiones)... pero que han dejado a un lado otros aspectos clave de lo que supone la elaboración de productos tecnocientíficos: el análisis medios-fines, el diseño y realización de prototipos (con la resolución de innumerables problemas prácticos), la optimización

de los procesos de producción, el análisis riesgo-coste-beneficio, la introducción de mejoras sugeridas por el uso, en definitiva, todo lo que supone la realización práctica y el manejo real de los productos tecnológicos de los que depende nuestra vida diaria.

De hecho las referencias más frecuentes a las relaciones CTSA que incluyen la mayoría de los textos escolares de ciencias se reducen a la enumeración de algunas *aplicaciones* de los conocimientos científicos (Solbes y Vilches, 1997), cayendo así en una exaltación acrítica de la ciencia como factor absoluto de progreso.

Frente a esta ingenua visión de raíz positivista, comienza a extenderse una tendencia a descargar sobre la ciencia y la tecnología la responsabilidad de la situación actual de deterioro creciente del planeta, lo que no deja de ser una nueva simplificación maniquea en la que resulta fácil caer y que llega a afectar, incluso, a algunos libros de texto (Solbes y Vilches, 1998). No podemos ignorar, a este respecto, que son científicos quienes estudian los problemas a que se enfrenta hoy la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones (Sánchez Ron, 1994; Giddens, 1999; Vilches y Gil, 2003). Por supuesto, no sólo los científicos ni todos los científicos. Es cierto que son también científicos y tecnólogos quienes han producido, por ejemplo, los compuestos que están destruyendo la capa de ozono, *pero junto a economistas, políticos, empresarios y trabajadores*. Las críticas y las llamadas a la responsabilidad han de extenderse a todos, incluidos los "simples" consumi-

dores de los productos nocivos (Vilches et al., 2008).

El olvido de la tecnología es expresión de visiones puramente operativistas que ignoran completamente la contextualización de la actividad científica (Stinner, 1995), como si la ciencia fuera un producto elaborado en torres de marfil, al margen de las contingencias de la vida ordinaria. Se trata de una distorsión que conecta con la que contempla a los científicos como seres especiales, genios solitarios que manejan un lenguaje abstracto, de difícil acceso.

Esta concepción individualista y elitista es, junto a la visión descontextualizada que acabamos de analizar -y a la que está estrechamente ligada- otra de las deformaciones más extendida (Fernández et al., 2002). Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos de investigación... En particular, se deja creer que los resultados obtenidos por un solo científico o equipo pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

A menudo se insiste explícitamente en que el trabajo científico es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos y, muy en particular, de las alumnas, con claras discriminaciones de naturaleza social y sexual: la ciencia es presentada como una actividad eminentemente "masculina".

Se contribuye, además, a este elitismo escondiendo la significación de los conocimientos tras presentaciones

exclusivamente operativistas. No se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia comprensible y accesible (comenzando con tratamientos cualitativos, significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos.

La falta de atención a la tecnología contribuye a esta visión individualista y elitista: por una parte se obvia la complejidad del trabajo científico-tecnológico que exige, como ya hemos señalado la integración de diferentes clases de conocimientos, difícilmente asumibles por una única persona; por otra, se minusvalora la aportación de técnicos, maestros de taller, etc., quienes a menudo han jugado un papel esencial en el desarrollo científico-tecnológico. El punto de partida de la Revolución Industrial, por ejemplo, fue la máquina de vapor de Newcomen, que era fundidor y herrero. Como afirma Bybee (2000), "Al revisar la investigación científica contemporánea, uno no puede escapar a la realidad de que la mayoría de los avances científicos están basados en la tecnología". Y ello cuestiona la visión elitista, socialmente asumida, de un trabajo científico-intelectual por encima del trabajo técnico.

La visión descontextualizada se ve reforzada, pues, por las concepciones individualistas y elitistas de la ciencia. De hecho las distintas visiones deformadas de la ciencia y la tecnología están estrechamente vinculadas y se apoyan mutuamente (Fernández et al., 2005), por lo que nuestra investigación analiza en qué medida los museos de ciencias incurren en el conjunto de las mismas

(Segarra, 2007), pero en esta contribución nos centraremos, en particular, en la forma en que los museos de ciencias presentan la relación ciencia-tecnología y en qué medida salen o no al paso de visiones individualistas y elitistas del trabajo científico.

3. Las relaciones ciencia-tecnología en los museos de ciencias

El papel de los museos en el proceso de alfabetización científica se fundamenta en su objetivo explícito de constituir centros educativos, de difusión y divulgación científica, que posibiliten la aproximación a la ciencia por parte del conjunto de la sociedad (Aguirre Pérez, 2004). Ello exige, en particular, proporcionar una imagen adecuada de la tecnociencia como actividad abierta y creativa, sin caer en las distorsiones y simplismos empobrecedores de las relaciones ciencia-tecnología a los que nos hemos referido en el apartado anterior. Algo que cabe esperar suceda, dado que los museos de ciencia han sido concebidos, tradicionalmente, como exponentes propagandísticos de los logros científicos (Pedretti, 2002 y 2004), contribuyendo a transmitir visiones de la ciencia y la tecnología de un optimismo simplista.

Un objetivo central de nuestra investigación ha sido, precisamente, estudiar en qué medida los museos de ciencia y tecnología presentan una visión correcta de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad.

En síntesis, el diseño concebido ha consistido en una visita sistemática a

un número elevado de museos –incluidos algunos de los más prestigiosos internacionalmente– donde, además de hacer las anotaciones que de la visita se generaron, se procedió a fotografiar la información proporcionada para realizar después un detenido análisis de la misma, ayudándonos, en su caso, con la información suministrada por las páginas web de que disponen la generalidad de los museos.

De este modo, hemos intentado tomar en consideración toda la información disponible, incluso aquella que apenas llama la atención y que pasa desapercibida a la mayoría de los visitantes. El hecho de haber fotografiado sistemáticamente el contenido del museo ha posibilitado la repetición de los análisis para salir al paso de las escasas discrepancias que han aparecido en los resultados obtenidos por distintos miembros del equipo, garantizando resultados más fiables y eliminando factores subjetivos.

A ello ha contribuido también la adopción de criterios poco exigentes para considerar que se sale al paso de las visiones deformadas acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Cualquier referencia, por indirecta o incidental que sea, que pueda interpretarse como una puesta en cuestión de dichas visiones deformadas, es aceptada como válida. Con este propósito, una de las primeras tareas que hemos emprendido para la puesta a punto del diseño experimental ha sido especificar qué podemos considerar que sale al paso de cada una de las mismas.

Recordemos que hablamos de visión descontextualizada cuando se olvidan

dimensiones esenciales de la actividad científica y tecnológica, como su impacto en el medio natural y social, o los intereses de la sociedad en su propio desarrollo. Se ignoran así las complejas relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) y se proporciona una imagen de los científicos como seres “por encima del bien y del mal”, encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión.

Por esa misma razón, se ignora o minusvalora la tecnología, considerándola como un subproducto de la ciencia, como simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos, sin tener en cuenta sus complejas interacciones y cayendo así en una exaltación de la ciencia como factor absoluto de progreso.

Consideraremos que NO se incurre en esta visión descontextualizada cuando en el museo:

- Se hace referencia al interés de los problemas abordados por la investigación e innovación tecnocientífica.
- Se abordan las implicaciones CTSA de los estudios realizados (posibles aplicaciones, repercusiones negativas, toma de decisiones fundamentales...).
- Se estudian los problemas de degradación del medio que afectan “glocalmente” (a la vez local y globalmente) a la totalidad del planeta, sus causas y las posibles soluciones que habría que adoptar ante la grave situación de crisis planetaria, contribuyendo a mostrar el papel que la ciencia y la tecnología en esta problemática.

- Se muestran situaciones en las que las opiniones, intereses, etc., de los ciudadanos e instituciones cuentan e influyen en las líneas de investigación propuestas.
- Se plantea al visitante la necesidad de la comunicación y el debate de ideas para posibilitar la investigación de cualquier tipo de problema y el avance de la ciencia sin barreras ideológicas, pero teniendo en cuenta el “Principio de precaución” que evite aplicaciones apresuradas, insuficientemente evaluadas.
- Se sale al paso de la visión simplista de la tecnología como “aplicación” de la ciencia, mostrando, por ejemplo, cómo la tecnología ha precedido durante milenios a la ciencia, o cuáles son las características específicas de la elaboración de productos tecnocientíficos.
- Se señala el papel fundamental de la tecnología en la construcción del conocimiento científico, siempre en el centro de la actividad científica, ya que, por ejemplo, para someter a prueba las hipótesis necesitamos construir diseños experimentales.
- Se muestra la interdependencia creciente de la ciencia y la tecnología.

...

El análisis no se ha limitado a señalar la incidencia o no de una visión distorsionada en concreto sino que se ha detallado en cada caso el contenido (imagen, texto...) que permite afirmar si realmente incurre o no en dicha visión.

Cada museo, en general, ha sido analizado independientemente por dos -y,

en ocasiones, tres- investigadores. Las escasas discrepancias aparecidas han sido revisadas y, en última instancia, se ha optado por la interpretación más desfavorable para la hipótesis.

Un trabajo similar se ha hecho para analizar en qué medida los museos incurrir o salen al paso de las concepciones individualista y elitista. Como formas de salir al paso de esta distorsión hemos considerado:

- Hacer ver al visitante *la dimensión colectiva del trabajo científico*, haciendo referencia a los equipos de trabajo participantes en la investigación y mostrando la interacción entre los equipos y la comunidad científica.
- Señalar el carácter de construcción humana del trabajo científico y, por tanto, la posibilidad de errores, confusiones, etc., como en cualquier otra actividad.
- Contribuir a hacer accesible la ciencia a los ciudadanos con tratamientos cualitativos, significativos.
- Mostrar la riqueza y complejidad global del trabajo científico y tecnológico que requiere la integración de conocimientos diversos, las aportaciones de técnicos, científicos, etc., para la elaboración de los diferentes desarrollos.
- Mostrar que los científicos *se forman*, no son seres especiales.
- Salir explícitamente al paso de discriminaciones (por razones étnicas, sociales, de sexo...).
- Mostrar el cuerpo de conocimientos disponible como la cristalización del trabajo realizado por la comunidad

científica y la expresión del consenso alcanzado en un determinado momento.

...

Presentaremos seguidamente los primeros resultados obtenidos en torno a en qué medida los museos de ciencias se enfrentan a las distorsiones señaladas.

4. *Primeros resultados*

Para comenzar a estudiar la imagen que los museos proporcionan de las relaciones ciencia-tecnología hemos analizado hasta aquí los diez museos que se relacionan a continuación:

Museo Cosmocaixa. *Barcelona*; Parque de las Ciencias. *Granada*; Museo de las Ciencias Naturales de La Habana. *La Habana*; Science Museum of London. *Londres*; Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT). *Madrid*; Museo Cosmocaixa. *Madrid*; Museo Interactivo de Ciencia de Málaga. *Málaga*; Museo Kutxaespacio de la Ciencia. *San Sebastián*; Science Museum of Tokyo. *Tokio*; Museo Príncipe Felipe. *Valencia*.

Las alusiones a la visión descontextualizada en los museos analizados se recogen en el **cuadro 1**, y en el **cuadro 2** las correspondientes a las concepciones individualista y elitista. A partir de ambos cuadros comentaremos las tendencias apreciadas acerca de la atención de los museos al contexto en que se realizan las actividades tecnocientíficas, es decir, la atención que se presta a las relaciones CTSA (ciencia-tecnología-sociedad-ambiente).

Cuadro 1. Referencias a la visión descontextualizada en los museos de ciencia

VISIÓN	SALE AL PASO (nº de veces en cada museo)	INCIDE EXPLÍCITAMENTE (nº de veces en cada museo)	INCIDE POR OMISIÓN (ocasiones desaprovechadas)
A1 Descon- textualizada	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):20 - Parque de las Ciencias (Granada):50 - MNCT (Madrid):47 - Cosmocaixa (Madrid):4 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:31 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):45 - Museo de las CCNN (La Habana):4 - Sciencie Museum (Londres):24 - Sciencie Museum (Tokio):21 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa0 (Barcelona):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Sciencie Museum (Londres):3 - Sciencie Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):14 - Parque de las Ciencias (Granada):24 - MNCT (Madrid):10 - Cosmocaixa (Madrid):11 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:11 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):15 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Sciencie Museum (Londres):6 - Sciencie Museum (Tokio):4
A2 y olvida o minusvalora la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):20 - Parque de las Ciencias (Granada):72 - MNCT (Madrid):67 - Cosmocaixa (Madrid):7 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo San Sebastián:22 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):46 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Sciencie Museum (Londres):2 - Sciencie Museum (Tokio):21 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):3 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Sciencie Museum (Londres):0 - Sciencie Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):3 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:4 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Sciencie Museum (Londres):0 - Sciencie Museum (Tokio):1

Cuadro 2. Referencias a la visión individualista y elitista en los museos de ciencia

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO (nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE EXPLÍCITAMENTE (nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE POR OMISIÓN (ocasiones desaprovechadas)</i>
B1 Indivi- dualista	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):8 - Parque de las Ciencias (Granada):16 - MNCT (Madrid):13 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):2 - Museo San Sebastián:0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):36 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):2 - Science Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):4 - Parque de las Ciencias (Granada):38 - MNCT (Madrid):28 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):6 - Museo San Sebastián:5 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):31 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):2 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:3 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Science Museum (Tokio):0
B2 Elitista	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - MNCT (Madrid):3 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):4 - Museo San Sebastián:0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):10 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):1 - Science Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):2 - Parque de las Ciencias (Granada):7 - MNCT (Madrid):10 - Cosmocaixa (Madrid):1 - Museo Interactivo (Málaga):4 - Museo San Sebastián:1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):20 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):0 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo San Sebastián:0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Science Museum (Tokio):0

Los resultados mostrados en los cuadros 1 y 2, correspondientes a los 10 museos analizados, pueden sintetizarse como se muestra en el **cuadro 3**. En dicho cuadro se indica para cada visión deformada el número de museos que salen al paso o inciden en la misma, el promedio de veces en que dicha visión aparece en el conjunto de los museos,

así como el número de veces máximo y mínimo encontrados. En la última columna se proporciona el número de ocasiones claramente desaprovechadas que hemos detectado al hilo de las visitas. Este conjunto de datos permite hacer una primera estimación global de las tendencias detectadas en el conjunto de los museos visitados hasta aquí.

Cuadro 3. Referencias en los museos de ciencia analizados a las visiones deformadas estudiadas

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i>	<i>INCIDE EXPLÍCITAMENTE</i>	<i>INCIDE POR OMISIÓN (Ocasiones claramente desaprovechadas)</i>
A1 <i>Descontextualizada</i>	Número de museos: 9 Promedio de veces por museo: 24 (Máximo: 50. Mínimo: 0)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 2. Mínimo: 0)	Número de museos: 8 Promedio de veces por museo: 10 (Máximo: 25. Mínimo: 0)
A2 y minusvalora la tecnología	Número de museos: 9 Promedio de veces por museo: 26 (Máximo: 72. Mínimo: 0)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 3. Mínimo: 0)	Número de museos: 6 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 4. Mínimo: 0)
B1 <i>Individualista</i>	Número de museos: 7 Promedio de veces por museo: 8 (Máximo: 36. Mínimo: 0)	Número de museos: 10 Promedio de veces por museo: 12 (Máximo: 38. Mínimo: 1)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 3 (Máximo: 3. Mínimo: 0)
B2 <i>Elitista</i>	Número de museos: 7 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 10. Mínimo: 0)	Número de museos: 9 Promedio de veces por museo: 5 (Máximo: 20. Mínimo: 0)	Número de museos: 1 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 1. Mínimo: 0)

A partir de los datos proporcionados por el cuadro 3 podemos constatar que la casi totalidad de los museos incluyen referencias a las relaciones CTSA y en particular al papel de la tecnología, con elevados promedios de referencias “positivas” (que “salen al paso” de la visión descontextualiza) y mucho

más bajos para las ocasiones en que refuerzan dicha visión. Ello prueba la indudable potencialidad de los museos para mostrar la actividad científica en su contexto, superando el operativismo reduccionista característico de buena parte de la enseñanza reglada. Pero ello no supone que, en general,

las abundante referencias al contexto permitan a los visitantes formarse una idea adecuada de las relaciones CTSA: a menudo se trata de referencias muy incidentales, poco destacadas y, por otra parte, apenas se mencionan aspectos centrales hoy de dichas relaciones, como las correspondientes a la actual situación de emergencia planetaria (González, Gil y Vilches, 2002). En efecto, se desaprovechan las numerosas ocasiones que proporciona el contenido del museo de contribuir a una mayor concienciación social de los graves problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad y de las medidas que se requieren para avanzar hacia la sostenibilidad. Es lo que ocurre, por ejemplo, en el museo de la Ciencia de San Sebastián, donde no se presta prácticamente atención a las repercusiones de la actividad científica y tecnológica, incluso en un espacio dedicado a un tema de clara implicación ambiental como es el efecto invernadero. Transcribiremos literalmente su contenido para mostrar con claridad esta limitación:

“Dentro de un invernadero de cristal la energía de la luz queda atrapada: hace mucho más calor que fuera.

También dentro de un coche hace mucho más calor que fuera. Los dos se parecen en que tienen una gran superficie de cristal expuesta a los rayos del sol y son ejemplos del efecto invernadero.

Cuando los rayos del sol llegan a la Tierra; o a un invernadero; o a un coche, son capaces de atravesar la atmósfera o el cristal, respectivamente, porque son formas de radia-

ción electromagnética de longitudes de onda pequeñas.

Estos rayos son reflejados por la Tierra o los objetos dentro de la caja de cristal pero como radiación infrarroja. Estos nuevos rayos tienen mucha dificultad para volver a atravesar el cristal o la atmósfera porque tienen mayor longitud de onda, por lo que quedan atrapados calentando todos los objetos con los que chocan”.

Como podemos ver, nos encontramos ante un claro ejemplo de una ocasión excepcional para atender a la problemática que plantea el incremento del efecto invernadero... *que no se ha utilizado.* Este tipo de tratamiento es, lamentablemente, bastante común.

Las carencias son aún mucho más claras, como puede constatarse en el cuadro 3, por lo que se refiere a las visiones individualista y elitista: las cifras globales presentadas muestran tantas o más ocasiones que inciden en el estereotipo de la ciencia como fruto de *hombres geniales* que trabajan aisladamente, que ocasiones en que salgan al paso de las mismas.

En síntesis, pues, podemos enunciar las siguientes primeras conclusiones:

Los museos de ciencia y tecnología analizados suelen considerar sólo ciertos aspectos de las complejas relaciones CTSA (fundamentalmente las *aplicaciones* del conocimiento científico). Únicamente en escasas ocasiones muestran las repercusiones de la actividad científico-tecnológica en la sociedad o en cuestiones ambientales. Y en los casos en que se tratan aparecen aparte, en secciones específicamente dedicadas a la problemática medioambiental, sin

mostrar, pues, hasta qué punto las relaciones CTSA impregnan toda la actividad científica y sin aprovechar las numerosas ocasiones que proporciona el contenido del museo de contribuir a una mayor concienciación social de los graves problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad para avanzar hacia la sostenibilidad.

Por otro lado, aunque a veces se muestre la importancia de la contribución tecnológica en el conocimiento científico, suele omitirse una clara referencia al desarrollo tecnológico como algo más que una simple aplicación de la ciencia.

Se incide también, de forma reiterada, en la visión individualista y elitista, y apenas encontramos situaciones en los museos en las que se intente salir al paso de estas visiones tan extendidas socialmente. Observamos, así, que la mayoría de los museos visitados tienen tendencia a nombrar y ensalzar a científicos aislados, a quienes se atribuyen exclusivamente todo el éxito, siendo insignificante el número de veces que hemos encontrado alguna referencia a la comunidad científica, al trabajo en equipo, o a las colaboraciones entre científicos en una investigación.

Algo semejante puede decirse de otras distorsiones socialmente aceptadas, que aquí no recogemos por razones de espacio (Segarra, 2007).

En definitiva, podemos concluir que estos primeros resultados del análisis de los museos de ciencia y tecnología visitados hasta el momento parecen indicar que, en general dichos museos, aunque, por lo que respecta a las dos visiones analizadas a título de ejemplo,

no incurren en las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología tan claramente como se ha señalado en la enseñanza reglada (Fernández et al., 2002), tampoco están contribuyendo todo lo que sería deseable a una adecuada alfabetización científica de la ciudadanía.

Pero el propósito de esta investigación no estriba únicamente en analizar la situación y detectar las insuficiencias, evidenciando la existencia de deformaciones y reduccionismos implícitos o explícitos en la imagen de la tecnociencia que los museos transmiten: se persigue, sobre todo, a partir de dicho análisis, diseñar y llevar a cabo propuestas para modificar la situación, favoreciendo que los museos puedan contribuir de un modo más eficaz a la alfabetización científica de la ciudadanía, transmitiendo una imagen más real y adecuada de la ciencia y la tecnología. Éste es el objetivo que nos planteamos en la continuación de esta investigación (Segarra, 2007).

Referencias bibliográficas

- ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- AGUIRRE PÉREZ, C. y VÁZQUEZ MOLINÍ, A.M. (2004). Consideraciones generales sobre la alfabetización científica en los museos de la ciencia como espacios educativos no formales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, Nº 3.

- ALLARD, M. (1999). Le partenariat école-musée: quelques pistes de réflexion. *Aster*, 29, 27-40
- BUNGE, M. (1976). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1997). *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed.
- BYBEE, R. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28.
- BYBEE, R. y DeBOER, G.E. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D.L. *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P.C.
- CAJAS, F. (1999). Public Understanding of Science: Using technology to Enhance School Science in Everyday Life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.
- CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- CALERO, M. (2007). *La atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- CALERO, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). La atención de la prensa a la situación de emergencia planetaria, *Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales*, 20, 69-88.
- DE VRIES, M. (1996). Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm (Guest Article). *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*, http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm (Fecha de consulta: noviembre 2008).
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En: Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: OREALC/ UNESCO.
- FERREIRA, C., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2006). Imagen de la Tecnología transmitida por los textos de educación tecnológica. *Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales*, 20, 23-46.
- FOUREZ, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

- FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las ciencias y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. En del Carmen, L. (Coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. 47-71. Barcelona: Horsori.
- GARDNER, P. L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- GIDDENS, A. (1999). Runaway World: How Globalisation is Reshaping Our Lives. *Profile Books, London*.
- GIL, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 197-212.
- GIL PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005a). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? En Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (2005) PP15-28. (Accesible en: <http://www.campusoei.org/decada/promocion03.pdf>)
- GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.
- GIL- PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005). Contribution of Science and technological Education to Citizens' Culture. *Canadian Journal of Science, Mathematics, & Technology Education*, 5, (2), 85-95.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005b). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, 309-320.
- GILBERT, J.K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*. 14(5), 563-578.
- GILBERT, J.K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24.
- GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta, *Tecne, Episteme y Didaxis*, 12, pp. 98-112.
- HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.
- LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea.
- MAIZTEGUI, A., ACEVEDO, J. A., CAAMAÑO, A., CACHAPUZ, A.,

- CAÑAL, P., CARVALHO, A. M. P., DEL CARMEN, L., DUMAS CARRÉ, A., GARRITZ, A., GIL-PÉREZ, D., GONZÁLEZ, E., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., LÓPEZ-CEREZO J. A., MACEDO, B., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MORENO, A., PRAIA, J., RUEDA, C., TRICÁRICO, H., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil.
- MEDWAY, P. (1989). Issues in the theory and practice of technology education. *Studies in Science Education*, 16, 1-24.
- MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco.
- MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores*. Madrid: Mondadori.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press.
- PEDRETTI, E. (2002). T. Kuhn Meets T. Rex: Critical Conversations and New Directions in Science Centres and Science Museums. *Studies in Science Education*, 37, 1-42.
- PEDRETTI, E. (2004). Perspectives on Learning Through Research on Critical Issues-Based Science Center Exhibitions. *Science Education* 88, Suplemento 1, S34-S47.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSOSN y HEMMO, V. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the future of Europe*. Accesible en http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- RODRÍGUEZ, G .D. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una mirada desde la educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal J. (Ed.), *El mundo que viene*, 221- 246. Madrid: Alianza.
- SCRIVE, M. (1989). Le film d'exposition scientifique, un choc entre deux cultures. *Aster*,9, 69-83
- SEGARRA, A. (2007). Visiones de la Ciencia y la Tecnología transmitidas por los museos. Trabajo de investigación de Tercer Ciclo. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València. España.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1998). Las interacciones CTS en los nuevos textos de secundaria. En Banet, E. y De Pro, A. (Coords.). *Investigación e Inno-*

- vacación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, 142-147. Murcia: D. M.
- STINNER, A. (1995). Contextual Settings, Science Stories, and Large Context Problems: towards a more Humanistic Science Education. *Science Education*, 79(5), 555-581.
- VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.
- VILCHES, A., GIL PÉREZ, D., TOSCANO, J.C. y MACÍAS, O. (2008). «Tecnologías para la sostenibilidad» <http://www.oei.es/decada/accion003.htm>. (Fecha de consulta: 14/11/2008)