

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA
DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS I SOCIALS**



**MUSEOS DE CIENCIA COMO
HERRAMIENTA PARA LA
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA**

*Contribución a la comprensión de la
naturaleza de la ciencia y la tecnología*

Autor:

Alexandre Segarra Castelló

Directores:

Amparo Vilches Peña

Daniel Gil Pérez

2013

AMPARO VILCHES PEÑA, Doctora en Ciencias Químicas y Profesora Titular del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València, y DANIEL GIL PÉREZ, Doctor en Ciencias Físicas y Catedrático de Universidad jubilado

CERTIFICAMOS que la presente memoria con el título “Museos de ciencia como herramienta para la alfabetización científica” ha sido realizada por Alexandre Segarra Castelló bajo nuestra dirección y constituye la Tesis para optar al grado de Doctor.

Para que así conste, y en cumplimiento de la legislación vigente, presentamos esta memoria firmando el presente certificado en Valencia, en Marzo del año 2013.

Durante estos años son muchas las personas que han colaborado en este proyecto y a ellas quiero expresar mi gratitud.

A mis directores Amparo Vilches y Daniel Gil por su profesionalidad, dedicación y cercanía. Ha sido para mí una grata experiencia poder realizar esta investigación bajo su dirección, por su extensa y reconocida trayectoria en el campo de la didáctica y por su calidad humana.

A mis compañeros del departamento de Física y Química del IES BENLLIURE y a Lluís Fillol por facilitarme el trabajo para poder concluir esta investigación. Ha sido una experiencia enriquecedora trabajar con ellos que espero pueda repetirse.

A mis padres por su apoyo, por facilitarme las cosas para mi plena dedicación a esta Tesis, por su aliento en los buenos y no tan buenos momentos, por esos consejos siempre acertados, y por el gran amor y confianza que siempre me ofrecieron.

A mi hermano David por haber sido mi compañero de trabajo durante tantos días y noches. Preciso de ti y quiero darte un pedazo de esta Tesis.

A Inma, a quien jamás encontraré la forma de agradecer su apoyo, su esfuerzo, sacrificio y amor. Mis logros son los tuyos y es a ti a quien quiero dedicar enteramente este trabajo.

PRESENTACIÓN E ÍNDICE

Vivimos en sociedades que dependen cada vez más de sus avances científicos y tecnológicos. Progresivamente la ciencia y la tecnología afectan a la vida cotidiana y esta influencia es perceptible en la creciente demanda de conocimiento científico y tecnológico para tomar decisiones, como dietas alimentarias, u otras de importante carácter socioambiental, como consumir o producir alimentos transgénicos u optar por fuentes de energía más limpias y renovables frente a las tradicionales basadas en combustibles fósiles.

Es por ello que la tecnociencia ha dejado de ser parte de la actividad y discurso de unos pocos académicos y se ha convertido en un objetivo básico a la vez que un serio problema en la educación actual. Esta consideración responde a un doble hecho: la comprensión de la necesidad de una educación científica para todos y la constatación de las dificultades que la misma plantea.

Por lo que se refiere a la necesidad, cabe señalar que la propuesta actual de una alfabetización científica para todos los ciudadanos y ciudadanas, va más allá de la tradicional importancia concedida –más verbal que realmente- a la educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo futuro. Esa alfabetización científica 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, también a corto plazo (Gil Pérez y Vilches, 2001; Ribelles, Vilches y Gil Pérez, 2009).

Y por lo que se refiere a los obstáculos nos encontramos con el creciente abandono de los estudios de ciencias por parte de los jóvenes (Rocard, 2007). Numerosas investigaciones han mostrado que la enseñanza de las ciencias apenas proporciona ocasión a los estudiantes de familiarizarse con las estrategias características del trabajo

científico (Guilbert y Meloche, 1993; Hodson, 1993; Fernández et al., 2002). Como consecuencia de ello, las concepciones de los estudiantes, e incluso de los mismos profesores, acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología no difieren de las visiones ingenuas adquiridas por impregnación social, caracterizadas por un conjunto de deformaciones estrechamente relacionadas, que la enseñanza refuerza, en general, por acción u omisión (McComas, 1998a; Fernández et al., 2002; Maiztegui et al., 2002; Gil-Pérez et al., 2005a; Ferreira, Gil Pérez y Vilches, 2006; Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010) dificultando un aprendizaje significativo y contribuyendo al desinterés, cuando no al rechazo, hacia los estudios científicos (Rocard, 2007).

Pero la imagen de la ciencia no es el fruto exclusivo de la enseñanza formal, sino que se transmite a través de la prensa, de los museos de ciencia y tecnología, de los cómics, del cine, la televisión, los documentales...

Además, la enseñanza reglada precisa completar sus programas de ciencias facilitando el acceso al mundo más allá de las aulas ya que los procesos de aprendizaje en contextos no formales no se limitan únicamente (ni primordialmente) al plano cognitivo, sino que persiguen fomentar la curiosidad y el afán de superar los retos que se plantean al interactuar con el entorno, incluyendo así aspectos afectivos y motivadores. Así pues, como Wellington (1990) preveía «el aprendizaje fuera de las instituciones formales crecerá en importancia en relación con el currículo escolar; y existe ya evidencia de que los factores extraescolares tendrán una gran influencia en los resultados educativos del alumnado».

En particular, centrándonos en la problemática objeto de esta investigación, los Museos constituyen contextos no formales donde se invita a los visitantes a elegir las experiencias que les interesan, donde las ideas no siguen necesariamente una secuencia, donde el aprendizaje puede ser fragmentario y no estructurado y, se realiza a menudo de forma colectiva (Guisasola et al., 2005). Precisamente, como dice Linda Ramey-Gassert (1997), los museos de ciencia tienen un potencial para favorecer el aprendizaje que no siempre puede tener lugar en la escuela: experiencias usando elementos reales de difícil acceso, temas relacionados con la vida real, diversión, interactividad, posibilidad de libre elección, interacción social, etc. Sin embargo, esta misma autora cita a Feher y Rice (1988) para recordar que «aunque la inmersión en estos ambientes ricos en estímulos es muy necesaria para que el aprendizaje ocurra, no es condición

suficiente». Hace falta que la visita al centro quede integrada dentro del currículo escolar, para que la complementariedad de ambos contextos logre un aprendizaje eficaz y duradero (Guisasola y Morentin, 2007).

En resumen, las personas entramos en contacto con las ciencias y la tecnología a partir de diferentes fuentes, en diferentes contextos y por diferentes razones. Puesto que los ámbitos complementarios para el aprendizaje de las ciencias son el formal y el no formal, tenemos que vincular ambos aprovechando todo el potencial que supone la educación no formal para enriquecer la enseñanza de las ciencias contribuyendo a un mejor aprendizaje refiriéndonos, muy en particular, a los museos de ciencias, en los que se focaliza esta investigación que aquí presentamos.

Así, nuestro estudio se centrará en el papel de los museos de ciencia y tecnología, considerados hoy como instrumentos importantes en la alfabetización científica de la sociedad, que complementan al sistema educativo y desempeñan un papel fundamental en los procesos de divulgación científica (Pedretti, 2002).

Consideramos de especial interés, en primer lugar, analizar la visión que transmiten sobre la naturaleza de la actividad científico-tecnológica; en segundo lugar y basándonos en los resultados de dicho análisis, pretendemos favorecer la utilización de los museos como instrumentos de formación ciudadana, estudiando en particular cómo aprovechar las visitas del alumnado para que puedan contribuir a superar visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la actividad científico-tecnológica socialmente aceptadas. Ese será, en definitiva, el objetivo fundamental del presente trabajo: estudiar la imagen de la ciencia (y la tecnología) que se transmite en los museos, así como elaborar y poner a prueba propuestas fundamentadas, destinadas a favorecer una mejor comprensión y valoración crítica de la naturaleza de ambas.

En esta perspectiva, la memoria que presentamos está estructurada en tres partes, ajustándose al siguiente hilo conductor:

Una primera parte destinada al planteamiento del problema y la presentación global del proyecto de investigación que constará de tres capítulos:

En el primer capítulo precisaremos el problema objeto de la investigación y discutiremos su interés, justificando la importancia de la alfabetización científica y tecnológica para todos los ciudadanos y ciudadanas y cómo la educación no formal y en

particular los museos de ciencia y tecnología pueden realizar una contribución importante a dicha alfabetización.

En el **segundo capítulo** actualizaremos el estudio de las visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología socialmente aceptadas y analizaremos algunas propuestas precedentes de cómo contribuir a evitar esas distorsiones empobrecedoras, apoyándonos en la amplia bibliografía existente al respecto. De este modo podremos precisar y fundamentar las hipótesis que orientan nuestro estudio.

En el **tercer capítulo** presentaremos y fundamentaremos las hipótesis que orientan esta investigación, teniendo en cuenta la evolución histórica de los museos, las investigaciones acerca de las percepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología (revisadas en el capítulo 2) y las investigaciones educativas acerca del uso de los museos como complemento de la enseñanza reglada:

- Una primera hipótesis afirma que la mayor parte de los museos de ciencia y tecnología transmiten, por acción y, sobre todo, por omisión, una imagen distorsionada y empobrecida de la actividad científica y tecnológica.
- Y una segunda hipótesis, contempla la posibilidad de que los museos pueden ser una herramienta importante para favorecer una imagen más real y adecuada de la ciencia y la actividad científica.

Una segunda parte centrada en la puesta a prueba de la primera hipótesis que se concretará en los siguientes capítulos:

En el **cuarto capítulo** describiremos los diseños experimentales concebidos para someter a prueba la primera hipótesis acerca de la imagen distorsionada de la tecnociencia transmitida por los museos.

En el **quinto capítulo** presentaremos y analizaremos los resultados obtenidos con los diseños experimentales para poner a prueba la primera hipótesis y expondremos las conclusiones que de ellos se pueden obtener.

Una tercera parte se desarrollará en torno a la puesta a prueba de la segunda hipótesis, relativa a la posibilidad de utilización de los museos de ciencias para favorecer la adquisición de concepciones más adecuadas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología:

En el **capítulo sexto** describiremos y justificaremos diferentes diseños experimentales utilizados para analizar la posibilidad de utilizar los museos para contribuir a superar visiones empobrecidas de la ciencia y tecnología.

En el **capítulo séptimo** se presentarán y analizarán los resultados obtenidos con los diseños experimentales concebidos para poner a prueba esta segunda hipótesis.

A continuación expondremos las primeras **conclusiones** obtenidas en esta investigación, así como las **perspectivas** que abre.

Posteriormente presentaremos los **anexos** que debido a su extensión hemos creído conveniente aportarlos en formato electrónico en un CD-ROM adjunto. De este modo facilitamos la búsqueda de contenidos al mismo tiempo que realizamos un ahorro energético y material.

Finalizaremos con la Bibliografía utilizada en la tesis. Para facilitar el manejo de la misma proporcionaremos dos índices bibliográficos:

El primero, denominado **Referencias bibliográficas**, consiste en una relación alfabética numerada de todas las referencias bibliográficas incluidas en la memoria, indicando, entre corchetes, los capítulos en los que aparecen. El segundo es un **Índice onomástico** alfabético de todos los autores referenciados, indicando en cada caso los números de las referencias correspondientes en el listado general del primer apartado, de forma que puede verse fácilmente cuáles son los trabajos de los que son autores o coautores y en qué capítulos aparecen referenciados.

De acuerdo con lo que precede, la presente memoria se desarrollará según el siguiente índice:

ÍNDICE GENERAL

PRIMERA PARTE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y CONSIDERACIÓN DE SU IMPORTANCIA

	Pág.
Capítulo 1. Planteamiento del problema y consideración de su interés	1
1.1. Importancia de la educación científica de la ciudadanía	3

1.2. Qué entender por alfabetización científica	5
1.3. Alfabetización científica y tecnológica: ¿necesidad o mito irrealizable?	9
1.4. Contribución de la alfabetización científica a la formación ciudadana .	10
1.5. Contribución de la educación no formal a la alfabetización científica de la ciudadanía: museos de ciencia y tecnología	21

Capítulo 2. Visiones deformadas de la ciencia y la tecnología socialmente aceptadas 31

2.1. Visiones deformadas de la ciencia y la tecnología	34
2.1.1. Una visión descontextualizada	35
2.1.2. Una concepción individualista y elitista	39
2.1.3. Una concepción empiro-inductivista y atórica	40
2.1.4. Una visión rígida, algorítmica, infalible	44
2.1.5. Una visión apromática y ahistórica (ergo acabada y dogmática)	45
2.1.6. Una visión exclusivamente analítica	46
2.1.7. Una visión acumulativa, de crecimiento lineal	47
2.1.8. Relaciones entre las distintas visiones deformadas de la actividad científica y tecnológica	47
2.2. ¿Qué imagen de la ciencia queremos proporcionar?	50

Capítulo 3. Enunciado y fundamentación de las hipótesis 65

3.1. Fundamentación de la primera hipótesis	68
3.1.1. La imagen de la ciencia proporcionada por la enseñanza reglada	69
3.1.2. La imagen de la ciencia proporcionada por los cómics	75

3.1.3. Aproximación a la evolución histórica de los museos de ciencia y tecnología	77
3.1.4. La atención a la situación de emergencia planetaria como ejemplo ilustrativo	79
3.2. Fundamentación de la segunda hipótesis	81
3.2.1. Museos de ciencias como respuesta a las necesidades de formación de la sociedad: alfabetización científica.....	82
3.2.2. Investigaciones didácticas acerca de las visitas escolares a los museos de ciencias como complemento de la educación reglada	87
3.2.3. Los museos de ciencia como herramienta para ofrecer una concepción adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología	91

SEGUNDA PARTE

ANÁLISIS DE LAS VISIONES DEFORMADAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LOS MUSEOS

Capítulo 4. Diseños experimentales para someter a prueba la primera hipótesis	107
4.1. Elementos que se aceptan como cuestionamiento de las visiones deformadas.....	111
4.1.1. Cuestionamiento de una visión descontextualizada, socialmente neutra	111
4.1.2. Cuestionamiento de la visión individualista y elitista	113
4.1.3. Cuestionamiento de la visión empirista y atórica	114
4.1.4. Cuestionamiento de la visión rígida (algorítmica, “exacta” “infalible”...)	115
4.1.5. Cuestionamiento de la visión aproblemática y ahistórica (ergo dogmática y cerrada)	116

4.1.6. Cuestionamiento de la visión exclusivamente analítica	117
4.1.7. Cuestionamiento de la visión acumulativa, de crecimiento lineal	117
4.2. Criterios adoptados para la recogida de información	118
Capítulo 5. Presentación y análisis de los resultados obtenidos	125
5.1. Ejemplos de análisis realizados en museos de ciencia y tecnología	129
5.1.1. Análisis del Museo Interactivo de Ciencia de Málaga	130
5.1.2. Resultados globales obtenidos en el análisis del Museo Interactivo de Ciencia de Málaga	138
5.1.3. Análisis del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid.....	140
5.1.4. Resultados globales obtenidos en el análisis del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid	205
5.2. Resultados globales obtenidos en los análisis del conjunto de museos visitados	208
5.2.1. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión descontextualizada	208
5.2.2. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión individualista y elitista	211
5.2.3. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión empirista y atórica	213
5.2.4. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión rígida (algorítmica, “exacta”, “infalible”...).....	215
5.2.5. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión aprobemática y ahistórica	216
5.2.6. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión exclusivamente analítica	218

5.2.7. Tendencias generales encontradas correspondientes a la visión acumulativa	219
5.2.8. Resultados globales encontrados correspondientes al conjunto de visiones deformadas de la ciencia y la tecnología	221

TERCERA PARTE

LOS MUSEOS COMO HERRAMIENTAS PARA CONTRIBUIR A LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Capítulo 6. Diseños experimentales para la puesta a prueba de la segunda hipótesis	225
6.1. Diseño para el aprovechamiento de buenas prácticas de los museos de ciencia y tecnología para contribuir a la superación de visiones distorsionadas.....	229
6.2. Diseños para la puesta a prueba de actividades basadas en la utilización de los museos para contribuir a construir una visión no deformada de la ciencia y la tecnología	230
6.2.1. Programa de actividades para cuestionar las visiones deformadas de la ciencia	230
6.2.2. Aprovechamiento de los museos para profundizar en la naturaleza de la ciencia y tecnología	235
6.2.3. Diseño de la visita a un museo virtual e instrumentos de evaluación de sus resultados	241
Capítulo 7. Resultados experimentales para la puesta a prueba de la segunda hipótesis	249
7.1. Ejemplos de buenas prácticas de los museos de ciencia y tecnología para contribuir a la superación de visiones distorsionadas	251

7.2. Resultados de las actividades basadas en la utilización de un museo virtual para contribuir a construir una visión no deformada de la actividad científica y tecnológica	273
7.2.1. Descripción cualitativa del desarrollo del programa de actividades destinado a mejorar la percepción acerca de la naturaleza de la ciencia	275
7.2.2. Resultados obtenidos del análisis del contenido de un museo virtual	282
7.2.2.1. Visiones cuestionadas por estudiantes de Bachiller de Humanidades del IES Benlliure	287
7.2.2.2. Visiones cuestionadas por estudiantes de Bachiller de Ciencias del IES Benlliure	294
7.2.2.3. Visiones cuestionadas por estudiantes de Bachiller de Ciencias del IES La Garrigosa	296
7.2.2.4. Visiones cuestionadas por estudiantes de Bachiller de Ciencias del IES Les Dunes	297
7.2.2.5. Visiones cuestionadas por los estudiantes que analizan el museo virtual. Resultados globales	299
7.2.3. Resultados de la valoración de la actividad basada en la utilización de museos virtuales para contribuir a construir una imagen no deformada de la tecnociencia	300
7.2.3.1. Resultado de la valoración de la visita virtual a un museo de ciencia y tecnología por profesorado en formación	301
7.2.3.2. Resultado de la evaluación de la visita virtual a un museo de ciencia y tecnología por estudiantes de Bachillerato	306
Conclusiones y perspectivas	315

Anexos	327
Introducción anexos	329
Anexo 1.	335
Anexo 2.	401
Anexo 3.	501
Anexo 4.	645
Anexo 5.	693
Anexo 6.	769
Anexo 7.	843
Anexo 8.	887
Anexo 9.	899
Anexo 10.	973
Anexo 11.	1011
Anexo 12.....	1161
Anexo 13.	1307
Anexo 14.	1351
Anexo 15.	1465
Anexo 16.....	1519
Anexo 17.	1537
Anexo 18.....	1547
Anexo 19.....	1567
Anexo 20.....	1665
Anexo 21.	1697
Anexo 22.	1705
Anexo 23.	1715

Referencias bibliográficas	1723
---	------

Índice onomástico	1751
--------------------------------	------

Referencias Bibliográficas en esta Presentación e Índice

FEHER, E. y RICE, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 72(5), 637-649.

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.

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.

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., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, Vol. 14 (3,5), 309-320.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pág 51-71. ISBN 0-9507510-5-0.

GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.

GUISASOLA, J., AZCONA, R., ETXANIZ, M., MUJICA, E. y MORENTIN, M. (2005). Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 19-32.

GUISASOLA, J. y MORENTIN, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 401-414.

HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2) 41-52.

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., GUISASOLA, 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.

McCOMAS, W. F. (1998a). The nature of science in science education. Rationales and In W.F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

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.

RAMEY-GASSERT, L. (1997). Learning Science beyond the Classroom. *The Elementary School Journal*, 97(4), 433-451.

RIBELLES, M^a. L., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-692-2796-1.

ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERG-HENRIKSSON, H. 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. Acceso el 10 de febrero de 2013.

WELLINGTON, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25, 247-252.

CAPÍTULO 1

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
Y CONSIDERACIÓN DE SU INTERÉS**

En este capítulo nos proponemos delimitar la problemática que pretendemos investigar, así como destacar su importancia. Comenzaremos para ello abordando la necesidad de una alfabetización científica de la ciudadanía, es decir, la importancia de la educación científica como elemento básico de la cultura general del conjunto de los ciudadanos y ciudadanas. En este contexto nos referiremos al papel de la educación no formal, y, muy en particular, de los museos de ciencia y tecnología en dicha alfabetización y en la transmisión de visiones adecuadas y estimulantes de la ciencia y la actividad científica, acordes con su naturaleza.

1.1. IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DE LA CIUDADANÍA

Las propuestas actuales a favor de una *alfabetización científica* para todos los ciudadanos y ciudadanas van más allá de la tradicional importancia concedida –más verbal que realmente- a la educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo *futuro*. Esa educación científica 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, también a corto plazo.

Así se afirma, por ejemplo, en los National Science Education Standards, auspiciados por el National Research Council (National Academy of Sciences, 1995), en cuya primera página podemos leer: “En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural”. No es extraño, por ello, que se haya llegado a

establecer una analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

Así mismo, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba: “Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos”. Y se añade: “Hoy más que nunca 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 las aplicaciones de los nuevos conocimientos” (Declaración de Budapest, 1999).

La relevancia social creciente dada a la alfabetización científica de la ciudadanía se puede observar también al acercarnos al informe *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe* (Rocard et al., 2007) encargado por la Comisión Europea. En él se señala que existe un consenso general acerca de la importancia de la educación científica, tanto por lo que se refiere a la formación de un número suficiente de profesionales de la tecnociencia como a la alfabetización científica del conjunto de la población, para favorecer en los jóvenes el desarrollo de un “pensamiento crítico y un razonamiento científico que les serán fundamentales en una sociedad cada vez más dependiente del uso del conocimiento”.

La importancia concedida a la alfabetización científica de todas las personas ha sido también puesta de manifiesto en gran número de investigaciones, publicaciones, congresos y encuentros que, bajo el lema de “Ciencia para todos”, se vienen realizando (Bybee y DeBoer, 1994; Bybee, 1997a; Marco, 2000; Pérez Maldonado, García Barros y Martínez Losada (2004); Gil y Vilches, 2001 y 2005; Lupión y Prieto, 2007). De hecho, en numerosos países, se han llevado a cabo reformas educativas que contemplan la alfabetización científica y tecnológica como una de sus principales finalidades.

En el mismo sentido, el proyecto PISA (Programme for International Student Assessment) contempla la alfabetización científica como un elemento esencial de la formación básica de todos los alumnos y alumnas (OCDE, 2000).

El reconocimiento de esta creciente importancia concedida a la educación científica exige el estudio detenido de cómo lograr dicho objetivo y, muy en particular, de cuáles son los obstáculos que se oponen a su consecución. En efecto, la investigación en didáctica de las ciencias ha mostrado reiteradamente el grave fracaso escolar, así como la falta de interés e incluso rechazo que generan las materias científicas (Simpson et al., 1994; Giordan, 1997; Furió y Vilches, 1997; Gavidia, 2005; Gil Pérez et al., 2005b; Rocard et al., 2007; Carrascosa et al., 2008).

Nos encontramos, pues, frente a un amplio reconocimiento de la necesidad de una *alfabetización científica*, expresión, como hemos visto en los párrafos anteriores, ampliamente utilizada desde hace algunos años y en cuyo significado conviene detenerse.

1.2. QUÉ ENTENDER POR ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA.

El concepto de alfabetización científica, hoy en boga, cuenta ya con una tradición que se remonta, al menos, a finales de los años 50 (DeBoer, 2000). Pero es, sin duda, durante la década de los 90, cuando esa expresión ha adquirido categoría de eslogan amplia y repetidamente utilizado por los investigadores, diseñadores de currículos y profesorado de ciencias (Bybee, 1997b; Gil Pérez y Vilches, 2001). Ello debe saludarse, resalta Bybee, como expresión de un amplio movimiento educativo que se reconoce y moviliza tras el símbolo “alfabetización científica”. Pero comporta, al propio tiempo, el peligro de una ambigüedad que permite a cada cual atribuirle distintos significados y explica las dificultades para lograr un consenso acerca de hacia dónde y cómo avanzar en su consecución.

De hecho, desde principios de los años noventa, revistas como el *Journal of Research in Science Teaching* han publicado editoriales con llamamientos para la realización de contribuciones que permitan plantear propuestas coherentes en este campo de investigación e innovación educativas.

Bybee sugiere acercarse al concepto aceptando su carácter de metáfora. Ello permite, de entrada, rechazar la simplificación inapropiada del concepto a su significado literal: una alfabetización científica, aunque ha de incluir el manejo del vocabulario científico, no debe limitarse a esa definición funcional. Concebir la alfabetización científica como una

metáfora permite, pues, enriquecer el contenido que damos a los términos. Y obliga, al mismo tiempo, a su clarificación.

Podemos señalar, por ejemplo, que la idea de *alfabetización* sugiere unos objetivos básicos para *todos* los estudiantes, que convierten a la educación científica en parte de una educación general. El desarrollo de cualquier programa de educación científica, indica Bybee, debiera comenzar con propósitos correspondientes a una educación general. Más aún, hablar de alfabetización científica, de ciencia para todos, supone pensar en un mismo currículo básico para todos los estudiantes, como proponen, por ejemplo, los National Science Curriculum Standards (National Academy of Sciences, 1995) y requiere estrategias que eviten las repercusiones de las desigualdades sociales en el ámbito educativo (Bybee y DeBoer, 1994; Baker, 1998; Marchesi, 2000).

Pero, ¿cuál debería ser ese currículo científico básico para todos los ciudadanos? Marco (2000) señala ciertos elementos comunes en las diversas propuestas que ha generado este amplio movimiento de alfabetización científica:

- Alfabetización científica práctica, que permita utilizar los conocimientos en la vida diaria con el fin de mejorar las condiciones de vida, el conocimiento de nosotros mismos, etc.
- Alfabetización científica cívica, para que todas las personas puedan intervenir socialmente, con criterio científico, en decisiones políticas.
- Alfabetización científica cultural, relacionada con los niveles de la naturaleza de la ciencia, con el significado de la ciencia y la tecnología y su incidencia en la configuración social.

Por su parte Reid y Hodson (1993) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debería contener:

- Conocimientos de la ciencia –ciertos hechos, conceptos y teorías.
- Aplicaciones del conocimiento científico –el uso de dicho conocimiento en situaciones reales y simuladas.
- Habilidades y tácticas de la ciencia –familiarización con los procedimientos de la ciencia y el uso de aparatos e instrumentos.

- Resolución de problemas –aplicación de habilidades, tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- Interacción con la tecnología –resolución de problemas prácticos, enfatización científica, estética, económica y social y aspectos utilitarios de las posibles soluciones.
- Cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en la ciencia y la tecnología.
- Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica –consideraciones filosóficas y sociológicas centradas en los métodos científicos, el papel y estatus de la teoría científica y las actividades de la comunidad científica.

Para ir más allá de un manejo superficial del concepto de alfabetización científica, Bybee (1997b) propone distinguir ciertos grados en la misma que denomina, respectivamente, "analfabetismo", alfabetización "nominal" que consiste básicamente en el conocimiento de nombres y términos, "funcional" que se aplica a aquellos alumnos y alumnas que son capaces de utilizar el vocabulario científico contextos limitados, "conceptual y procedimental" que se refiere a la comprensión de los conceptos científicos principales, la utilización de herramientas de representación (esquemas, gráficos..), el conocimiento sobre las características de la experimentación científica y la aplicación de estos saberes en dichos contextos. Y, por último, "multidimensional". Nos detendremos en el significado que da a esta última.

La alfabetización científico-tecnológica multidimensional, señala Bybee "se extiende más allá del vocabulario, de los esquemas conceptuales y de los métodos procedimentales, para incluir otras dimensiones de la ciencia: debemos ayudar a los estudiantes a desarrollar perspectivas de la ciencia y la tecnología que incluyan la historia de las ideas científicas, la naturaleza de la ciencia y la tecnología y el papel de ambas en la vida personal y social. Este es el nivel multidimensional de la alfabetización científica (...) Los estudiantes deberían alcanzar una cierta comprensión y apreciación global de la ciencia y la tecnología como empresas que han sido y continúan siendo *parte de la cultura*".

De acuerdo con esto, el estudio PISA 2001 parte de la idea de alfabetización como "*La capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar cuestiones y obtener*

conclusiones a partir de pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios artificiales que produce en él la actividad humana.” (OCDE, 2000, p. 115 de la traducción castellana, 2001). Esta forma de entender la alfabetización científica se corresponde aproximadamente con el tercero de los cuatro niveles del modelo continuo desarrollado por Bybee (1997a), se trata de una alfabetización científica que es básicamente conceptual y procedimental (Acevedo, 2005; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003; Gutiérrez, 2006).

La propuesta de la alfabetización científica está bastante más elaborada en la edición de 2006 del proyecto PISA. En esta ocasión se ha definido como: *“Los conocimientos científicos de un individuo y el uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo.”* (OCDE, 2006, p. 12; p. 13 de la traducción castellana, 2006). La alfabetización científica de PISA 2006 constata novedades que apuntan hacia una alfabetización científica multidimensional.

Podemos apreciar, pues, una convergencia básica de distintos autores en la necesidad de ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica y, sobre todo, de poner énfasis en las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), con vistas a favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Aikenhead, 1985; Acevedo et al., 2005; Acevedo, Vázquez y Paixão, 2005; Gavidia, 2005; Paixão, 2005; Lupión y Prieto, 2007; Prieto, España y Martín, 2012).

Es preciso ahora detenerse en analizar la argumentación de algunos autores que han venido a poner en duda la conveniencia e incluso la posibilidad de que la generalidad de los ciudadanos y ciudadanas adquieran una formación científica realmente útil.

1.3. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA: ¿NECESIDAD O MITO IRREALIZABLE?

La posibilidad y conveniencia de educar científicamente al conjunto de la población ha sido cuestionada por algunos autores (Atkin y Helms, 1993; Shamos, 1995; Fensham 2002a y 2002b), en trabajos bien documentados que pretenden “sacudir aparentes evidencias”, como sería, en su opinión, la necesidad de alfabetizar científicamente a toda la población, algo que Shamos califica de auténtico mito en su libro *The Myth Of Scientific Literacy* (Shamos, 1995). Conviene, pues, prestar atención a los argumentos críticos de estos autores y analizar más cuidadosamente las razones que justifican las propuestas de “ciencia para todos” (Gil-Pérez y Vilches, 2005).

En opinión de Fensham (2002b), el movimiento de ciencia para todos y las primeras discusiones sobre la alfabetización científica se basaban en dos ideas preconcebidas. La primera, que denomina tesis *pragmática*, considera que, dado que las sociedades se ven cada vez más influidas por las ideas y productos de la ciencia y, sobre todo, de la tecnología, los futuros ciudadanos se desenvolverán mejor si adquieren una base de conocimientos científicos. La segunda, o tesis *democrática*, supone que la alfabetización científica permite a la ciudadanía participar en las decisiones que las sociedades deben adoptar en torno a problemas socio-científicos y socio-tecnológicos cada vez más complejos.

Pero la tesis pragmática, afirma Fensham, no tiene en cuenta el hecho de que la mayoría de los productos tecnológicos están concebidos para que los usuarios no tengan ninguna necesidad de conocer los principios científicos en los que se basan para poder utilizarlos. Hay que reconocer que ésta es una crítica fundamentada: nadie puede desenvolverse hoy sin saber leer y escribir o sin dominar las operaciones matemáticas más simples, pero millones de ciudadanos y ciudadanas, incluidas eminentes personalidades, en cualquier sociedad, reconocen su falta de conocimientos científicos, sin que ello haya limitado para nada su vida práctica. La analogía entre alfabetización básica y alfabetización científica, concluían ya por ello Atkin y Helms (1993), no se sostiene.

Por lo que respecta a la tesis democrática, pensar que una sociedad científicamente alfabetizada está en mejor situación para actuar racionalmente frente a los problemas socio-científicos, constituye, según Fensham, una ilusión que ignora la complejidad de los conceptos científicos implicados, como sucede, por ejemplo, con la problemática del

calentamiento global. Es absolutamente irrealista, añade, creer que este nivel de conocimientos pueda ser adquirido, ni siquiera en las mejores escuelas. Un hecho clarificador a ese respecto es el resultado de una encuesta financiada por la American Association for the Advancement of Sciences (AAAS), que consistió en pedir a un centenar de eminentes científicos de distintas disciplinas que enumeraran los conocimientos científicos que deberían impartirse en los años de escolarización obligatoria para garantizar una adecuada alfabetización científica de los niños y niñas norteamericanos. El número total de aspectos a cubrir, señala Fensham, desafía el entendimiento y resulta superior a la suma de todos los conocimientos actualmente enseñados a estudiantes de élite que se preparan como futuros científicos y científicas.

Argumentos como éstos son los que llevan a autores como Shamos, Fensham, etc., a considerar la alfabetización científica como un mito irrealizable, causante, además, de un despilfarro de recursos. ¿Debemos, pues, renunciar, a la idea de una educación científica básica para todos? No es ese nuestro planteamiento, pero críticas como las de Fensham obligan, a quienes concebimos la alfabetización científica como una componente esencial de las humanidades, a profundizar en las razones que recomiendan que la educación científica y tecnológica forme parte de una cultura general para toda la ciudadanía, sin darlo simplemente por sentado como algo obvio (Gil Pérez y Vilches, 2004 y 2005).

1.4. CONTRIBUCIÓN DE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA A LA FORMACIÓN CIUDADANA

Como hemos señalado, numerosas investigaciones, proyectos educativos como los *National Science Education Standards* (National Academy of Sciences, 1995) y conferencias internacionales como la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI (Declaración de Budapest, 1999), y, más recientemente, en nuestro país, el propio Real Decreto por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE 5 de enero 2007) ponen el acento en la necesidad de una formación científica que permita a la ciudadanía *participar en la toma de decisiones*, en asuntos que se relacionan con la ciencia y la tecnología.

Este argumento "democrático" es, quizás, el más ampliamente utilizado por quienes reclaman la alfabetización científica y tecnológica como una componente básica de la educación ciudadana (Fourez, 1997; Bybee, 1997b; DeBoer, 2000; Marco 2000;

Acevedo et al., 2005). Y es también el que autores como Fensham (2002a y 2002b) cuestionan más directa y explícitamente, argumentando, como hemos visto, que el conocimiento científico, susceptible de orientar la toma de decisiones, exige una profundización que solo es accesible a los especialistas. Analizaremos, pues, sus argumentos, que no son en absoluto triviales y que, en su opinión y en la de otros autores en quienes se apoyan, cuestionarían las propuestas de educación científica para todos (Gil Pérez y Vilches, 2004 y 2005).

Intentaremos mostrar, sin embargo, que esa *participación*, en la toma fundamentada de decisiones, precisa de los ciudadanos y ciudadanas más que un nivel de conocimientos muy elevado, la vinculación de *un mínimo* de conocimientos específicos, perfectamente accesible a la ciudadanía, con planteamientos globales y consideraciones éticas que no exigen especialización alguna. Más concretamente, intentaremos mostrar que la posesión de profundos conocimientos específicos, como los que tienen los especialistas en un campo determinado, no garantiza la adopción de decisiones adecuadas, sino que *se necesitan enfoques que contemplen los problemas en una perspectiva más amplia*, analizando las posibles repercusiones a medio y largo plazo, tanto en el campo considerado como en otros. Y eso es algo a lo que pueden *contribuir* personas que no sean especialistas, con perspectivas e intereses más amplios, siempre que posean un mínimo de conocimientos científicos específicos sobre la problemática estudiada, sin los cuales resulta imposible comprender las opciones en juego y *participar* en la adopción de decisiones fundamentadas. Esperamos responder, de este modo, a los argumentos de quienes consideran la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía un mito irrealizable y, por tanto, sin verdadero interés.

Analizaremos para ello, como ejemplo paradigmático, el problema creado por los fertilizantes químicos y pesticidas que, a partir de la Segunda Guerra Mundial, produjeron una verdadera revolución agrícola, incrementando notablemente la producción. Recordemos que la utilización de productos de síntesis para combatir los insectos, plagas, malezas y hongos aumentó la productividad en un periodo en el que un notable crecimiento de la población mundial lo exigía. Y recordemos igualmente que algunos años después la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD, 1988) advertía que su exceso constituye una amenaza para la salud humana, provocando desde malformaciones congénitas hasta cáncer, y siendo auténticos venenos para peces, mamíferos y pájaros. Por ello dichas sustancias, que se acumulan en los

tejidos de los seres vivos, han llegado a ser denominadas, junto con otras igualmente tóxicas, "Contaminantes Orgánicos Persistentes" (COP).

Este envenenamiento del planeta por los productos químicos de síntesis, y en particular por el DDT, ya había sido denunciado a finales de los años 50 por Rachel Carson (1980) en su libro *Primavera silenciosa* (título que hace referencia a la desaparición de los pájaros) en el que daba abundantes y contrastadas pruebas de los efectos nocivos del DDT... lo que no impidió que fuera violentamente criticada y sufriera un acoso muy duro por parte de la industria química, los políticos y *numerosos científicos*, que negaron valor a sus pruebas y le acusaron de estar contra un progreso que permitía dar de comer a una población creciente y salvar así muchas vidas humanas. Sin embargo, apenas 10 años más tarde se reconoció que el DDT era realmente un peligroso veneno y se prohibió su utilización en el mundo rico, aunque, desgraciadamente, se siguió utilizando en países en desarrollo.

Lo que nos interesa destacar aquí es que la batalla contra el DDT fue dada por científicos como Rachel Carson *en confluencia con grupos ciudadanos* que fueron sensibles a sus llamadas de atención y argumentos. De hecho Rachel Carson es hoy recordada como "madre del movimiento ecologista", por la enorme influencia que tuvo su libro en el surgimiento de grupos activistas que reivindicaban la necesidad de la protección del medio ambiente, así como en los orígenes del denominado movimiento CTS. Sin la acción de estos grupos de ciudadanos y ciudadanas *con capacidad para comprender los argumentos de Carson*, la prohibición se hubiera producido mucho más tarde, con efectos aún más devastadores. Conviene, pues, llamar la atención sobre la influencia de estos "activistas ilustrados", cuyo activismo se basa en el conocimiento, y su indudable participación en la toma de decisiones, al hacer suyos los argumentos de Carson y exigir controles rigurosos de los efectos del DDT, que acabaron convenciendo a la comunidad científica y, posteriormente, a los legisladores, obligando a su prohibición. Y conviene señalar también que muchos científicos, con un nivel de conocimientos sin duda muy superior al de esos ciudadanos, no supieron o no quisieron ver, *inicialmente*, los peligros asociados al uso de plaguicidas.

Podemos mencionar muchos otros ejemplos similares, como, entre otros, los relacionados con la construcción de las centrales nucleares y el almacenamiento de los residuos radiactivos; el uso de los "freones" (CFC, compuestos clorofluorocarbonados), destructores de la capa de ozono; el incremento del efecto invernadero, debido

fundamentalmente a la creciente emisión de CO₂, que está provocando un cambio climático global de consecuencias devastadoras, como ha venido confirmando la comunidad científica y, muy en particular, el IV Informe del Panel Internacional sobre Cambio Climático, hecho público en febrero de 2007 (<http://www.ipcc.ch/>); los alimentos manipulados genéticamente, etc., etc.

Conviene detenerse mínimamente en el ejemplo de los alimentos transgénicos, que está suscitando grandes debates y que puede ilustrar perfectamente el papel de la ciudadanía en la toma de decisiones. También en este terreno las cosas empezaron planteándose como algo positivo que, entre otras ventajas, podría reducir el uso de pesticidas y herbicidas y convertirse en "la solución definitiva para los problemas del hambre en el mundo". Algo que, además, abría enormes posibilidades en el campo de la salud, para el tratamiento o curación de enfermedades incurables con los conocimientos y técnicas actuales. Así, en 1998, el director general de una de las más fuertes y conocidas empresas de organismos manipulados genéticamente (OGM) y alimentos derivados, en la asamblea anual de la Organización de la Industria de la Biotecnología, afirmó que, "de algún modo, vamos a tener que resolver cómo abastecer de alimentos a una demanda que duplica la actual, sabiendo que es imposible doblar la superficie cultivable. Y es imposible, igualmente, aumentar la productividad usando las tecnologías actuales, sin crear graves problemas a la sostenibilidad de la agricultura (...) La biotecnología representa una solución potencialmente sostenible al problema de la alimentación" (citado por Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Pero no todos han estado de acuerdo con una visión tan optimista y muy pronto surgieron las preocupaciones por sus posibles riesgos para el medio ambiente, para la salud humana, para el futuro de la agricultura, etc. Una vez más, señalaron los críticos, se pretende proceder a una aplicación apresurada de tecnologías cuyas repercusiones no han sido suficientemente investigadas, sin tener garantías razonables de que no aparecerán efectos nocivos... como ocurrió con los plaguicidas, que también fueron saludados como "la solución definitiva" al problema del hambre y de muchas enfermedades infecciosas.

Nos encontramos, pues, con un amplio debate abierto, con estudios inacabados y resultados parciales contrapuestos (muchos de ellos presentados por las propias empresas productoras). Esas discrepancias entre los propios científicos son esgrimidas en ocasiones como argumento para cuestionar la participación de la ciudadanía en un

debate “en el que ni siquiera los científicos, con conocimientos muy superiores, se ponen de acuerdo”. Pero cabe insistir, una vez más, en que la toma de decisiones no puede basarse exclusivamente en argumentos científicos específicos. Por el contrario, las preocupaciones que despierta la utilización de estos productos, y las dudas acerca de sus repercusiones, recomiendan que los ciudadanos y ciudadanas tengan la oportunidad de participar en el debate y exigir una estricta aplicación del *principio de prudencia*. Un principio que demanda precaución en el desarrollo de investigaciones científico-tecnológicas y que se opone a la aplicación apresurada, sin suficientes garantías, de nuevos productos, por el afán del beneficio a corto plazo. Es absolutamente lógico, pues, que haya surgido un amplio movimiento de rechazo entre los consumidores, *apoyado por un amplio sector de la comunidad científica*, hacia la comercialización precipitada y poco transparente de estos alimentos manipulados genéticamente. Cabe señalar que este rechazo ha dado notables frutos, como la firma en Montreal del Protocolo de Bioseguridad en febrero de 2000 por 130 países, a pesar de las enormes dificultades previas y presiones de los países productores de organismos modificados genéticamente. Dicho protocolo, enmarcado en el Convenio sobre Seguridad Biológica de la ONU, supone un paso importante en la legislación internacional (aunque todavía no plenamente consolidado, por la falta de firmas como la de EEUU), puesto que *obliga a demostrar la seguridad antes de comercializar los productos*, evitando así que se repitan los graves errores del pasado.

Queremos resaltar, por último, el debate en torno a la utilización de la energía nuclear de fusión y las centrales nucleares. Un debate que en los últimos años se ha reactivado en diferentes ocasiones, en torno a la crisis energética, pero que ha estado presente en nuestras sociedades desde hace varias décadas. Así, estudios como *The nuclear fuel cycle*, de la *Union of Concerned Scientists*, con gran calado en la opinión pública americana o publicaciones como *Nuclearizar España* (Costa, 1976), donde se analizan los problemas y riesgos acerca de la energía nuclear en España, constatan la desconfianza hacia los proyectos científicos-tecnológicos basados en el desarrollo nuclear (Sánchez, 2011). En concreto, la energía nuclear se situaba en el centro de una paradoja filosófica ligada al surgimiento del ecologismo: de la transición de la antigua visión de la tecnología como solución de los males del mundo a una sensación de incertidumbre a la hora de controlar sus efectos negativos sobre las sociedades y el medio natural (Nieto-Galán, 2004).

En los años ochenta, las irregularidades en la gestión de los residuos y las famosas imágenes de los bidones arrojados al mar contribuyeron al descontento público con la política de residuos nucleares existente, y por ende, con la tecnología nuclear en general. Sin embargo, fueron los accidentes en las centrales nucleares de Three Mile Island (1979) y, fundamentalmente, la catástrofe de Chernóbil (1986), que provocaron terribles consecuencias, los que influyeron de forma determinante en la percepción social de la energía nuclear y certificaron las reticencias de la opinión pública sobre su uso como fuente de energía masiva. Estos accidentes acabaron dando lugar a una nueva etapa en la gestión de la industria, marcada por la búsqueda de soluciones que concitaran una menor oposición popular (Rosenbaum, 1999).

La opción nuclear sufrió las consecuencias negativas de los accidentes (principalmente de Chernóbil), que venían a sumarse a la desconfianza en el proceso de gestión de residuos y los elevados costes de construcción para los nuevos proyectos. Pero las inestables circunstancias que han rodeado a la producción petrolífera históricamente; ciertas dificultades en el acceso a las reservas de gas natural; la decadencia del carbón; y la poca inversión en investigación que han recibido las energías renovables en comparación con otras alternativas, han contribuido a que la opción nuclear nunca fuera definitivamente descartada. Por tanto, la industria nuclear se ha mantenido en un desarrollo activo hasta la última década, en el que sus intereses han vuelto a la primera plana del debate energético.

En la actualidad, la preocupación por el cambio climático está dando pie a una creciente presión sobre la opinión pública, con la intención de modificar la actitud generalizada de rechazo hacia las centrales nucleares, a las que algunos han llegado a referirse como “la única solución verde” al problema energético (Vilches y Gil Pérez, 2008).

En este “revival” de la energía nuclear los intereses de algunas empresas y gobiernos, que ven en su construcción la ocasión de fabulosos negocios, convergen, con la legítima preocupación de quienes ven la necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir las emisiones de CO₂ asociadas al uso de los combustibles fósiles. Este es el caso, por ejemplo, de James Lovelock, el conocido experto en medio ambiente y autor de la “Hipótesis Gaia”, quien en mayo de 2004 publicó, en el periódico inglés *The Independent*, un artículo con el título “Nuclear power is the only green solution” (Lovelock, 2004).

Actualmente, se recurre a Lovelock para justificar la opción nuclear debido a la indudable ascendencia que tiene en el movimiento ecologista. Pero Lovelock y quienes como él apuestan por la energía nuclear incurren en una grave incoherencia: razonan exclusivamente en términos de disminución de las emisiones de CO₂, como si ese fuera el único problema y cualquier cosa que disminuya dichas emisiones deba considerarse positiva, sean cuales sean sus consecuencias. Sin embargo, como es bien conocido, son muy graves los problemas que el uso de este recurso energético genera para el medio ambiente: toneladas de residuos radiactivos de media y alta actividad, con vidas medias de centenares de años y, en algunos casos, milenios; los peligros asociados al transporte y manipulación de los materiales radiactivos; la posibilidad de accidentes de tremendas consecuencias, como el ocurrido en Chernóbil o más recientemente, el 11 de Marzo de 2011, en la central de Fukushima (construida supuestamente a prueba de terremotos y tsunamis); o de atentados, cuya prevención (hipotética) requiere costosas medidas de seguridad, etc. (Riechmann, 2006). Nos encontramos así ante un nuevo ejemplo de búsqueda de solución a corto plazo, sin pensar en repercusiones que hacen de la “solución” un problema más grave que el que intenta resolver (Vilches y Gil Pérez, 2008).

Pero es que, además, las centrales nucleares no son ni siquiera una solución a corto plazo. Como Bernard Laponche, especialista en políticas energéticas, recordó en los mencionados diálogos sobre energía y sostenibilidad, la contribución de la energía nuclear en el ámbito mundial es muy escasa, apenas llega a un 6%, y no puede crecer significativamente. Incluso en países como Francia o Japón, que en su momento optaron por la creación de numerosas centrales, el porcentaje de energía de origen nuclear no llega al 20%. Es cierto que a veces se afirma que en Francia este porcentaje es de un 80%, pero, como bien explicó Laponche, se trata de un error: ese es el porcentaje que corresponde a la producción de electricidad. De hecho, el consumo de productos petrolíferos por cápita en Francia es similar al del conjunto de la Unión Europea (Vilches y Gil Pérez, 2008).

Así pues, apostar por una solución nuclear exigiría crear en todo el mundo *miles* de centrales, de un coste, como es bien sabido, desorbitado y absolutamente inaccesible a los países del Tercer Mundo (donde dos mil millones de personas siguen sin tener acceso a la electricidad y otros tres mil tienen un suministro de energía muy

insuficiente). Y no podemos olvidar que, como se ha señalado reiteradamente, los recursos del mineral necesario son más escasos todavía que el mismo petróleo.

Jeremy Rifkin (2007), Presidente de The Foundation on Economic Trends, plantea a ese respecto la necesidad de una Tercera Revolución Industrial que supondrá el uso exclusivo de las energías renovables, energías descentralizadas organizadas por comunicaciones descentralizadas, señalando que la energía nuclear, la más subvencionada y favorecida de la historia, no es solución alguna: “Solo proporciona el 5% de la energía mundial. Cuatro de cada nueve de las cuatrocientas centrales existentes en el planeta son viejas. Y sólo con las 400 existentes ya habría déficit de uranio para 2025”.

Podemos sintetizar diciendo que la energía nuclear no representa hoy una alternativa real a los combustibles fósiles, sino un grave problema más, con el que es preciso acabar.

La apuesta por la energía nuclear constituye, pues, un buen ejemplo de hacia dónde puede llevarnos (a dónde nos ha llevado ya) el pensar en el “aquí y ahora” sin considerar las consecuencias. Es necesario tomar decisiones teniendo en cuenta el “Principio de precaución”, recogido en el Principio 15 de la Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992). Hay que actuar, en general, para reducir los posibles riesgos antes de que haya pruebas evidentes de daños y más todavía si se trata de daños a largo plazo e irreversibles. En este caso, sin embargo, no se trata de aplicar el principio de precaución: desafortunadamente ya tenemos pruebas, ya sabemos lo suficiente para rechazar las centrales nucleares como opción sostenible (Vilches y Gil Pérez, 2008).

El 12 y 13 de junio de 2011 la ciudadanía italiana rechazaba contundentemente en referéndum el desarrollo de la energía nuclear sumándose a Alemania. El pueblo italiano no se ha limitado a decir no a la energía nuclear, sino que con ello obliga a desarrollar las energías renovables, las únicas realmente sostenibles. Incluso el propio primer ministro italiano, que proyectaba la construcción de centrales nucleares, lo reconocía al prever los resultados del referéndum: "Italia se apresta a decir adiós a la energía nuclear y tendrá que apostar fuerte por las renovables".

Una apuesta nada gratuita ni arriesgada: recordemos que en Mayo de 2011 el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático) publicó un sólido informe que

muestra la viabilidad de satisfacer las necesidades energéticas del planeta contando únicamente con recursos renovables y limpios (<http://www.inesglobal.com/ipcc-report-on-renewables.phtml>). Ahora estamos todavía a tiempo, señala dicho informe, de realizar las necesarias inversiones para lograrlo antes de 2050, con lo que se podría evitar que la concentración de gases de efecto invernadero supere valores incontrolables.

Es conveniente mencionar una vez más la necesidad de información y formación de la ciudadanía en ámbitos tecno-científicos para poder participar en la toma de decisiones. No se trata de que cada ciudadano de a pie se convierta en un experto científico, aunque sí se requiere cierta base técnica para comprender la gravedad potencial de las decisiones equivocadas o a la hora de opinar sobre ciertas discrepancias científicas. Ayudaría un papel colaborador y divulgativo de científicos y tecnólogos, que podría mejorarse con una mayor formación de los mismos en el análisis de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (Sánchez Cazorla y Rodríguez Alcázar, 2004).

Para ello se hace indispensable la profundización en la participación ciudadana y la consiguiente necesidad de información y formación de los ciudadanos en ámbitos tecno-científicos, para romper la brecha de percepción divergente que se produce entre los expertos científicos y los ciudadanos o colectivos sociales a la hora de encarar los conflictos ambientales relativos, en este caso, al riesgo nuclear (Sánchez, 2011).

Debemos insistir en que esta participación de la ciudadanía en la toma de decisiones, que se traduce, en general, en evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo, no supone ninguna rémora para el desarrollo de la investigación, ni para la introducción de innovaciones para las que existan razonables garantías de seguridad. De hecho, la opinión pública no se opone, por ejemplo, a la investigación con células madre embrionarias. Muy al contrario, está apoyando a la mayoría de la comunidad científica que reclama se levante la prohibición introducida en algunos países, debido a la presión de grupos ideológicos fundamentalistas.

En definitiva, la participación ciudadana en la toma de decisiones es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente. Dicha participación,

hemos de insistir, reclama un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones - que se pueden y se deben expresar con un lenguaje accesible- y no ha de verse rechazada con el argumento de que problemas como el cambio climático o la manipulación genética sean de una gran complejidad. Naturalmente se precisan estudios científicos rigurosos, pero tampoco ellos, por sí solos, bastan para adoptar decisiones adecuadas, puesto que, a menudo, la dificultad estriba, antes que en la falta de conocimientos, en la ausencia de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo plazo. Muy ilustrativo a este respecto puede ser el enfoque dado a las *catástrofes anunciadas*, como los derrames de petróleo provocados por el hundimiento de petroleros como el Exxon Valdez, Erika, Prestige o más recientemente el del pozo Macondo de British Petroleum "BP", que se intenta presentar como "accidentes" (Vilches y Gil-Pérez, 2003), o como ya hemos dicho la catástrofe provocada por un terremoto en la central nuclear de Fukushima de Japón.

Todo ello constituye un argumento decisivo a favor de una alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía, cuya necesidad aparece cada vez con más claridad ante la situación de auténtica "emergencia planetaria" (Bybee, 1991) que estamos viviendo. Así, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992 y conocida como *Primera Cumbre de la Tierra* (<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/Default.htm>) se reclamó una decidida acción de los educadores para que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de cuál es esa situación y *puedan participar en la toma de decisiones fundamentadas* (Edwards et al., 2001; Gil-Pérez et al., 2003; Vilches y Gil-Pérez, 2003; España y Prieto, 2009; Vilches y Gil Pérez, 2009 y 2011; García Barros, Martínez y Rivadulla, 2010). Como señalan diversos autores, si los estudiantes han de llegar a ser ciudadanos y ciudadanas responsables, es preciso que les proporcionemos ocasiones para analizar los problemas globales que caracterizan esa situación de emergencia planetaria y considerar las posibles soluciones (Hicks y Holden, 1995; Prieto y España, 2010).

Así pues, la alfabetización científica no solo no constituye un "mito irrealizable" (Shamos, 1995), sino que se impone como una dimensión esencial de la cultura ciudadana. Cabe señalar, por otra parte, que la reivindicación de esta dimensión no es el fruto de "una idea preconcebida" aceptada acríticamente, como afirma Fensham (2002a

y 2002b). Muy al contrario, el prejuicio ha sido y sigue siendo que “la mayoría de la población es incapaz de acceder a los conocimientos científicos, que exigen un alto nivel cognitivo”, lo que implica, obviamente, reservarlos a una pequeña élite. El rechazo de la alfabetización científica recuerda así la sistemática resistencia histórica de los privilegiados a la extensión de la cultura y a la generalización de la educación (Gil-Pérez y Vilches, 2001). Y su reivindicación forma parte de la batalla de las fuerzas progresistas por vencer dichas resistencias, que constituyen el verdadero prejuicio acrítico. Podemos recordar a este respecto las palabras del gran científico francés Paul Langevin: “En reconocimiento del papel jugado por la ciencia en la liberación de los espíritus y la confirmación de los derechos del hombre, el movimiento revolucionario hace un esfuerzo considerable para introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general y conformar esas humanidades modernas que aún no hemos logrado establecer” (Langevin, 1926). Sin embargo, no parece que ese reconocimiento se haya generalizado después de todos estos años. Como señalábamos anteriormente, son numerosas las investigaciones que señalan la falta de interés del alumnado hacia los estudios científicos. Podríamos preguntarnos si en realidad no es de esperar ese desinterés frente al estudio de una actividad tan racional y compleja como la ciencia.

Las acusaciones de dogmatismo, de abstracción formalista carente de significatividad, etc., pueden considerarse justas si se refieren a la forma en que la enseñanza presenta habitualmente esas materias. Pero, ¿cómo aceptar que el desarrollo de la Mecánica, o de cualquier otro campo de la ciencia, constituya una materia abstracta, puramente formal? Basta asomarse a la historia de las ciencias para darse cuenta del carácter de verdadera aventura, de lucha apasionada y apasionante por la libertad de pensamiento –en la que no han faltado ni persecuciones ni condenas- que el desarrollo científico ha tenido.

La recuperación de esos aspectos históricos y de relación Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), sin dejar de lado los problemas que han jugado un papel central en el cuestionamiento de dogmatismos y en la defensa de la libertad de investigación y pensamiento, puede contribuir a devolver al aprendizaje de las ciencias la vitalidad y relevancia del propio desarrollo científico. Los debates en torno al heliocentrismo, el evolucionismo, la síntesis orgánica, el origen de la vida... constituyen ejemplos relevantes.

Pero el aprendizaje de las ciencias puede y debe ser también una aventura potenciadora del espíritu crítico en un sentido más profundo: la aventura que supone enfrentarse a

problemas abiertos, participar en la construcción tentativa de soluciones... la aventura, en definitiva, de hacer ciencia. Es necesaria una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia para que los estudiantes estén capacitados para participar en la toma fundamentada de decisiones en cuestiones tecnocientíficas (Lederman, 2007). El problema es que la naturaleza de la ciencia aparece distorsionada en la educación científica, incluso universitaria. Ello plantea la necesidad de superación de visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología, socialmente aceptadas, que afectan incluso al propio profesorado. Por esta razón dedicaremos el siguiente capítulo al análisis de dichas deformaciones, estudiando sus consecuencias y la forma de superarlas (Fernández et al., 2002).

Por otro lado, la imagen de la ciencia y la tecnología, como hemos señalado, no es el fruto exclusivo de la enseñanza formal, sino que se transmite a través de la prensa, de los medios de comunicación, de los museos de ciencia y tecnología, de los cómics... Es preciso, pues, analizar la contribución de esta educación no formal, y en particular de los museos de ciencias, a las concepciones acerca de la ciencia.

1.5. CONTRIBUCIÓN DE LA EDUCACIÓN NO FORMAL A LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DE LA CIUDADANÍA: MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La adquisición de destrezas adecuadas para construir conocimientos científicos se consigue no sólo a través de la educación formal sino también de la no reglada entendiendo por ésta la educación extraescolar. Se debe considerar así que ambas vías resultan válidas para contribuir a la alfabetización de la ciudadanía (Pérez Maldonado, García Barros y Martínez Losada, 2004; Oliva, Matos y Acevedo, 2008). Es más, se precisa de una compensación entre la ciencia escolar y la ciencia fuera de la escuela (Aubusson, Griffin y Kearney, 2012).

Por dicha razón, desde hace ya algunas décadas, los profesores y profesoras de ciencias estamos siendo llamados a abrir la escuela hacia el exterior y a organizar 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; Sancho, 2008; Segarra, Vilches y Gil Pérez, 2008; Redondo, Vilches y Gil Pérez, 2008; Gadea, Vilches y Gil Pérez, 2009; Sancho, Vilches y Gil-Pérez, 2010). 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 (*Journal of Research in Science Teaching; Aster; International Journal of Science Education; Alambique; Cultura y Educación...*).

Algunas aportaciones han señalado ciertas limitaciones de la educación no formal, en el caso de los Museos, exposiciones y documentales. Así, Scrive (1989) señaló que, desgraciadamente, 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 Scrive, cuando esas imágenes se centran en las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): "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 rica en aventuras y poesía, y plena de incertidumbres. Así 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 se centra, más que en lograr un aprendizaje conceptual, en despertar el interés por la ciencia, las ganas de aprender ciencia (Tal, 2012). De ahí que la dimensión CTSA se convierta en un elemento esencial de la misma. Es por eso que las exposiciones científicas se centran, cada vez más, en las interacciones CTSA (Girault, 1999) y, muy en particular, en los problemas medioambientales (Fortín-Debart, 1999).

En ese sentido, como ya señalábamos, desde hace años se viene reclamando la necesidad de que la educación, toda la educación incluida la no formal, preste una atención especial a la preparación de los ciudadanos y ciudadanas para hacer frente a la situación de crisis planetaria que estamos viviendo (Naciones Unidas, 1992; Gil-Pérez et al., 2003). Sin embargo, como han puesto de manifiesto algunos trabajos (Gil-Pérez, Vilches y González, 2002; González, Gil-Pérez y Vilches, 2002; Redondo, Vilches y Gil Pérez, 2008) los museos y las grandes exposiciones están lejos de prestar una atención adecuada a los problemas globales del planeta y suelen ser exponentes

propagandísticos de los avances científicos y tecnológicos, transmitiendo visiones de un optimismo simplista (Pedretti, 2002).

Dentro de esta perspectiva, nuestro estudio se centrará en el análisis de la contribución de la educación no reglada al proceso de alfabetización científica, en particular, estudiaremos el papel de los museos de ciencia y tecnología considerados hoy como instrumentos importantes en la alfabetización científica de la sociedad, complementando al sistema educativo (educación formal) y desempeñando un papel fundamental en los procesos de divulgación científica y, muy en particular, en la enseñanza de las ciencias. Para ello, consideramos de especial interés analizar la visión que transmiten sobre la ciencia y la actividad científica y más concretamente nos proponemos responder a una serie de preguntas:

¿Hasta qué punto los museos de ciencias muestran, en general, visiones adecuadas de la ciencia y la tecnología acordes con la forma en que se construyen y evolucionan los conocimientos científicos?

¿Hasta qué punto refuerzan las concepciones ingenuas y distorsionadas socialmente aceptadas de la ciencia y la tecnología?

¿Qué incidencia tiene la visita a los museos de ciencias en las concepciones de los visitantes?

¿Qué medidas convendría adoptar, en su caso, para que las visitas a los museos de ciencia aproximen a los visitantes a lo que son las actividades tecnocientíficas y a despertar su interés hacia las mismas? En particular ¿Qué propuestas se podrían plantear para que los museos de ciencias y tecnología puedan convertirse en instrumentos útiles para la inmersión en la cultura científica en la educación formal?

¿Existen ya museos que combatan, o al menos eviten, estas visiones distorsionadas de la ciencia y la tecnología?

En una primera fase del estudio, como ya hemos señalado, nos centraremos en dar respuesta a qué imagen de la ciencia y la tecnología muestran los museos de ciencia, y en una segunda fase las propuestas para, en su caso, modificar la situación para que contribuyan de un modo eficaz a la alfabetización científica de la ciudadanía y puedan ser utilizados también desde la educación científica formal, para proporcionar una imagen más real y, consecuentemente, más susceptible de generar un interés crítico hacia las actividades tecnocientíficas del propio alumnado.

Una vez planteado el problema en que se centra esta investigación pasaremos en el siguiente capítulo a presentar un análisis detallado de las visiones deformadas de la ciencia y tecnología.

Referencias Bibliográficas en este Capítulo 1

- ACEVEDO, J. A. (2005). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F. y MANASSERO, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana: una revisión crítica, *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2, (2), 121-140.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y PAIXÃO, M.F. (2005) Educación CTS y alfabetización científica y tecnológica. Una panorámica general a través de contextos culturales diferentes. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(2): 195-207.
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- ALLARD, M. (1999). Le partenariat école-musée: quelques pistes de réflexion. *Aster*, 29, 27-40.
- ATKIN, J. M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20.
- AUBUSSON, P., GRIFFIN, J. y KEARNEY, M. (2012). Learning Beyond the Classroom: Implications for School Science. *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1123-1134.
- BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. En Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (Eds). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- BYBEE, R. (1997a). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann.
- BYBEE, R. (1997b). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel: IPN.
- BYBEE, R. y DeBOER, G.E. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P.C.

- 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.
- CARRASCOSA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., FURIÓ C. y GUIASOLA, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5 (2), 118-133.
- CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza.
- COSTA, P. (1976). *Nuclearizar España*. Barcelona: Los Libros de la Frontera.
- DeBOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*, http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm (Acceso el 10 de febrero de 2013).
- EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. y TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67.
- ESPAÑA, E. y PRIETO, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 6. Nº 3. Pp. 345-354.
- FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24.
- FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149.
- 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.
- FORTÍN-DEBART, C. (1999). Analyse de l'offre des institutions muséals en médiation environnementale, *Aster*, 29, 85-100.
- 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.

- GADEA, I., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2009). Posibles usos de la prensa en la educación científica y tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 153-169.
- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ, C. y RIVADULLA J. (2010). La percepción medioambiental del profesorado de primaria en el tema de la nutrición humana. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7, N° Extraordinario, pp. 286-296.
- GAVIDIA, V. (2005). Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 19, 91-102.
- GIL PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005b). ¿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. Pp. 15-28. (Accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.php> acceso el 15 de febrero de 2013).
- 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. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.
- 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., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.
- GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, M. (2002). Otro mundo es posible: de la emergencia planetaria a la sociedad sostenible. (Una propuesta de museo de ciencias que ayude a la reflexión en torno a la situación del mundo). *Didáctica de las ciencias Experimentales y Sociales*, N° 16, 57-81
- GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikirikí*, N° 44-45, 33-34.
- GIRAULT, Y. (1999). L'école et ses partenaires scientifiques. *Aster*, 29, 3-8
- GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. Publicado en *Tecne, Episteme y Didaxis*, 12, pp. 98-112.
- GUTIÉRREZ, A. (2006). PISA y la evaluación de la alfabetización científica. *Investigación en la Escuela*, 60, 65-78.
- HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring The Future A Missing Dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007). Working Group III Report: *Mitigation of Climate Change*, In “*Climate Change 2007*” IPCC, *Fourth Assessment Report (AR4)*. Accesible en: <http://www.ipcc.ch/> (Acceso el 10 de febrero de 2013).
- LANGEVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, Décembre 1926.
- LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Editors), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- LOVELOCK, J. (2004). Nuclear power is the only green solution. *The Independent*, 24 de Mayo de 2004.
- LUPIÓN, T. y PRIETO, T. (2007). Actividades CTS: un ejemplo para el desarrollo de competencias propias de la educación para la ciudadanía y la alfabetización científica, *Kikiriki*, 85, 23-26.
- MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoi: Marfil.
- MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163.
- NACIONES UNIDAS (1992). UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles (UNESCO: París).
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1995). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- NIETO-GALÁN, A. (2004). “La Naturaleza Nuclear y la ecología del siglo XX”, en A. Nieto-Galán, *Cultura Industrial: Historia y Medio Ambiente*. Barcelona: Rubes.
- OLIVA, J. M., MATOS, J. y ACEVEDO, J. A. (2008). Contribución de las exposiciones científicas escolares al desarrollo profesional docente de los profesores participantes, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 7(1), pp. 21-41.
- PAIXÃO, F. (2005). Devolver a la naturaleza el agua que utilizamos en la ciudad. Una propuesta de enseñanza de ciencia contextualizada en el entorno de los alumnos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Monográfico: Contextualizar la Ciencia*. 46: 60-67.
- 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.
- PÉREZ MALDONADO, M., GARCÍA BARROS, S., Y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2004). La ciencia escolar y la ciencia cotidiana. Interrelaciones mutuas. *Educación Siglo XXI*, 22, 169-185.
- PRIETO, T. y ESPAÑA, E. (2010). Educar para la sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo, *Revista Eureka*, 7, N° Extraordinario, pp. 216-229.

- PRIETO, T., ESPAÑA, E. y MARTÍN, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología- Sociedad, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1) pp. 71-77.
- REID, D. J. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- REDONDO, L., GIL, D. y VILCHES, A. (2008). Los museos etnológicos como instrumentos de formación ciudadana para la sostenibilidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 67-84. (ISSN: 0214-4379).
- RIECHMANN, J. (Coord.) (2006). *Perdurar en un planeta habitable*. Ciencia, Tecnología y Sostenibilidad. Barcelona: Icaria.
- RIFKIN, J. (2007). Los riesgos continuarán aunque reduzcamos las emisiones. *El País*, 2 de diciembre de 2007, p. 56.
- 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. Acceso el 10 de febrero de 2013.
- ROSENBAUM, W.A. (1999). The Good Lessons of Bad Experience: Rethinking the Future of Commercial Nuclear Power. *American Behavioral Scientist*, 43, 74-91.
- SÁNCHEZ, L. (2011). Conflictos socioambientales en torno a la energía nuclear. Perspectivas desde la Investigación para la Paz. *Revista paz y conflictos*, 4, 80-100.
- SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. y RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. (2004) “Ciencia y tecnología para la paz”, en Molina Rueda, Beatriz y Muñoz, Francisco A. (Eds.) *Manual de Paz y Conflictos*. Granada, Universidad de Granada: 119-139.
- SANCHO, J. (2008). *Los documentales científicos como instrumentos de formación ciudadana para hacer frente a la situación de emergencia planetaria*. Trabajo de Investigación de Tercer Ciclo, Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- SANCHO, J., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2010). Los documentales científicos como instrumentos de educación para la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7 (3), pp. 667-681. Accesible en: <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira>. Acceso el 15 de febrero de 2013.
- SCRIVE, M. (1989). Le film d'exposition scientifique, un choc entre deux cultures. *Aster*, 9, 69-83
- SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press.
- SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL, D. (2008). Los museos ciencias como instrumentos de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102. (ISSN: 0214-4379).
- SIMPSON, R. D., KOBALA, T. R., OLIVER, J. S. y CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: McMillan Pub Co.

TAL, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1109-1122.

UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (1975). *The Nuclear Fuel Cycle : A Survey of the Public Health, Environmental, and National Security Effects of Nuclear Power*. The MIT Press.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2008). La sostenibilidad y el debate nuclear. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5 (1) pp. 94-99.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria a la que debemos y podemos hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, pp. 101-122. (Número completo accesible en: <http://www.revistaeducacion.mec.es/re2009.htm>. Acceso el 10 de febrero de 2013).

CAPÍTULO 2

**VISIONES DEFORMADAS
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA
SOCIALMENTE ACEPTADAS**

En el capítulo anterior hemos analizado las razones que apoyan la necesidad de una alfabetización científica para todos los ciudadanos y ciudadanas y la importancia de la contribución de los museos de ciencias a la consecución de dicho objetivo. La educación científica aparece así como una necesidad del desarrollo social y personal de la ciudadanía. Pero, como ya adelantábamos, las expectativas puestas en la contribución de las ciencias a unas humanidades modernas (Langevin, 1926; Bybee, 1997b; DeBoer, 2000; Ribelles, Vilches y Gil Pérez, 2009) no se han cumplido y asistimos a un fracaso generalizado y un creciente rechazo de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias e, incluso, hacia la ciencia misma (Simpson et al., 1994; Gil Pérez et al., 2005b; Rocard et al., 2007; Carrascosa et al., 2008).

Esta preocupante distancia entre las expectativas puestas en la contribución de la educación científica a la formación de ciudadanos conscientes de las repercusiones sociales de la ciencia, y la realidad de un amplio rechazo de la ciencia y su aprendizaje, ha terminado por dirigir la atención hacia cómo se está llevando a cabo esa educación científica. Se han detectado así, entre otras cosas, graves distorsiones de la naturaleza de la ciencia que justifican, en gran medida, tanto el fracaso de buen número de estudiantes como su rechazo de la ciencia (Domènech et al., 2003). Hasta el punto de que hayamos comprendido, como afirman Guilbert y Meloche (1993), que la mejora de la educación científica exige, como requisito ineludible, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que los profesores tenemos y transmitimos. Dicho con otras palabras, para evitar el rechazo de los estudiantes es requisito sine qua non que la educación científica, tanto formal como no reglada no incurra en visiones empobrecidas y distorsionadas de la ciencia.

La importancia de salir al paso de dichas visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología, para contribuir al logro de los objetivos de la alfabetización científica de la ciudadanía, nos lleva a dedicar este capítulo a estudiar con detenimiento cuáles son dichas visiones deformadas que se transmiten en la educación y de qué forma se pueden superar, es decir, qué hacer para evitarlas, para mostrar visiones más adecuadas que favorezcan el interés (crítico) por la actividad científica y tecnológica y, en definitiva, la participación de la ciudadanía en la toma fundamentada de decisiones.

2.1. VISIONES DEFORMADAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Comenzaremos por plantear la dificultad que entraña hablar de una “imagen correcta” de la actividad científica, que parece sugerir la existencia de un supuesto método universal, de un modelo único de desarrollo científico. Es preciso, por supuesto, evitar cualquier interpretación de este tipo, pero ello no se consigue renunciando a hablar de las características de la actividad científica, sino con un esfuerzo consciente por evitar simplismos y deformaciones claramente contrarias a lo que puede entenderse, en sentido amplio, como aproximación científica al tratamiento de problemas.

Las diferentes visiones deformadas que vamos a presentar son resultado de numerosas investigaciones acerca de la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica, así como del trabajo llevado a cabo en talleres con grupos de profesores en formación y en activo donde las deformaciones conjeturadas por los participantes son siempre las mismas; más aún, no sólo se señalan sistemáticamente dichas deformaciones, sino que se observa una notable coincidencia en la frecuencia con que cada una es mencionada (Fernández, 2000; Fernández et al., 2005; Gil-Pérez et al., 2005a).

También se constata este hecho en los análisis bibliográficos realizados por diferentes equipos docentes referidos a posibles errores y simplismos en la forma en que la enseñanza de la ciencia presenta la naturaleza de la misma y cuyos resultados son sorprendentemente coincidentes (Fernández, 2000).

Las deformaciones (como veremos, *estrechamente relacionadas entre sí*) expresan, en su conjunto, una imagen ingenua profundamente alejada de lo que supone la construcción de conocimientos científicos y, además, han ido consolidándose hasta convertirse en un estereotipo socialmente aceptado que, insistimos, la propia educación científica refuerza por acción u omisión (Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010).

Pasaremos a continuación a presentar dichas visiones:

2.1.1. UNA VISIÓN DESCONTEXTUALIZADA

Se trata de una deformación criticada por todos los equipos docentes implicados en este esfuerzo de clarificación y por una abundante literatura: 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 (Hodson, 1994). Se ignoran, pues, las complejas relaciones CTS, Ciencia-Tecnología-Sociedad, o, mejor, 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. 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 estatus que la ciencia 'pura' (Acevedo, 1996 y 2006; De Vries, 1996; Cajas, 1999 y 2001; Vázquez y Manassero, 2009; Ferreira, 2009; Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010), 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 y ciudadanas (Gilbert, 1992 y 1995; De Vries y Tamir, 1997), 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). 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. A este respecto, cabe subrayar que los dispositivos e instalaciones, y en general los inventos tecnológicos, no pueden ser considerados como meras aplicaciones de determinadas ideas científicas, en primer

lugar, porque ellos tienen una prehistoria 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. Así, la desviación de una aguja magnética por una corriente eléctrica (experiencia de Oersted, efectuada en 1819), por sí misma no sugería su utilización para la comunicación a distancia entre las personas. Se advirtió esa posibilidad, solo porque la comunicación a distancia era una necesidad creciente, y ya se habían desarrollado antes otras formas de “telegrafía”, sonora y visual, en las cuales se empleaban determinados códigos; también se habían construido baterías de potencia considerable, largos conductores y otros dispositivos que resultaban imprescindibles para el invento de la telegrafía. Estas consideraciones históricas permitirían comenzar a romper con la idea común de la tecnología como subproducto de la ciencia, como un simple proceso de aplicación del conocimiento científico para la elaboración de artefactos (lo que refuerza el supuesto carácter neutral, ajeno a intereses y conflictos sociales, del binomio ciencia-tecnología). Sin embargo, esta concepción simplista está aceptada generalmente, incluso por parte de docentes y educadores científicos, debido a la falta de una reflexión significativa que ayude a cuestionar prejuicios simplistas.

Pero lo más importante es clarificar lo que la educación científica de los ciudadanos y ciudadanas pierde con esta minusvaloración 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 educación 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.

Nadie pretende hoy, por supuesto, trazar una neta separación entre ciencia y tecnología: desde la revolución industrial los tecnólogos han incorporado de forma creciente las estrategias de la investigación científica para producir y mejorar sus productos. La interdependencia de la ciencia y la tecnología ha seguido creciendo debido a su incorporación a las actividades industriales y productivas, y eso hace difícil hoy -y, al

mismo tiempo, carente de interés- clasificar un trabajo como puramente científico o puramente tecnológico.

Sí que interesa destacar, por el contrario, algunos aspectos de las relaciones ciencia-tecnología, con objeto de evitar visiones deformadas que empobrecen la educación científica y tecnológica. 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 diseño y manejo de productos tecnológicos que han de funcionar en la vida real.

De este modo, el estudio resulta a la vez más limitado (interesa resolver una cuestión específica, no construir un cuerpo de conocimientos) y más complejo (no es posible trabajar en condiciones 'ideales', fruto de análisis capaces de eliminar influencias 'espurias'). 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).

Esta compleja interacción de comprensión y acción en situaciones específicas pero reales, no 'puras', es lo que caracteriza el trabajo tecnológico (Hill, 1998; Cajas, 1999 y 2001). Como vemos, en modo alguno puede concebirse la tecnología como mera aplicación de los conocimientos científicos. No debemos, pues, ignorar ni minusvalorar los procesos de diseño, necesarios para convertir en realidad los objetos y sistemas tecnológicos y para comprender su funcionamiento. La presentación de esos productos como simple aplicación de algún principio científico sólo es posible en la medida en que no se presta atención real a la tecnología. *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. Precisamente, el objetivo de conectar la ciencia escolar con el mundo real está impulsando a explorar la potencialidad de la tecnología para la educación general (Cajas, 1999 y 2001; Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010), como punto de encuentro de saberes de muy distinta naturaleza, pero que se relacionan entre sí para resolver problemas concretos de la vida real. Todo ello redundo, afirma Bybee (2000), en interés de la ciencia, de la educación científica y de la sociedad. Bybee insiste por ello en que la alfabetización tecnológica constituye un imperativo para el siglo XXI.

Estos planteamientos afectan también, en general, a las propuestas de incorporación de la dimensión CTSA, que se han centrado en promover la absolutamente necesaria contextualización de la actividad científica, discutiendo 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 tecnología: 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 simplista 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). Por supuesto, no solo 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” consumidores de los productos nocivos.

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 visión que conecta con la que contempla a los científicos como seres especiales, genios solitarios que manejan un lenguaje abstracto, de difícil acceso. La visión descontextualizada se ve reforzada, pues, por las concepciones individualistas y elitistas de la ciencia.

2.1.2. UNA CONCEPCIÓN INDIVIDUALISTA Y ELITISTA

Esta es, junto a la visión descontextualizada que acabamos de analizar -y a la que está estrechamente ligada- otra de las deformaciones más frecuentemente señaladas por los equipos docentes, y también más tratadas en la literatura (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 y alumnas.

En algunas ocasiones nos encontramos con una deformación de signo opuesto que contempla la actividad científica como algo sencillo, próximo al sentido común, olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento

sistemático de lo obvio (Bachelard, 1938), pero en general la concepción dominante es la que contempla la ciencia como una actividad de genios aislados.

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 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 imagen individualista y elitista del científico se traduce en iconografías que representan al *hombre* de bata blanca en su inaccesible laboratorio, repleto de extraños instrumentos. De esta forma, conectamos con una tercera y grave deformación: la que asocia el trabajo científico, casi exclusivamente, con ese trabajo en el laboratorio, donde el científico experimenta y observa en busca del feliz "descubrimiento". Se transmite así una visión empiro-inductivista de la actividad científica a la que contribuye el olvido de la tecnología y que abordaremos seguidamente.

2.1.3. UNA CONCEPCIÓN EMPIRO-INDUCTIVISTA Y ATEÓRICA

Quizás sea la concepción empiro-inductivista la deformación que ha sido estudiada en primer lugar, y la más ampliamente señalada en la literatura. Una concepción que defiende el papel de la observación y de la experimentación "neutras" (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso.

Numerosos estudios han mostrado las discrepancias entre la imagen de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea y ciertas concepciones docentes, ampliamente extendidas, marcadas por un empirismo extremo (Giordan, 1978; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989; Cleminson, 1990; King, 1991; Stinner, 1992; Désautels et al.,

1993; Lakin y Wellington, 1994; Hewson, Kerby y Cook, 1995; Jiménez Aleixandre, 1995; Thomaz et al., 1996; McComas 1998a; Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999...). Hay que insistir, a este respecto, en el rechazo generalizado de lo que Piaget (1970) denomina "el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos", es decir, en el rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de "datos puros". Esos datos no tienen sentido en sí mismos, sino que requieren ser interpretados de acuerdo con un sistema teórico. Así, por ejemplo, cuando se utiliza un amperímetro no se observa la intensidad de una corriente, sino la simple desviación de una aguja (Bunge, 1980). Se insiste, por ello, en que toda investigación y la misma búsqueda de datos vienen marcadas por paradigmas teóricos, es decir, por visiones coherentes, articuladas que orientan dicha investigación.

Es preciso, además, insistir en la importancia de los paradigmas conceptuales, de las teorías, en el desarrollo del trabajo científico (Bunge, 1976), en un proceso complejo, no reducible a un modelo definido de cambio científico (Estany, 1990), que incluye eventuales rupturas, cambios revolucionarios (Kuhn, 1971), del paradigma vigente en un determinado dominio y surgimiento de nuevos paradigmas teóricos. Y es preciso también insistir en que los problemas científicos constituyen inicialmente "situaciones problemáticas" confusas: el problema no viene dado, es necesario formularlo de manera precisa, modelizando la situación, haciendo determinadas opciones para simplificarlo más o menos con el fin de poder abordarlo, clarificando el objetivo, etc. Y todo esto partiendo del corpus de conocimientos que se posee en el campo específico en que se desarrolla el programa de investigación (Lakatos, 1989).

Estas concepciones empiro-inductivistas de la ciencia afectan a los mismos científicos - pues, como explica Mosterín (1990) sería ingenuo pensar que éstos "son siempre explícitamente conscientes de los métodos que usan en su investigación"- así como, lógicamente, a los mismos estudiantes (Gaskell, 1992; Pomeroy, 1993; Roth y Roychoudhury, 1994; Solomon, Duveen y Scott 1994; Abrams y Wandersee, 1995; Traver, 1996; Roth y Lucas, 1997; Désautels y Larochelle, 1998a). Conviene señalar que esta idea, que atribuye la esencia de la actividad científica a la experimentación, coincide con la de "descubrimiento" científico, transmitida, por ejemplo, por los cómics, el cine y, en general, por los medios de comunicación (Lakin y Wellington, 1994). Dicho de otra manera, parece que la visión del profesorado -o la que proporcionan los libros de texto (Selley, 1989; Stinner, 1992)- no es muy diferente, en lo que respecta al

papel atribuido a los experimentos, de lo que hemos denominado la imagen “ingenua” de la ciencia, socialmente difundida y aceptada.

Cabe señalar que aunque ésta es, parece ser, la deformación más estudiada y criticada en la literatura, son pocos los equipos docentes que se refieren a esta posible deformación. Ello puede interpretarse como índice del peso que continúa teniendo esta concepción empiro-inductivista en el profesorado de ciencias. Es preciso tener en cuenta a este respecto que, pese a la importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente **libresca**, de simple transmisión de conocimientos, sin apenas trabajo experimental *real* (más allá de algunas 'recetas de cocina'). La experimentación conserva, así, para docentes y estudiantes, el atractivo de una “revolución pendiente”, como hemos podido percibir en entrevistas realizadas a profesores en activo (Fernández, 2000).

Esta falta de trabajo experimental tiene como una de sus causas la escasa familiarización de los profesores con la dimensión tecnológica y viene, a su vez, a reforzar las visiones simplistas sobre las relaciones ciencia-tecnología a las que ya hemos hecho referencia (Ferreira, Gil Pérez y Vilches, 2006; Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010). En efecto, el trabajo experimental puede ayudar a comprender que, si bien la tecnología se ha desarrollado durante milenios sin el concurso de la ciencia, inexistente hasta muy recientemente (Niiniluoto, 1997; Quintanilla y Sánchez Ron, 1997), la construcción del conocimiento científico *siempre* ha sido y sigue siendo deudora de la tecnología: basta recordar que para someter a prueba las hipótesis que focalizan una investigación estamos obligados a construir diseños experimentales; diseños que requieren, como bien sabemos, el uso de múltiples y variadas tecnologías.

Es cierto que, como ya señalaba Bunge (1976), los diseños experimentales son deudores del cuerpo de conocimientos (la construcción, por ejemplo, de un amperímetro sólo tiene sentido a la luz de una buena comprensión de la corriente eléctrica), pero su realización concreta exige resolver problemas prácticos en un proceso complejo con todas las características del trabajo tecnológico. Es precisamente éste el sentido que debe darse a lo que manifiesta Hacking (1983) cuando -parafraseando la conocida frase de que 'la observación está cargada de teoría' (Hanson 1958)- afirma que 'la observación y la experimentación científica están cargadas de una competente práctica previa'.

Cuando, por ejemplo, Galileo concibe la idea de 'debilitar', la caída de los cuerpos mediante el uso de un plano inclinado de fricción despreciable, con objeto de someter a prueba la hipótesis de que la caída de los graves constituye un movimiento de aceleración constante, la propuesta resulta conceptualmente sencilla: si la caída libre tiene lugar con aceleración constante, el movimiento de un cuerpo que se desliza por un plano inclinado con fricción despreciable también tendrá aceleración constante, pero tanto más pequeña cuanto menor sea el ángulo del plano, lo que facilita la medida de los tiempos y la puesta a prueba de la relación esperada entre las distancias recorridas y los tiempos empleados. Sin embargo, la realización práctica de este diseño comporta resolver toda una variedad de problemas: preparación de una superficie suficientemente plana y pulida, por la que pueda rodar una esferita, como forma de reducir la fricción; construcción de una canaleta para evitar que la esferita se desvíe y caiga del plano inclinado; establecimiento de la forma de soltar la esferita y de determinar el instante de llegada, etc. Se trata, sin duda alguna, de un trabajo tecnológico destinado a lograr un objetivo concreto, a resolver una situación específica, lo que exige una multiplicidad de habilidades y conocimientos. Y lo mismo puede decirse de cualquier diseño experimental, incluso de los más sencillos.

No se trata, pues, de señalar, como a veces se hace, que '*algunos*' desarrollos tecnológicos han sido imprescindibles para hacer posible '*ciertos*' avances científicos (como, por ejemplo, el papel de las lentes en la investigación astronómica): la tecnología está *siempre* en el corazón de la actividad científica; la expresión *diseño* experimental es perfectamente ilustrativa a este respecto.

Desafortunadamente, las escasas prácticas de laboratorio escolares escamotean a los estudiantes (¡incluso en la Universidad!) toda la riqueza del trabajo experimental, puesto que presentan montajes ya elaborados para su simple manejo siguiendo guías tipo '*receta de cocina*'.

De este modo, la enseñanza centrada en la simple transmisión de conocimientos ya elaborados no solo impide comprender el papel esencial que la tecnología juega en el desarrollo científico, sino que, contradictoriamente, favorece el mantenimiento de las concepciones empiro-inductivistas que sacralizan un trabajo experimental, al que nunca se tiene acceso real, como elemento central de un supuesto '*Método Científico*'... lo que se vincula con otras dos graves deformaciones que abordaremos brevemente a continuación.

2.1.4. UNA VISIÓN RÍGIDA, ALGORÍTMICA, INFALIBLE...

Ésta es una concepción ampliamente difundida entre el profesorado de ciencias, como se ha podido constatar utilizando diversos diseños (Fernández, 2000). Así, en entrevistas mantenidas con docentes, una mayoría se refiere al “Método Científico” como una secuencia de etapas definidas, en las que las 'observaciones' y los 'experimentos rigurosos' juegan un papel destacado, contribuyendo a la 'exactitud y objetividad' de los resultados obtenidos.

Frente a ello es preciso resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente, que se concreta en aspectos fundamentales y erróneamente relegados en los planteamientos empiro-inductivistas como son la invención de hipótesis y modelos, o el propio diseño de experimentos. No se razona, pues, en términos de certezas, más o menos basadas en "evidencias", sino en términos de hipótesis, que se apoyan, es cierto, en los conocimientos adquiridos, pero que son contempladas como "tentativas de respuesta" que han de ser puestas a prueba lo más rigurosamente posible, lo que da lugar a un proceso complejo, en el que no existen principios normativos, de aplicación universal, para la aceptación o rechazo de hipótesis o, más en general, para explicar los cambios en los conocimientos científicos (Giere, 1988). Es preciso reconocer, por el contrario, que ese carácter tentativo se traduce en dudas sistemáticas, en replanteamientos, búsqueda de nuevas vías, etc., que muestran el papel esencial de la invención y la creatividad, contra toda idea de método riguroso, algorítmico. Y, si bien la obtención de datos experimentales en condiciones definidas y controladas (en las que la dimensión tecnológica juega un papel esencial) ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel, que sólo cobra sentido, insistimos, con relación a las hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto. En palabras de Hempel (1976), "al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a partir de datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica". Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

La concepción algorítmica, como la empiro-inductivista, en la que se apoya, puede mantenerse en la medida misma en que el conocimiento científico se transmite en forma acabada para su simple recepción, sin que ni estudiantes ni docentes tengan ocasión de

constatar prácticamente las limitaciones de ese supuesto 'Método Científico'. Por la misma razón se incurre con facilidad en una visión aproblemática y ahistórica de la actividad científica a la que nos referiremos a continuación.

2.1.5. UNA VISIÓN APROBLEMÁTICA Y AHISTÓRICA (ERGO ACABADA Y DOGMÁTICA)

Como ya hemos señalado, el hecho de transmitir conocimientos ya elaborados, conduce muy a menudo a ignorar cuáles fueron los problemas que se pretendía resolver, cuál ha sido la evolución de dichos conocimientos, las dificultades encontradas, etc., y, más aún, a no tener en cuenta las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas.

Al presentar unos conocimientos ya elaborados, sin siquiera referirse a los problemas que están en su origen, se pierde de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema. Este olvido dificulta captar la racionalidad del proceso científico y hace que los conocimientos aparezcan como construcciones arbitrarias. Por otra parte, al no contemplar la evolución de los conocimientos, es decir, al no tener en cuenta la historia de las ciencias, se desconoce cuáles fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos que fue preciso superar, lo que resulta fundamental para comprender las dificultades de los alumnos (Saltiel y Viennot, 1985).

Debemos insistir, una vez más, en la estrecha relación existente entre las deformaciones contempladas hasta aquí. Esta visión aproblemática y ahistórica, por ejemplo, hace posible las concepciones simplistas acerca de las relaciones ciencia-tecnología. Pensemos que si toda investigación responde a problemas, a menudo, esos problemas tienen una vinculación directa con necesidades humanas y, por tanto, con la búsqueda de soluciones adecuadas para problemas tecnológicos previos.

De hecho, el olvido de la dimensión tecnológica en la educación científica impregna la visión distorsionada de la ciencia, socialmente aceptada, que estamos sacando aquí a la luz. Precisamente por ello se ha denominado este apartado "Visiones deformadas de la ciencia y la tecnología", tratando así de superar un olvido que históricamente tiene su origen en la distinta valoración del trabajo intelectual y manual y que afecta gravemente a la necesaria alfabetización científica y tecnológica del conjunto de la ciudadanía

(Maiztegui et al., 2002; Ferreira, Gil Pérez y Vilches, 2006; Gil Pérez, Vilches y Ferreira, 2010).

La visión distorsionada y empobrecida de la naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento científico, en la que la enseñanza de las ciencias incurre, por acción u omisión, incluye otras dos visiones deformadas, que tienen en común olvidar la dimensión de la ciencia como construcción de cuerpos coherentes de conocimientos.

2.1.6. UNA VISIÓN EXCLUSIVAMENTE ANALÍTICA

Nos referiremos, en primer lugar, a lo que se denomina visión exclusivamente analítica, que está asociada a una incorrecta apreciación del papel del análisis en el proceso científico.

Señalemos, para empezar, que una característica esencial de una aproximación científica es la voluntad explícita de simplificación y de control riguroso en condiciones preestablecidas, lo que introduce elementos de artificialidad indudables, que no deben ser ignorados ni ocultados: los científicos *deciden* abordar problemas resolubles y comienzan, para ello, *ignorando* consciente y voluntariamente muchas de las características de las situaciones estudiadas, lo que evidentemente les "aleja" de la realidad; y continúan alejándose mediante lo que, sin duda, hay que considerar la esencia del trabajo científico: la *invención* de hipótesis y modelos...

El trabajo científico exige, pues, tratamientos analíticos, simplificadorios, artificiales. Pero ello no supone, como a veces se critica, incurrir necesariamente en visiones parciales y simplistas: en la medida en que se trata de análisis y simplificaciones conscientes, se tiene presente la necesidad de síntesis y de estudios de complejidad creciente. Pensemos, por ejemplo, que el establecimiento de la unidad de la materia -que constituye un claro apoyo a una visión global, no parcializada- es una de las conquistas mayores del desarrollo científico de los últimos siglos: los principios de conservación y *transformación* de la materia y de la energía fueron establecidos, respectivamente, en los siglos XVIII y XIX, y fue sólo a fines del XIX cuando se produjo la fusión de tres dominios aparentemente autónomos -electricidad, óptica y magnetismo- en la teoría electromagnética, abriendo un enorme campo de aplicaciones que sigue revolucionando nuestra vida de cada día. Y no hay que olvidar que estos procesos de unificación han exigido, a menudo, actitudes críticas

nada cómodas, que han tenido que vencer fuertes resistencias ideológicas e incluso persecuciones y condenas, como en los casos, bien conocidos, del heliocentrismo o del evolucionismo. La historia del pensamiento científico es una constante confirmación de que los avances tienen lugar *profundizando* en el conocimiento de la realidad en campos definidos, acotados; es esta profundización inicial la que permite llegar posteriormente a establecer lazos entre campos aparentemente desligados (Gil-Pérez et al., 1991; Gil Pérez et al., 2005c).

2.1.7. UNA VISIÓN ACUMULATIVA, DE CRECIMIENTO LINEAL

Una deformación a la que tampoco suelen hacer referencia los equipos docentes y que es la segunda menos mencionada en la literatura -tras la visión exclusivamente analítica- consiste en presentar el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999), ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahormar por ningún modelo definido de desarrollo científico (Giere, 1988; Estany, 1990). Esta deformación es complementaria, en cierto modo, de lo que hemos denominado visión rígida, algorítmica, aunque deben ser diferenciadas: mientras la visión rígida o algorítmica se refiere a cómo se concibe *la realización de una investigación dada*, la visión acumulativa es una interpretación simplista de *la evolución de los conocimientos científicos, a lo largo del tiempo, como fruto del conjunto de investigaciones* realizadas en determinado campo. Una visión simplista a la que la enseñanza suele contribuir al presentar las teorías hoy aceptadas sin mostrar el proceso de su establecimiento, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio, que incluyen auténticas ‘revoluciones científicas’ (Kuhn, 1971).

2.1.8. RELACIONES ENTRE LAS DISTINTAS VISIONES DEFORMADAS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Éstas son, en síntesis, las siete grandes deformaciones que hemos visto tratadas en la literatura y que son mencionadas como fruto de la reflexión (auto)crítica de los equipos docentes. Se trata también de las deformaciones que hemos visto reflejadas en la docencia habitual, en un estudio detenido que ha utilizado cerca de 20 diseños experimentales (Fernández et al., 2002). Pero estas deformaciones no constituyen una especie de “siete pecados capitales” distintos y autónomos; por el contrario, al igual que

se ha mostrado en el caso de las preconcepciones de los estudiantes en un determinado dominio (Driver y Oldham, 1986), forman un esquema conceptual relativamente integrado.

Podemos recordar que una visión individualista y elitista de la ciencia, por ejemplo, apoya implícitamente la idea empirista de "descubrimiento" y contribuye, además, a una lectura descontextualizada, socialmente neutra, de la actividad científica (realizada por "genios" solitarios). Del mismo modo, por citar otro ejemplo, una visión rígida, algorítmica, exacta, de la ciencia refuerza una interpretación acumulativa, lineal, del desarrollo científico, ignorando las crisis y las revoluciones científicas.

Así pues, estas concepciones aparecen asociadas entre sí, como expresión de una imagen ingenua de la ciencia que se ha ido decantando, pasando a ser socialmente aceptada. De hecho esa imagen tópica de la ciencia parece haber sido asumida incluso por numerosos autores del campo de la educación, que critican como características de la ciencia lo que no son sino visiones deformadas de la misma. Así, por ejemplo, Kemmis y McTaggart (Hodson, 1992) atribuyen a la investigación académica deformaciones y reduccionismos que los autores dan por sentado que corresponden al "método científico" utilizado por "las ciencias naturales", tales como su carácter "neutral", su preocupación exclusiva por "acumular conocimientos" (sin atención a "la mejora de la práctica"), su limitación a "un mero procedimiento de *resolución* de problemas" (olvidando el *planteamiento* de los mismos), etc.

Incluso entre algunos investigadores en didáctica de la ciencia parece aceptarse que la ciencia clásica sería puramente analítica, "neutra", etc. Ya no se trata de que la enseñanza haya transmitido esas concepciones reduccionistas, empobrecedoras, sino que toda la ciencia clásica tendría esos defectos.

Pero, ¿cómo se puede afirmar que la ciencia clásica es –como suele decirse– puramente analítica, si su primer edificio teórico significó la integración de dos universos considerados esencialmente distintos, derribando la supuesta barrera entre el mundo celeste y el sublunar? Una integración, además, que implicaba desafiar dogmas, tomar partido por la libertad de pensamiento e, incluso, correr riesgos de condenas.

Y no es solo la mecánica: toda la ciencia clásica puede interpretarse como la superación de supuestas barreras, la integración de dominios separados (por el sentido común y por los dogmas). Pensemos en la teoría de la evolución de las especies; en la síntesis

orgánica (¡en el siglo XIX todavía se sostenía la existencia de un "elan vital" y se negaba la posibilidad de sintetizar compuestos orgánicos!); en el electromagnetismo que mostró los vínculos entre electricidad, magnetismo y óptica; en los principios de conservación y transformación de la masa y de la energía, aplicables a cualquier proceso (Gil-Pérez et al., 1991; Gil et al., 2005c). ¿Dónde está el carácter puramente analítico? ¿Dónde está el carácter neutro, aséptico, de esa ciencia? Hay que reconocer que, al menos, no toda la ciencia clásica ha sido así. Parece más apropiado, pues, hablar de visiones (o, en todo caso, tendencias) deformadas de la ciencia, que atribuir esas características a toda la ciencia clásica.

Las concepciones docentes sobre la naturaleza de la ciencia y la construcción del conocimiento científico serían, pues, expresión de esa visión común, que los profesores de ciencias aceptaríamos implícitamente debido a la falta de reflexión crítica y a una educación científica que se limita, a menudo, a una simple transmisión de conocimientos ya elaborados (Fernández et al., 2005; Gil-Pérez et al., 2005a). Ello no solo deja en la sombra las características esenciales de la actividad científica y tecnológica, sino que contribuye a reforzar algunas deformaciones, como el supuesto carácter "exacto" (ergo dogmático) de la ciencia, o la visión aproblemática. De este modo, la imagen de la ciencia que adquirimos los docentes no se diferenciaría significativamente de la que puede expresar cualquier ciudadano o ciudadana y resulta muy alejada de las concepciones actuales acerca de la naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento científico.

El trabajo realizado hasta aquí nos ha permitido sacar a la luz posibles visiones deformadas de la ciencia que la enseñanza podría estar contribuyendo a transmitir por acción u omisión. Las numerosas investigaciones recogidas en la literatura confirman la extensión de esta imagen distorsionada y empobrecida de la ciencia y la tecnología en la enseñanza formal, así como la necesidad de superarla para hacer posible una educación científica susceptible de interesar a los estudiantes y de facilitar su inmersión en una cultura científica (Guilbert y Meloche, 1993; McComas, 1998a; Fernández et al., 2002; Gil Pérez et al., 2005b).

Nuestro propósito, como ya hemos señalado, es extender el análisis a la educación científica no reglada y, más concretamente, a los museos de ciencias. Antes procederemos a presentar la visión de las actividades científicas y tecnológicas que se deriva de poner en cuestión las distorsiones y simplismos analizados. Una visión que

toda la educación científica –formal y no reglada- debiera proporcionar para contribuir a una alfabetización efectiva de la ciudadanía.

2.2. ¿QUÉ IMAGEN DE LA CIENCIA QUEREMOS PROPORCIONAR?

La crítica de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología que acabamos de realizar conlleva, implícitamente, una visión positiva de la ciencia y la tecnología que conviene explicitar. Somos conscientes, por supuesto, de que la naturaleza de la actividad científica ha dado lugar a serios debates, en los que se manifiestan profundas discrepancias entre los especialistas (Popper, 1962; Khun, 1971; Bunge, 1976; Toulmin, 1977; Feyerabend, 1975; Lakatos, 1982; Laudan, 1984...). Existen, sin embargo, algunos aspectos esenciales en los que se da un amplio consenso y que podemos resumir así (Gil Pérez et al., 2005b):

1. En primer lugar hemos de referirnos al *rechazo de la idea misma de "Método Científico"*, con mayúsculas, como conjunto de reglas perfectamente definidas a aplicar mecánicamente e independientes del dominio investigado. Con palabras de Bunge (1980): "La expresión (*Método Científico*) es engañosa, pues puede inducir a creer que consiste en un conjunto de recetas exhaustivas e infalibles...".

2. En segundo lugar hay que resaltar el rechazo generalizado de lo que Piaget (1970) denomina "el mito del origen sensorial de los conocimientos científicos", es decir, el *rechazo de un empirismo que concibe los conocimientos como resultado de la inferencia inductiva a partir de "datos puros"*. Esos datos no tienen sentido en sí mismos, sino que requieren ser interpretados de acuerdo con un sistema teórico. Se insiste, por ello, en que toda investigación y la misma búsqueda de datos vienen marcadas por paradigmas teóricos es decir, por visiones coherentes, articuladas que orientan dicha investigación.

Es preciso insistir en la importancia de los paradigmas conceptuales, de las teorías, como origen y término del trabajo científico (Bunge, 1976), en un proceso complejo que incluye eventuales rupturas cambios revolucionarios del paradigma vigente en un determinado dominio y surgimiento de nuevos paradigmas teóricos (Kuhn, 1971). Y es preciso también insistir en que los problemas científicos constituyen inicialmente "situaciones problemáticas" confusas: el problema no viene dado, siendo necesario formularlo de manera precisa, modelizando la situación, haciendo determinadas opciones con el fin de simplificarlo más o menos para poder abordarlo, clarificando el

objetivo, etc. Y todo esto partiendo del corpus de conocimientos que se posee en el campo específico en que se realiza la investigación.

3. En tercer lugar hay que **resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente**, que se concreta en aspectos fundamentales y erróneamente relegados en los planteamientos empiristas como son la invención de hipótesis y modelos, o el propio diseño de experimentos. No se razona, pues, en términos de certezas, más o menos basadas en "evidencias", sino en términos de hipótesis, que se apoyan, es cierto, en los conocimientos adquiridos, pero que son contempladas como simples "tentativas de respuesta" que han de ser puestas a prueba lo más rigurosamente posible. Y si bien la obtención de evidencia experimental en condiciones definidas y controladas ocupa un lugar central en la investigación científica, es preciso relativizar dicho papel, que solo cobra sentido con relación a la hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto. En palabras de Hempel (1976), "al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica". Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

4. Otro punto fundamental es la **búsqueda de coherencia global** (Chalmers, 1990). El hecho de trabajar en términos de hipótesis introduce exigencias suplementarias de rigor: es preciso dudar sistemáticamente de los resultados obtenidos y de todo el proceso seguido para obtenerlos, lo que conduce a revisiones continuas, a intentar obtener esos resultados por caminos diversos y, muy en particular, a mostrar su coherencia con los resultados obtenidos en otras situaciones. Es necesario llamar aquí la atención contra las interpretaciones simplistas de los resultados de los experimentos y contra un posible "reduccionismo experimentalista": no basta con un tratamiento experimental para falsar o verificar una hipótesis; se trata sobre todo de la existencia, o no, de coherencia global con el marco de un corpus de conocimientos.

De hecho uno de los fines más importantes de la ciencia estriba en la vinculación de dominios aparentemente inconexos (Gil et al., 2005c). En efecto, en un mundo en el que lo primero que se percibe es la existencia de una gran diversidad de materiales y de seres, sometidos a continuos cambios, la ciencia busca establecer leyes y teorías generales que

sean aplicables al estudio del mayor número posible de fenómenos. La teoría atómico molecular de la materia, la síntesis electromagnética, los principios de conservación y transformación, los esfuerzos que se realizan para unificar los distintos tipos de interacción existentes en la naturaleza, etc., son buenos ejemplos de esa búsqueda de coherencia y globalidad, aunque ello se deba realizar partiendo de problemas y situaciones particulares inicialmente muy concretas. El desarrollo científico, pues, entraña la finalidad de establecer generalizaciones aplicables a la naturaleza. Precisamente esa exigencia de aplicabilidad, de funcionamiento correcto para describir fenómenos, realizar predicciones, abordar y plantear nuevos problemas, etc., es lo que da validez (que no certeza o carácter de verdad indiscutible) a los conceptos, leyes y teorías que se elaboran.

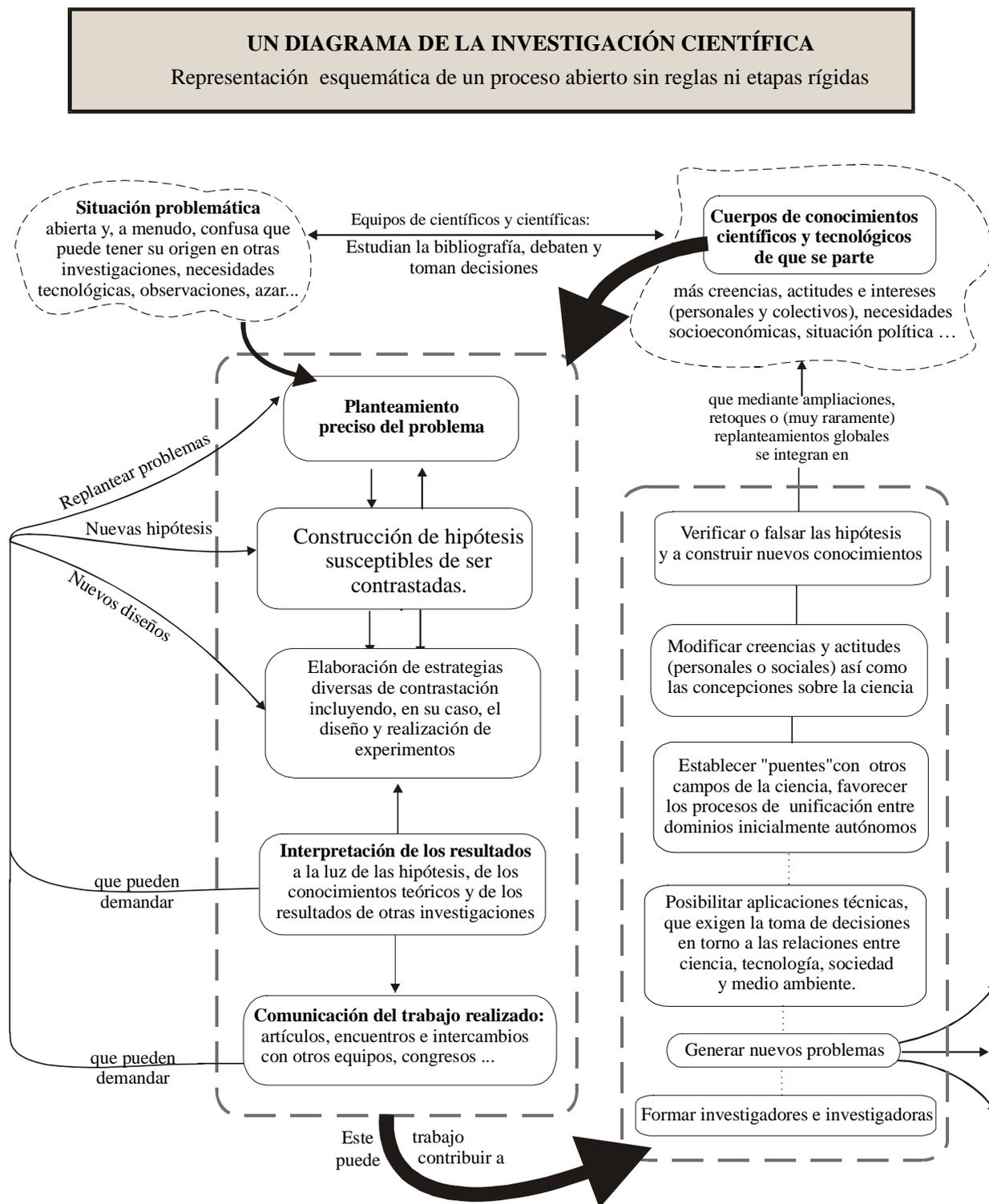
5. Por último, es preciso *comprender el carácter social del desarrollo científico*, lo que se evidencia no sólo en el hecho de que el punto de partida del paradigma teórico vigente es la cristalización de las aportaciones de generaciones de investigadores, sino también en que la investigación responde cada vez más a estructuras institucionalizadas (Bernal, 1967; Kuhn, 1971; Matthews, 1991 y 1994) en las que la labor de los individuos es orientada por las líneas de investigación establecidas, por el trabajo del equipo del que forman parte, careciendo prácticamente de sentido la idea de investigación completamente autónoma. Más aún, el trabajo de los hombres y mujeres de ciencias -como cualquier otra actividad humana- no tiene lugar al margen de la sociedad en que viven y se ve afectado, lógicamente, por los problemas y circunstancias del momento histórico, del mismo modo que su acción tiene una clara influencia sobre el medio físico y social en que se inserta. Señalar esto puede parecer superfluo; sin embargo, la idea de que hacer ciencia es poco menos que una tarea de “genios solitarios” que se encierran en una torre de marfil, desconectando de la realidad, constituye una imagen tópica muy extendida y que la enseñanza, formal y no reglada, lamentablemente, no ayuda a superar, dado que se limita a la transmisión de contenidos conceptuales y, a lo sumo, entrenamiento en alguna destreza, pero dejando de lado los aspectos históricos, sociales... que enmarcan el desarrollo científico.

Se dibuja así una imagen imprecisa, nebulosa, de la metodología científica -lejos de toda idea de algoritmo- en la que nada garantiza que se llegará a un buen resultado, pero que representa, sin duda, la mejor forma de orientar el tratamiento de un problema científico (como atestiguan los impresionantes edificios teóricos construidos).

Puede decirse, en síntesis, que la esencia de la orientación científica -dejando de lado toda idea de "método"- se encuentra en el cambio de un pensamiento y acción basados en las "evidencias" del sentido común, a un razonamiento en términos de hipótesis, a la vez más creativo (es necesario ir más allá de lo que parece evidente e imaginar nuevas posibilidades) y más riguroso (es necesario fundamentar y después someter a prueba, cuidadosamente, las hipótesis, dudar de los resultados y buscar la coherencia global).

Es preciso tener presente, por otra parte, que una característica esencial de una aproximación científica es la voluntad explícita de simplificación y de control riguroso en condiciones preestablecidas, lo que introduce elementos de artificialidad indudables, que no deben ser ignorados ni ocultados: los científicos *deciden* abordar problemas resolubles y comienzan, para ello, *ignorando* consciente y voluntariamente muchas de las características de las situaciones estudiadas, lo que evidentemente les "aleja" de la realidad; y continúan alejándose mediante lo que, sin duda, hay que considerar la esencia del trabajo científico: la *invención* de hipótesis, la construcción de modelos *imaginarios*. El trabajo científico exige, pues, tratamientos analíticos, simplificadorios, artificiales. Pero ello no supone, como a veces se crítica, incurrir necesariamente en visiones parciales y simplistas: en la medida en que se trata de análisis y simplificaciones conscientes, se tiene presente la necesidad de síntesis y de estudios de complejidad creciente. Pensemos, por ejemplo, que el establecimiento de la unidad de la materia -que constituye un claro apoyo a una visión global, no parcializada- es una de las conquistas mayores del desarrollo científico de los últimos siglos: los principios de conservación y *transformación* de la materia y de la energía fueron establecidos, respectivamente, en los siglos XVIII y XIX, y fue solo a fines del XIX que se produjo la fusión de tres dominios aparentemente autónomos -electricidad, óptica y magnetismo- en la teoría electromagnética, abriendo un enorme campo de aplicaciones que sigue revolucionando nuestra vida de cada día. Y no hay que olvidar que estos procesos de unificación han exigido, a menudo, actitudes críticas nada cómodas, que han tenido que vencer fuertes resistencias ideológicas e incluso persecuciones y condenas, como en los casos, bien conocidos, del heliocentrismo o del evolucionismo. La historia del pensamiento científico es una constante confirmación de que ésta es la forma de hacer ciencia, *profundizando* en el conocimiento de la realidad en campos definidos, acotados; es esta profundización la que permite, posteriormente, llegar a establecer lazos entre campos aparentemente desligados.

Figura 1



La figura 1 intenta reflejar esta imagen creativa y abierta socialmente contextualizada de la actividad científica (Klassen, 2003) planteada en torno a situaciones problemáticas de interés (Gil-Pérez et al., 2002). Una imagen alejada de su supuesta naturaleza de camino preciso, conjunto de operaciones ordenadas, e infalible, así como su también supuesta

neutralidad. Ello no supone, sin embargo, negar lo que de específico ha aportado la ciencia moderna al tratamiento de los problemas: la ruptura con un pensamiento basado en estudios puntuales, en las "evidencias" del sentido común y en seguridades dogmáticas, introduciendo un razonamiento que se apoya en un sistemático cuestionamiento de lo obvio y en una exigencia de coherencia global que se ha mostrado de una extraordinaria fecundidad.

La educación científica, debiera facilitar la apropiación de esta imagen de la ciencia y la tecnología, como objetivo de la alfabetización ciudadana. Ello exige incorporar aspectos esenciales de la estrategia científica, como los que enumeramos a continuación, escasamente presentes en la enseñanza formal y, cabe suponer, también en la educación no reglada:

- *La discusión del posible interés de las situaciones problemáticas planteadas*, considerando las implicaciones CTSA, para posibilitar un estudio significativo y evitar que los estudiantes lleguen a estar inmersos en el tratamiento de una situación sin haber tenido la oportunidad de formarse una idea previa motivadora sobre ella. En este sentido los alumnos y alumnas, como miembros de la comunidad científica, deben tener la ocasión de poner en práctica decisiones que favorezcan la innovación (Aikenhead, 1985).
- *El estudio cualitativo de las situaciones*, tomando decisiones con la ayuda de las búsquedas bibliográficas necesarias para definir y delimitar problemas concretos. Si queremos que los estudiantes entiendan lo que están haciendo, es necesario empezar con aproximaciones cualitativas y significativas tal y como hacen los científicos.
- *La invención de conceptos y la formulación de hipótesis* como tentativas de respuesta que focalicen el problema a estudiar y orienten todo el proceso.
- *La elaboración y aplicación de posibles estrategias para solucionar los problemas*, incluyendo los diseños experimentales que permitan verificar las hipótesis. Es necesario reflejar el interés de los diseños y la aplicación de experimentos que exigen (y ayuda a desarrollar) una multiplicidad de conocimientos y habilidades, incluyendo el trabajo científico para resolver las dificultades prácticas que presentan normalmente los diseños.
- *El análisis y comunicación de los resultados*, comparándolos con los obtenidos por otros equipos de alumnos y la comunidad científica. Esto puede producir conflictos

cognitivos entre diferentes concepciones que exigiría la formulación de nuevas hipótesis que reorientaran la investigación. Al mismo tiempo puede ser la ocasión de abordar la evolución, a veces dramática, experimentada por el conocimiento aceptado por la comunidad científica. Esto es especialmente importante para aumentar la comunicación como un aspecto esencial de la dimensión colectiva del trabajo científico y tecnológico. Esto significa que el alumnado debe familiarizarse con la lectura y redacción de informes científicos tanto como con las discusiones orales.

- *La recapitulación del trabajo realizado*, relacionando las nuevas construcciones con el cuerpo de conocimientos que se posee y prestando atención al establecimiento de conexiones entre diferentes dominios científicos, que ocasionalmente pueden ocasionar auténticas revoluciones científicas (Kuhn, 1971).
- *La contemplación de posibles perspectivas*, como el planteamiento de nuevos problemas, la realización y la mejora de productos tecnológicos, que pueden contribuir a reforzar el interés de los estudiantes.

Las orientaciones expuestas no constituyen un algoritmo a seguir estrictamente y paso a paso, sino que deben tomarse como indicaciones generales que prestan atención a aspectos esenciales concernientes a la construcción del conocimiento científico que la actual educación de las ciencias no tiene en consideración. Nos referimos a aspectos axiológicos y procedimentales como las relaciones CTSA (Solbes y Vilches, 1997), la toma de decisiones (Aikenhead, 1985), la comunicación (Sutton, 1998), etc., para crear un clima de investigación colectiva emprendida por equipos de estudiantes, actuando como investigadores novatos, con la ayuda del profesorado (Gil-Pérez, 1993a; Gil-Pérez y Carrascosa, 1994; Gil-Pérez et al., 2002; Aubusson, Griffin y Kearney, 2012). En este sentido entendemos que los planes de estudios deben transformarse en programas de actividades que orienten la investigación de los alumnos y que les ayude en la (re)construcción de los conocimientos y en la adquisición de competencias necesarias en el uso de estos conocimientos (no sólo conceptuales, sino también procedimentales y axiológicos) (Vilches y Gil-Pérez, 2012).

Una vez analizadas las visiones deformadas y empobrecidas sobre la ciencia y la tecnología que la enseñanza reglada suele transmitir y que se alejan de forma significativa, como hemos intentado mostrar, de la forma en que se construyen y

evolucionan los conocimientos científicos, dedicaremos el próximo capítulo al enunciado y fundamentación de las hipótesis que focalizan el estudio que se va a realizar, centrado en la imagen de la ciencia y la tecnología que transmiten los museos de ciencias.

Referencias Bibliográficas en este Capítulo 2

- ABRAMS, E. y WANDERSEE, J. H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, 17(6), 683-694.
- ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.
- ACEVEDO, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 198-219.
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education* 69(4), 453-475.
- AUBUSSON, P., GRIFFIN, J. y KEARNEY, M. (2012). Learning Beyond the Classroom: Implications for School Science. *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1123-1134.
- BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- BERNAL, J. D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona: Península.
- BUNGE, M. (1976). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- BUNGE, M. (1997). *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed.
- BYBEE, R. (1997a). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann.
- BYBEE, R. (2000). Achieving Technological Literacy: A National Imperative. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28.
- 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.
- CARRASCOSA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., FURIÓ C. y GUIASOLA, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5 (2), 118-133.
- CHALMERS, A. F. (1990). *Science and its fabrication*. Minneapolis, MP: University of Minnesota Press.

- CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429- 445.
- DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm (Guest Article). *Journal of Technology Education*, 8(1), 7-15.
- DE VRIES, M. J. y TAMIR, A. (1997). Shaping Concepts of Technology : What Concepts and How to Shape Them. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 3-10.
- DeBOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998a). The epistemology of students: The “thingified” nature of scientific knowledge. In Fraser B y Tobin K (Eds.) *International Handbook of Science Education*, London: Kluwer Academic Publishers.
- DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B. y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.
- DOMÈNECH, J. L., GIL, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. y VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 20, 285-311.
- DRIVER, R. y OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.
- 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 GAUCHÍA, C. (2009). *Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- 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.
- FEYERABEND, P. (1975). *Against Method*. Londres: Verso. (Existe traducción al castellano en Madrid: Siglo XXI).

- GARDNER, P. L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.
- GASKELL, P. J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 265-272.
- GIDDENS, A. (1999). Runaway World: How Globalisation is Reshaping Our Lives. *Profile Books, London*. GIERE, R. N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- GIL-PÉREZ, D. (1993a). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique, *ASTER*, 17, 41-64.
- GIL-PÉREZ, D. y CARRASCOSA, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching, *Science Education*, 78 (3), 301-315.
- GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C.; MARTINEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/ Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori.
- GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GÓNZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H. & GALLEGO, R.(2002). *Defending Constructivism in Science Education*. *Science Education* 11, 557-571.
- GIL- PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.) (2005c). *¿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.
- GIL PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005b). *¿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) PP 15-28. (Accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.php> acceso el 15 de febrero de 2013).
- GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, Nos. 3-5 July 2005.
- GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pág 51-71. ISBN 0-9507510-5-0.
- 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.
- GIORDAN, A. (1978). Observation - Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13.
- GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D. F.: UNAM/ Paidós.
- HANSON, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza.
- HEMPEL, C. G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.
- HEWSON, P. W., KERBY, H. W. y COOK, P. A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520.
- HILL, A. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, n.12, pp. 25-57.
- HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- JIMÉNEZ, ALEIXANDRE, M. P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. *Publicación del departamento de Didáctica de las Ciencias*. Universidad de Extremadura.
- KING, B. B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141.
- KLASSEN, S. (2003). *A Theoretical Framework for Contextual Science Teaching*. 7th IHPST Proceedings. Winnipeg. Canada.
- KUHN, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.

- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190.
- LANGEVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22. Décembre 1926.
- LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- 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.
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277.
- McCOMAS, W. F. (1998a). The nature of science in science education. Rationales and In W.F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- MOSTERÍN J. (1990). Prólogo al libro de Estany A., *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Crítica.
- NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299.
- NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, (11), Special Issue, 530-540.
- PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo.

- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77(3), 261-278.
- POPPER, K. R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- QUINTANILLA, M. A. y SÁNCHEZ RON, J. M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana.
- RIBELLES, M^a. L., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-692-2796-1.
- 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. Acceso el 10 de febrero de 2013.
- RODRÍGUEZ, G .D. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una mirada desde la educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143.
- ROTH, W. M. y LUCAS, K. B. (1997). From "Truth" to "Invented Reality": A Discourse Analysis of High School Physics Students' Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34(2), 145-179.
- ROTH, W. M. y ROYCHOUDHURY, A. (1994). Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal J. (Ed.), *El mundo que viene*, 221- 246. Madrid: Alianza.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144.
- SELLEY, N. J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20(2), 24-32.
- SIMPSON, R. D., KOBALA, T. R., OLIVER, J. S. y CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: McMillan Pub Co.
- 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 Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, 142-147. Murcia: D. M.
- SOLOMON, J., DUVEEN, J. y SCOTT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.

- STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76(1), 1-16.
- STINNER, A. (1995). Contextual Settings, Science Stories, and Large Context Problems: towards a more Humanistic Science Education. *Science Education*, 79(5), 555-581.
- SUTTON, C. (1998). "New Perspectives on Language in Science", in B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds), *Internacional Handbook of Science Education*, 27-38. Kluwer Academic Publishers, Netherland.
- THOMAZ, M. F., CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. y CACHAPUZ, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.
- TRAVER, M. J. (1996). *La història de les ciències en l' ensenyament de la Física i la Química*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València, 1996.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología, *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), 33-48.
- VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2012). The Supremacy of the Constructivist Approach in the Field of Physics Education: Myths and Real Challenges. *Tréma*, 38, pp. 87-104. (<http://trema.revues.org/>. Revue de recherche de l'IUFM de l'académie de Montpellier, publiée par le CEDRHE, Centre d'études de documentation et de recherche en histoire de l'éducation). ISSN: 1167-315X.

CAPÍTULO 3

ENUNCIADO Y FUNDAMENTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

El capítulo 1 ha estado dedicado a mostrar la necesidad de una alfabetización científica que permita comprender la naturaleza de la actividad científica y tecnológica, apreciar críticamente sus contribuciones, participar en la toma fundamentada de decisiones y actuar de forma responsable frente a los problemas que afectan a la humanidad. Una alfabetización científica a la que deben contribuir tanto la educación reglada como la no formal proporcionada por la televisión, prensa, cómics, los museos, etc.

El papel de los museos en el proceso de alfabetización científica, que nos ocupa en esta investigación, se fundamenta, entre otros, en su objetivo explícito de constituir centros educativos, de difusión y divulgación científica, que posibiliten el acceso a la ciencia por parte del conjunto de la sociedad (Aguirre Pérez y Vázquez, 2004). Ello exige, en particular, proporcionar una imagen adecuada de la ciencia como actividad abierta y creativa, sin caer en las distorsiones y simplismos empobrecedores que hemos analizado en el capítulo 2.

Sin embargo, no consideramos que este objetivo se esté logrando, lo cual nos induce a formular nuestra primera hipótesis de trabajo:

“Los museos de ciencia y tecnología presentan visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y de la actividad tecnocientífica”.

Más precisamente, consideramos que estas visiones van a ser el fruto, no solo de lo que se muestra en los museos, sino, sobre todo, de lo que se obvia, es decir, de los reduccionismos con que se presentan los hallazgos de la ciencia y la tecnología. Ello constituye la primera hipótesis que orienta nuestra investigación y que intentaremos

fundamentar seguidamente. Por otra parte no nos centraremos exclusivamente en poner a prueba esta primera hipótesis ya que pese a que los museos de la ciencia y tecnología no estén cubriendo por sí mismos el objetivo de proporcionar una imagen real de la actividad científica pensamos que pueden ser una herramienta importante para conseguir la alfabetización científica del alumnado y ciudadanía en general. Esto nos lleva a presentar nuestra segunda hipótesis, según la cual:

“Los museos de ciencia y tecnología pueden ser una herramienta importante para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y contribuir así a generar actitudes más favorables hacia la cultura científica”.

Como vemos, nuestra investigación no se limitará, por tanto, a un análisis crítico, sino que pretende además, como indica esta segunda hipótesis, diseñar y someter a prueba estrategias susceptibles de convertir los museos de ciencia en instrumentos de impregnación en la cultura científica.

3.1 FUNDAMENTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

Fundamentaremos a continuación la primera hipótesis basándonos en cuatro elementos clave:

- Los resultados de la investigación acerca de la imagen de la ciencia y la tecnología proporcionada por la enseñanza reglada de las ciencias. Cabe suponer, en efecto, que las mismas distorsiones y reduccionismos que se han detectado en los materiales didácticos, e incluso en las concepciones de los docentes, estén presentes en los contenidos de los museos.
- Los resultados de la investigación acerca de la imagen de la ciencia y la tecnología que se transmite en otros ámbitos de la educación no formal, como por ejemplo, los cómics. Es de esperar que los museos de ciencia, incurrirán en las mismas visiones deformadas y empobrecidas de la actividad científica y tecnológica.

- El análisis de las características de los museos de ciencias a lo largo de su historia, atendiendo a sus objetivos, realizaciones y evolución hasta nuestros días, en que se ha producido una notable eclosión de su número.
- La consideración de los resultados obtenidos en recientes investigaciones que muestran que los museos de ciencias, en general, no están respondiendo a los llamamientos de Naciones Unidas para que, tanto la educación formal como la no reglada, incorporen la atención a la actual situación de emergencia planetaria. Ello debiera constituir hoy, por tanto, una parte esencial de lo que ha de ser una presentación contextualizada de la actividad científica y tecnológica, vinculada a los problemas a los que ha de hacer frente la sociedad, por lo que el análisis de la respuesta de los museos a esta fundamentada petición proporciona una información muy clarificadora de su todavía insuficiente disposición a prestar atención a la alfabetización científica de la ciudadanía, superando reduccionismos.

Comenzaremos haciendo referencia a los principales resultados de investigaciones acerca de la imagen de la ciencia y la tecnología proporcionada por la enseñanza reglada de las ciencias.

3.1.1. LA IMAGEN DE LA CIENCIA PROPORCIONADA POR LA ENSEÑANZA REGLADA

El capítulo 2 ha estado dedicado a exponer un conjunto de visiones deformadas de la ciencia que se potencian mutuamente y que hemos presentado como posible responsable de la falta de interés e incluso rechazo de muchos estudiantes hacia la ciencia. ¿Hasta qué punto esto es así, es decir, hasta qué punto estas visiones deformadas afectan a la enseñanza reglada de la ciencia?

La información bibliográfica que puede proporcionarse al respecto es extraordinariamente amplia, (Fernández, 2000; Fernández et al., 2002; Abell y Lederman, 2007; Segarra, 2007; Ferreira, 2009) como se muestra en los **cuadros 3.1 al 3.7**, que ofrecen algunas referencias encontradas en la literatura acerca de cada una de las visiones deformadas estudiadas. Como ya hemos señalado ello constituye uno de los apoyos de la hipótesis enunciada, puesto que cabe suponer que esas distorsiones y reduccionismos hayan afectado a la formación de quienes diseñan los museos.

Cuadro 3.1. Artículos que contemplan la visión descontextualizada de la ciencia y el olvido de la tecnología

Aikenhead (1984); Gagliardi y Giordan (1986); Brush (1989); Cleminson (1990); García Cruz (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a) y (1992b); Linder (1992); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Ruba y Harknerss (1993); Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994); Abrams y Wandersee (1995); Fernández (1995); Orozco (1995); Gil (1996); Thomaz et al. (1996); Campos y Cachapuz (1997); Matthews (1997); Boersema (1998); Cobern y Loving (1998); Dawkins y Glatthorn (1998); Lederman y Abd-El-Khalick (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998b y 1998c); McComas y Olson (1998); McComas, Clough y Almazroa (1998); Meichtry (1998); Nott y Wellington (1998); Paixão y Cachapuz (1998); Porlán y Rivero, (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen y Arnason (1998); Lederman (1999); Meichtry (1999); Praia y Coelho (1999); Sanmartí y Tarin (1999); Cachapuz et al (2000) Cachapuz, Praia y Jorge (2000a y b); Glasson y Bentley (2000); Paixão y Cachapuz (2000b); Manassero, Vázquez y Acevedo (2001); Paixão y Cachapuz (2001); Lederman et al. (2002); Matkins et al. (2002); Zeidler et al. (2002); Domènech et al. (2003); Manassero, Vázquez y Acevedo (2003); Acevedo, Vázquez y Paixão (2005); Gavidia (2005); Gil Pérez y Martínez Torregrosa (2005); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Paixão (2005); Tsai y Liu (2005); Blanco et al. (2006); Chen (2006a); Chen (2006b); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Khishfe y Lederman (2006); Khishfe y Lederman (2007); Lederman (2007); Lupión y Prieto (2007); Osuna et al. (2007); Segarra (2007); Acevedo (2008); Carrascosa et al. (2008); Gavidia Catalán (2008); Gil Pérez, Martínez Torregrosa y Vilches (2008); Oliva, Matos y Acevedo (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); España y Prieto (2009); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Prieto y España (2010); Martín y Prieto (2011); Martínez Torregrosa et al. (2012); Prieto, España y Martín (2012); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.2. Artículos que contemplan la visión individualista y elitista de la ciencia

Aikenhead (1984); Gagliardi y Giordan (1986); Penick y Yager (1986); Cleminson (1990); Hodson (1992a y 1992b); Newton y Newton (1992); Stinner (1992); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994); Lakin y Wellington (1994); Tobin, Tippins y Hook (1994); Abrams y Wandersee (1995); Fernández (1995); Hewson, Kerby y Cook (1995); Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); Thomaz et al. (1996); Matthews (1997); Roth y Lucas (1997); Boersema (1998); Cobern y Loving (1998); Dawkins y Glatthorn (1998); Hammerich (1998); Lederman y Abd-El-Khalick (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998 b y c); McComas y Olson (1998); Meichtry (1998); Nott y Wellington (1998); Porlán y Rivero, (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen y Arnason (1998); Meichtry (1999); Paixão y Cachapuz (1999); Praia y Coelho (1999); Sanmartí y Tarin (1999); Paixão y Cachapuz (2000b); Abell, Martini y George (2001); Campario, Moya y Otero, (2001); Pérez Maldonado, García Barros y Martínez Losada (2004); Acevedo, Vázquez y Paixão (2005); Gil Pérez y Martínez Torregrosa (2005); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Lederman (2007); Segarra (2007); Oliva, Matos y Acevedo (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.3. Artículos que contemplan la concepción empiro-inductivista y ateórica de la ciencia

Nadeau y Désautels (1984); Hodson (1985); Otero (1985); Bronowski (1987); Giordan y De Vecchi (1987); Gould (1987); Selley (1989); Brickhouse (1989); Jacoby y Spargo (1989); Brickhouse (1990); Cleminson (1990); Koballa, Crawley y Shrigley (1990); Burbules y Linn (1991); Gallagher (1991); King (1991); Loving (1991); Matthews (1991); Solomon (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a); Lederman (1992); Linder (1992); Stinner (1992); Tobin, Tippins y Gallard, (1994); Carrascosa et al. (1993); Désautels et al (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Hodson (1993); Pomeroy (1993); Ruba y Harknerss (1993); Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Duschl (1994); Furió (1994); Gil (1994); Lakin y Wellington (1994); Praia y Cachapuz, 1994a y 1994b; Roth y Roychoudhury (1994); Solomon, Duveen y Scott (1994); Tobin, Tippins y Hook, (1994); Cachapuz (1995b); Fernández (1995); Hewson, Kerby y Cook (1995); Jiménez (1995); Koulaidis, y Ogborn (1995);

Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz et al (1996); Campos y Cachapuz (1997); Praia y Marques (1997); Boersema (1998); Cobern y Loving (1998); Dawkins y Glatthorn (1998); Hammerich (1998); Lederman y Abd-El-Khalick (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998b y 1998c); McComas y Olson (1998); McComas, Clough y Almazroa (1998); Meichtry (1998); Nott y Wellington (1998); Paixão y Cachapuz (1998); Porlán y Rivero, (1998); Porlán et al (1998); Praia y Cachapuz (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen y Arnason (1998); Lederman (1999); Lemberger, Hewson y Park (1999); Meichtry (1999); Paixão y Cachapuz (1999); Praia y Coelho (1999); Sanmartí y Tarin (1999); Sperandeo-Mineo (1999); Cachapuz et al. (2000); Cachapuz, Praia y Jorge (2000a y b); Cobern (2000); Glasson y Bentley (2000); Irwin (2000); Medeiros y Filho (2000); Paixão y Cachapuz (2000 a y b); Campario, Moya y Otero, (2001), Paixão y Cachapuz (2001); Lederman et al. (2002); Domènech et al. (2003); Kang, Scharmann y Noh (2004); Gil Pérez y Martínez Torregrosa (2005); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Lederman (2007); Segarra (2007); Acevedo (2008); Carrascosa et al. (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Martínez Torregrosa et al. (2012); Prieto, España y Martín (2012); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.4. Artículos que contemplan la concepción rígida, algorítmica de la ciencia

Aikenhead (1984); Hodson (1985); Porlan (1989); Gallagher (1991); Gaskell (1992); Hodson (1992a y 1992b); Linder (1992); Tobin, Tippins y Gallard, (1994); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Hodson (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994); Lakin y Wellington (1994); Pedrinaci (1994); Praia y Cachapuz, 1994a y 1994b; Solomon, Duveen y Scott (1994); Tobin, Tippins y Hook (1994); Fernández (1995); Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz et al. (1996); Praia y Marques (1997); Boersema (1998); Cobern y Loving (1998); Dawkins y Glatthorn (1998); Hammerich (1998); Lederman y Abd-El-Khalick (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998b y 1998c); McComas y Olson (1998); Meichtry (1998); Nott y Wellington (1998); Paixão y Cachapuz (1998); Porlan y Rivero, (1998); Porlan et al, (1998); Praia y Cachapuz (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen y Arnason (1998); Lederman (1999); Meichtry (1999); Paixão y Cachapuz (1999); Sanmartí y Tarin (1999); Cachapuz et al. (2000); Cachapuz, Praia y Jorge (2000a y b); Cobern (2000); Glasson y Benteley, (2000); Irwin (2000); Paixão y Cachapuz (2000b); Abell, Martini y George (2001); Campario, Moya y Otero, (2001); Paixão y Cachapuz (2001); Lederman et al. (2002); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Tsai y Liu (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Segarra (2007); Acevedo (2008); Carrascosa et al. (2008); Gil Pérez, Martínez Torregrosa y Vilches (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.5. Artículos que contemplan la visión apromblemática y ahistórica de la ciencia

Otero (1985); Gagliardi y Giordan (1986); Giordan y De Vecchi (1987); Porlan (1989); Cleminson (1990); Koballa, Crawley y Shrigley (1990); García Cruz (1991); Linder (1992); Stinner (1992); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Acevedo (1994); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994); Lakin, y Wellington (1994); Pedrinaci (1994); Praia y Cachapuz (1994a y 1994b); Roth y Roychoudhury (1994); Solomon, Duveen y Scott (1994); Tobin, Tippins y Gallard, (1994); Tobin, Tippins y Hook (1994); Abrams y Wandersee (1995); Cachapuz (1995b); Fernández (1995); Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz et al (1996); Campos y Cachapuz (1997); Boersema (1998); Dawkins y Glatthorn (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998b y 1998c); McComas y Olson (1998); Meichtry (1998); Paixão y Cachapuz (1998); Porlán y Rivero, (1998); Porlan et al, (1998); Sutton (1998); Yerrick, Pedersen y Arnason (1998); Lederman (1999); Meichtry (1999); Praia y Coelho (1999); Sanmartí y Tarin (1999); Sperandeo-Mineo (1999); Cachapuz et al. (2000); Cachapuz, Praia y Jorge (2000 a y b); Cobern (2000); Glasson y Bentley (2000); Irwin (2000); Paixão y Cachapuz (2000 a y b); Teodoro y Nardi (2000); Campario, Moya y Otero, (2001); Paixão y Cachapuz (2001); Lin y Chen (2002); Domènech et al. (2003); Gil Pérez y Martínez Torregrosa (2005); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Lederman (2007); Osuna et al. (2007); Segarra (2007); Carrascosa et al. (2008); Gavidia Catalán (2008); Gil Pérez, Martínez

Torregrosa y Vilches (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Blanco, Ruiz y Prieto (2010); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Osuna, Martínez Torregrosa y Menargues (2012); Prieto, España y Martín (2012); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.6. Artículos que contemplan la visión exclusivamente analítica de la ciencia

Matthews (1991); Hodson (1992a); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Furió (1994); Gil (1994); Fernández (1995); Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); McComas y Olson (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Lemberger, Hewson y Park (1999); Meichtry (1999); Paixão y Cachapuz (1999); Paixão y Cachapuz (2000b); Sutherland y Dennick (2002); Domènech et al. (2003); Gil Pérez y Martínez Torregrosa (2005); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Lederman (2007); Segarra (2007); Carrascosa et al. (2008); Oliva, Matos y Acevedo (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cuadro 3.7. Artículos que contemplan la visión meramente acumulativa de la ciencia

Porlan (1989); Cleminson (1990); Fillon (1991); Carrascosa et al. (1993); Gil (1993b); Guilbert y Meloche (1993); Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993); Brickhouse (1994); Furió (1994); Gil (1994); Pedrinaci (1994); Cachapuz (1995b); Fernández (1995); Orozco (1995); Praia (1995); Gil (1996); Hashweeh (1996); Thomaz et al., (1996); Boersema (1998); Matson y Parsons (1998); McComas (1998b y 1998c); McComas y Olson (1998); McComas, Clough y Almazroa (1998); Meichtry (1998); Nott y Wellington (1998); Porlán y Rivero, (1998); Spector, Strong y La Porta (1998); Paixão y Cachapuz (1999); Praia y Coelho (1999); Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999); Meichtry (1999); Cachapuz et al. (2000); Cachapuz, Praia y Jorge (2000 a y b); Irwin (2000); Paixão y Cachapuz (2000b); Campario, Moya y Otero, (2001); Lederman et al. (2002); Gil et al. (2005a); Fernández et al. (2005); Tsai y Liu (2005); Ferreira, Gil Pérez y Vilches (2006); Khishfe y Lederman (2006); Lederman (2007); Segarra (2007); Acevedo (2008); Segarra, Vilches y Gil (2008); Ferreira (2009); Gil Pérez, Vilches y Ferreira (2010); Prieto y España (2010); Vilches y Gil-Pérez (2012).

Cabe señalar, por otra parte, que numerosos resultados muestran la extensión de estas visiones deformadas entre el profesorado de ciencias (Lederman, 2007). A título de ejemplo, daremos los resultados obtenidos al pedir a muestras del profesorado de ciencias en formación y en activo que dibujen “una situación que represente la realización de una investigación científica” (Fernández, 2000). El análisis se realizó utilizando los criterios más favorables *en contra* de la hipótesis, según la cual cabría esperar que las concepciones docentes espontáneas acerca de la ciencia reflejen las distorsiones y reduccionismos de las que nos estamos ocupando aquí: basta, por ejemplo, que aparezca más de una persona en el dibujo para aceptar que se sale al paso de la visión individualista. Pese a ello, la mayor parte de los dibujos inciden, por acción u omisión, en buena parte de las deformaciones (ver **cuadro 3.8**, en el que se contemplan por separado la visión individualista y la elitista).

Cuadro 3.8. Visiones Simplistas de la Ciencia reflejadas en un dibujo elaborado por 21 profesores de secundaria en activo y 32 en formación inicial

VISIONES DEFORMADAS	CUESTIONA		INCURRE POR ACCIÓN U OMISIÓN	
	Profesores en formación	Profesores en activo	Profesores en formación	Profesores en activo
	% (sd)	% (sd)	% (sd)	% (sd)
a) Empirista y ateorica	06,3 (4)	09,5 (6)	93,7 (4)	90,5 (6)
b) Rígida, algorítmica...	00,0 (.)	00,0 (.)	100,0 (.)	100,0 (.)
c) Aproblemática, ahistórica	00,0 (.)	19,0 (9)	100,0 (.)	81,0 (9)
d) Exclusivamente analítica	00,0 (.)	00,0 (.)	100,0 (.)	100,0 (.)
e) Acumulativa y lineal	00,0 (.)	00,0 (.)	100,0 (.)	100,0 (.)
f) Individualista	06,3 (4)	38,1 (11)	93,7 (4)	61,9 (11)
g) Elitista	03,1 (3)	19,0 (9)	96,9 (3)	81,0 (9)
h) Descontextualizada, socialmente neutra	15,6 (6)	33,3 (10)	84,4 (6)	66,6 (10)

Resultados semejantes se obtuvieron utilizando otros diseños, como valorar proposiciones acerca de la naturaleza de la ciencia, elaborar un diagrama de flujo de un proceso de investigación, establecer las diferencias más importantes entre el Trabajo Científico y la forma de pensar y actuar en la vida cotidiana, etc., etc. En todos los casos los resultados son convergentes y permiten afirmar que los docentes transmiten, en general, por acción u omisión, una imagen distorsionada y empobrecida de la actividad científica.

Destacamos también la tesis doctoral de Ferreira (2009) titulada “Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria” donde en una primera parte muestra que la enseñanza habitual de la tecnología está ofreciendo una imagen distorsionada y empobrecida de ésta como mera “ciencia aplicada”, al tiempo que ignora o aborda muy superficialmente las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

Para ello se realizó un diseño múltiple concretado en ocho instrumentos, seis de ellos estaban dirigidos a sacar a la luz la imagen de la actividad tecnológica transmitida por la enseñanza habitual de la Tecnología. Los dos restantes fueron concebidos para analizar las concepciones de los estudiantes de secundaria obligatoria acerca de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente.

En primer lugar, se realizó un análisis del tratamiento que los libros de texto de secundaria hacen de la naturaleza de la tecnología y de su relación con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Posteriormente se analizó las concepciones de los

profesores de tecnología en formación, planteándoles una pregunta abierta para conocer qué es para ellos la Tecnología. También se analizó las concepciones de profesores en activo y en formación, planteando un cuestionario semicerrado con proposiciones que transmitían visiones simplistas respecto a la naturaleza de la tecnología y sus relaciones con la ciencia, la sociedad y el medio ambiente. Por último, se analizó las concepciones de los docentes en activo, mediante tres herramientas: el análisis de exámenes que utilizan para evaluar a los alumnos, las valoraciones críticas que realizan ante un examen preparado por el equipo investigador y, finalmente, entrevistando a seis profesores de tecnología.

El análisis de las concepciones de los alumnos consistió en un cuestionario semicerrado, similar al utilizado con los docentes en activo y en formación, y en un cuestionario abierto, en el que se planteaban tres preguntas acerca de los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles soluciones.

De este modo, los resultados obtenidos, permiten enunciar las siguientes conclusiones:

- Ni los libros de texto ni los profesores de tecnología prestan, en general, suficiente atención a la naturaleza de la tecnología y a su relación con la ciencia, transmitiendo una imagen distorsionada y empobrecida de la misma como mera “ciencia aplicada”.
- Ni los libros de texto ni los profesores de tecnología prestan, en general, suficiente atención a las relaciones tecnología-sociedad-ambiente.
- Los alumnos que finalizan sus estudios obligatorios de tecnología no tienen una correcta comprensión de la relación existente entre la tecnología, la ciencia y la sociedad, concibiendo la tecnología como mera “ciencia aplicada”.

Esto viene a apoyar nuestra hipótesis de que los museos de ciencia –diseñados con la participación de científicos con una formación inicial idéntica a la de los docentes– transmitirán la misma imagen de la ciencia y la tecnología. La hipótesis se verá reforzada cuando se hace un estudio similar de la imagen de la ciencia, en este caso de un elemento importante en la educación no reglada como es el cómic.

3.1.2. LA IMAGEN DE LA CIENCIA PROPORCIONADA POR LOS CÓMICS

Los cómics pueden constituir un instrumento válido para estudiar la imagen distorsionada de la ciencia y la tecnología ampliamente extendida en la sociedad. En este sentido podemos mencionar un trabajo de investigación centrado en el análisis crítico de la imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics existentes en el mercado en los que se hace referencia al trabajo científico (Gallego Torres, 2007).

En dicho trabajo de investigación se analizan las visiones deformadas indicando si se incide en ellas por acción u omisión o si se sale al paso de las mismas.

En este trabajo de investigación se analizaron 100 cómics editados con fines recreativos elegidos con el único criterio de que narraran una investigación científica. Las visiones analizadas son: Empirista y ateórica, rígida, aproblemática, individualista, elitista y descontextualizada. Algunos de los resultados obtenidos los podemos observar en el siguiente cuadro (**cuadro 3.9**):

Cuadro 3.9. Visiones Simplistas de la Ciencia reflejadas en los cómics

Visiones simplistas	Se incide		No se incide		No se trata	
	(%)	(sd)	(%)	(sd)	(%)	(sd)
1. Imagen Empirista y Ateórica	64.7	(4.7)	13.7	(3.4)	20.0	(4.0)
2. Imagen Rígida	8.8	(2.8)	1.9	(1.3)	89.2	(3.0)
3. Imagen Aproblemática	34.3	(4.7)	38.2	(4.8)	27.4	(4.4)
4. Imagen Individualista	63.7	(4.7)	35.2	(4.7)	0.9	(0.9)
5. Imagen Elitista	91.1	(2.8)	7.8	(2.6)	0.9	(0.9)
6. Imagen Descontextualizada	29.4	(4.5)	33.3	(4.6)	37.2	(4.7)

Como se puede observar, estos resultados se asemejan a los obtenidos al estudiar la imagen de la ciencia proporcionada por la educación reglada (Fernández, 2000).

Del análisis de los resultados obtenidos tras analizar la imagen de la ciencia proporcionada por los cómics la autora (Gallego Torres, 2007) concluye que:

- Los cómics recreativos transmiten imágenes empiristas y ateóricas, pues en el 64.7 % de los casos se resalta la observación y la experimentación sin hacer referencia al papel del cuerpo teórico de conocimientos. Los hallazgos aparecen como fruto del azar o como resultado del puro ensayo y error. Tan solo en un 13.7 % de estos cómics aparecen imágenes que permiten cuestionar en alguna medida este experimentalismo simplista.

- La mayoría de los cómics recreativos (89.2 %) no dicen nada del proceso seguido para llegar finalmente a un “descubrimiento” y cuando se muestra dicho proceso, se incurre, en general, en una visión rígida del “método científico”, que aparece como una mera receta.
- Los cómics recreativos suelen incurrir menos en una visión aproblemática, dado que en un porcentaje significativo (34.3 %) las “investigaciones” tienen una finalidad clara, un problema a resolver que constituye como es lógico, un elemento esencial de la aventura narrada.
- La deformación individualista se muestra, en cambio, con nitidez: en el 63.7 % de los casos, el trabajo científico aparece realizado por una sola persona.
- Lo mismo ocurre con la imagen elitista, en la que se incide en el 91.1 % de los cómics recreativos analizados, que pone de manifiesto el predominio de una imagen enteramente masculina: en particular, la imagen de la mujer en el cómic es ajena a la actividad científica, ya que la mayoría de las mujeres representadas aparecen asociadas con fines románticos, familiares o en labores no relacionadas con la investigación. La proporción de mujer-hombre es de 1 mujer cada 10 hombres. En cuanto al papel representado por el hombre, está asociado a menudo con capacidades intelectuales superiores y con el estereotipo del científico como varón, a menudo calvo y con gafas, vestido de bata blanca.
- No se puede decir, por último, que estos cómics incurran en una visión descontextualizada de la actividad científica (sólo en un 29.4 % esa actividad se muestra sin relación alguna con la sociedad). Pero en el 37.2% de los casos que hacen referencia a las relaciones CTS se transmite una imagen muy simplista, con científicos empeñados en dominar la humanidad con “armas invencibles”.

Los resultados de esta investigación refuerzan nuestra primera hipótesis en la medida en que muestra la amplia difusión social de las visiones empobrecidas de tecnociencia, incluso en campos tan alejados de la educación científica como es el de cómic.

Veremos ahora cómo esta primera hipótesis de nuevo se ve apoyada cuando se estudia el origen y evolución de los museos de ciencias. Con el propósito de poder intervenir en la educación científica y tecnológica que proporcionan los museos de carácter científico, es necesario realizar un análisis retrospectivo que muestre la evolución de este tipo de museos (Guisasola e Intxausti, 2000) y las posibilidades que ofrecen como centros

educativos y de divulgación científica. Este estudio nos ayudará a determinar en qué punto se encuentran en su labor didáctica y de divulgación, viendo qué imagen de la ciencia y tecnología muestran.

3.1.3. APROXIMACIÓN A LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Desde el campo de la didáctica de las ciencias, autores como Koster (1999), Guisasola e Intxausti (2000) o Pedretti (2002) se han interesado por el origen y evolución de los museos de ciencias, analizando sus objetivos explícitos y sus realizaciones. Las descripciones y valoraciones que realizan, aunque no están centradas en la imagen de la ciencia que transmiten los museos, apoyan indirectamente la hipótesis que estamos tratando de fundamentar.

En efecto, como señalan los autores citados, la finalidad educativa que perseguían los primeros museos de ciencia europeos del siglo XIX era muy limitada, puramente expositiva, puesto que se presentaban como estancias que albergaban y exhibían colecciones de objetos y su accesibilidad quedaba limitada o restringida a una minoría económicamente bien posicionada (Guisasola e Intxausti, 2000).

Hein (1998) muestra la existencia en los museos del siglo XIX de una disyuntiva entre favorecer la educación y la divulgación científica y su vertiente dirigida en exclusiva a un público de élite.

A principios del siglo XX, los responsables de los museos de ciencia comienzan a considerar la conveniencia de democratizar socialmente su acceso para posibilitar la formación de museos públicos más accesibles para una mayor parte de la comunidad y reforzar su papel educativo.

Esta idea está patente en la declaración de intenciones que plantean los museos hacia 1939, en la que se pretende fundamentar teóricamente la intención de reforzar la acción educativa por parte de los museos posibilitando su acceso a mayores sectores de la población y reforzando el interés de la ciudadanía hacia las ciencias (Hodson, 1985). Sin embargo, los responsables de los museos mantenían la misma orientación de acumular objetos y se resistían a nuevos planteamientos que desembocaran en una mayor participación del visitante en su aprendizaje.

El avance científico y la necesidad de disponer de una sociedad adaptada y capacitada para la toma de decisiones posibilitó el abandono de los museos puramente expositivos en pro de los museos de ciencia y tecnología concebidos como “centros de prácticas” o “salas de descubrimiento” (Guisasola e Intxausti, 2000).

A pesar de que la orientación que tomaban los museos de las décadas de los 80 y 90 mejoraba los objetivos de lograr una sociedad alfabetizada científicamente, dichos museos presentaban visiones deformadas sobre la construcción de conocimientos científicos, ya que en ellos primaba el “aprendizaje por descubrimiento”, así como la aplicación del “Método Científico” en la resolución de problemas, con una orientación claramente empirista y algorítmica.

Más recientemente, los museos proponen corregir estas deficiencias basándose en enfoques didácticos. Dichos enfoques evolucionan en el sentido de permitir que “los museos de ciencia realicen una intervención educativa debidamente fundamentada en la didáctica de las ciencias, que permita huir de innovaciones desarrolladas con buena voluntad pero que no contribuyen de forma significativa a una alfabetización científica del ciudadano” (Guisasola e Intxausti, 2000).

El creciente progreso dentro del campo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ha posibilitado la aparición de museos interactivos y ha permitido una mayor divulgación científico-tecnológica a través de nuevos medios de comunicación como Internet. Pero esta apuesta por las propuestas interactivas, sin duda positiva, no va acompañada de una reflexión global acerca de la naturaleza de la ciencia, por lo que cabe temer -esa es, al menos, la hipótesis que pretendemos fundamentar y someter a prueba- que persista la transmisión, por acción u omisión, de visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia.

Nos referiremos, por último, a unos resultados que muestran hasta qué punto los museos de ciencia siguen, en general, sin realizar los esfuerzos necesarios por incorporar la problemática de la situación del mundo como unos de los mayores retos que tiene hoy planteados la comunidad científica. Se trata de un ejemplo claro (y grave) de falta de atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), es decir, un ejemplo de la visión descontextualizada que se proporciona de la tecnociencia. Una de las principales distorsiones, de cuyo estudio se ocupa esta investigación con vistas a su superación.

3.1.4. LA ATENCIÓN A LA SITUACIÓN DE EMERGENCIA PLANETARIA COMO EJEMPLO ILUSTRATIVO

Los análisis de la atención que prestan los museos científicos a la situación de emergencia planetaria (Bybee, 1991) y las medidas a adoptar para hacer posible un desarrollo sostenible concluyen que, en general, este tipo de museos no presta atención suficiente a dicha problemática (González, Gil y Vilches, 2002; González, 2006), pese a los reiterados llamamientos de Naciones Unidas: la Asamblea General de Naciones Unidas ha instituido una Década de Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014) con el objetivo de que toda la educación, incluida la no reglada, contribuya a la comprensión de la situación de emergencia planetaria por parte de la ciudadanía y prepare para participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (ver www.oei.es/decada).

En síntesis, la tesis doctoral de González (2006) contribuyó a mostrar, a partir de los resultados obtenidos en el análisis de los treinta museos visitados en ocho países (Colombia, Cuba, España, Francia, Japón, Portugal, Reino Unido y USA), que:

- Los museos de ciencias, en general, no estaban prestando suficiente atención a los graves problemas con los que se enfrenta hoy la humanidad, realizando escasas referencias puntuales e incidentales a los mismos.
- Tampoco la investigación educativa estaba impulsando la necesaria transformación de los museos para que den respuesta a la petición de Naciones Unidas.
- Tan solo un reducido número de museos y algunas grandes exposiciones temporales (que, lógicamente, pueden responder más ágilmente a las nuevas tendencias y demandas sociales), habían comenzado ya a incorporar la problemática global de la situación del mundo; ello permite constatar que dicha problemática puede integrarse funcionalmente en el contenido de los museos.

Estos resultados, aunque se refieren a una única dimensión de la actividad científica (su contextualización, que exige prestar la debida atención a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente) y fueron obtenidos hace ya algunos años (en un periodo de cambios acelerados), son un ejemplo de las dificultades con que tropieza la superación de este reduccionismo, pese a los llamamientos de Naciones Unidas y viene

a apoyar, pues, la hipótesis de que los Museos de Ciencias pueden seguir proporcionando una imagen empobrecida de la ciencia y la tecnología.

Más recientemente el trabajo de investigación de Redondo (2007) llegó a conclusiones similares al analizar un conjunto de nueve museos etnológicos:

- Los museos etnológicos y antropológicos visitados apenas hacen alusión explícita al concepto de desarrollo sostenible y, por tanto, tampoco a la importancia de plantearse objetivos y realizar una serie de determinadas acciones para tratar de sentar las bases del mismo.
- Ningún museo contempla el conjunto de los problemas estrechamente relacionados a los que debe hacer frente la humanidad y que caracterizan una situación de emergencia planetaria. Además, en la mayoría de los casos, las referencias se realizan desde una perspectiva exclusivamente local y de una manera escueta y muy poco llamativa.
- Respecto a las causas, y a la vez, consecuencias, de la situación de emergencia planetaria, los museos suelen referirse, casi exclusivamente, a los desequilibrios existentes entre grupos humanos y a los conflictos asociados a los mismos. Contemplan mucho menos otros aspectos igualmente importantes como son el hiperconsumo de las sociedades “desarrolladas” o la explosión demográfica dentro de un planeta de recursos limitados. Además, se siguen centrando en la perspectiva local, olvidando que las situaciones problemáticas que se producen en una determinada región también afectan a todo el planeta.
- Las acciones positivas a tener en cuenta para lograr un desarrollo sostenible también pasan bastante desapercibidas en los museos etnológicos y antropológicos visitados, ya que se encuentran pocas referencias a las mismas y son todas muy sucintas e incidentales por lo que no logran captar la atención del visitante, además de referirse básicamente a medidas a adoptar en una determinada región, pues la visión global prácticamente no se contempla tampoco en estos casos.
- Es destacable que, en la generalidad de los museos visitados, aparecen numerosas ocasiones idóneas para incidir funcionalmente en aspectos de la situación del mundo, o para conectar los problemas locales con los de ámbito planetario. Pese a que dichas ocasiones no son, en general, aprovechadas.

Todo ello viene a reforzar que los museos etnológicos no abordan con eficacia la problemática de la sostenibilidad y por tanto incurren en la visión descontextualizada lo que viene a apoyar la hipótesis de que los Museos de Ciencias proporcionan una imagen empobrecida de la ciencia y la tecnología.

De acuerdo con el conjunto de argumentos manejados en este capítulo, pensamos que la hipótesis que orienta nuestro análisis de los museos está suficientemente fundamentada, pero se precisa una cuidadosa puesta a prueba para ver hasta qué punto están extendidos los reduccionismos empobrecedores. Algo fundamental para diseñar, en la segunda parte de nuestra investigación, posibles medidas correctoras.

3.2. FUNDAMENTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

Pasaremos ahora a fundamentar la segunda hipótesis, que recordemos, contemplaba la posibilidad de que los museos, pese a que no están dando una imagen adecuada de la ciencia y la tecnología, pueden ser una herramienta válida, para favorecer una mejor comprensión y apreciación de su naturaleza y relaciones, saliendo al paso de las distorsiones habituales.

Para ello nos referiremos a:

- La importancia concedida a los museos de ciencia y tecnología, por parte de diferentes autores, como instituciones cuyo carácter no reglado puede contribuir a la formación científica de la sociedad.
- Las aportaciones de algunas investigaciones realizadas en torno a los museos de ciencia y tecnología como elemento complementario a la educación reglada.
- El análisis de museos que contribuyan a transmitir una imagen más real y adecuada de la ciencia y la actividad científica.

Estas distintas aportaciones son las que han contribuido a apoyar la segunda hipótesis, es decir, nos han llevado a concebir la posibilidad de utilizar los museos como instrumentos que pueden contribuir a proporcionar una visión más adecuada de la naturaleza de la ciencia y la tecnología.

3.2.1. MUSEOS DE CIENCIAS COMO RESPUESTA A LAS NECESIDADES DE FORMACIÓN DE LA SOCIEDAD: ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

En este punto trataremos de exponer la importancia que pueden llegar a tener los museos de ciencia y tecnología en la divulgación científica y, más aún, en favorecer la impregnación en la cultura científica, proporcionando una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y generando así actitudes más favorables hacia la cultura científica. En efecto, como han señalado algunas investigaciones en este campo (González, 2006), los museos, que han constituido hasta muy recientemente exponentes propagandísticos de los avances científicos y tecnológicos, contribuyendo de ese modo a transmitir visiones de un optimismo simplista, deberían incorporar una nueva orientación, más atenta a las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) que enmarcan del desarrollo de la ciencia (Pedretti, 2002). De acuerdo con dichos trabajos, ello favorecería una reflexión sobre la propia actividad científica, mostrando los avances, las repercusiones en los diferentes ámbitos y muy en particular prestando atención a los problemas del planeta y las formas de hacerles frente, imprescindible para la educación de la ciudadanía.

Comenzaremos refiriéndonos al papel divulgador de los museos. Según Aguirre Pérez y Vázquez (2004) la divulgación de mensajes de ciencia debe tener las siguientes funciones:

Función informativa: es una función primordial debido al retraso que existe entre los descubrimientos científicos actuales y su divulgación a la sociedad pudiendo afirmar al respecto que existe un desfase entre la sociedad y la comunidad científica (Calvo, 1997). Los hechos e informaciones de carácter científico y tecnológico se pueden dar a conocer a los ciudadanos no relacionados directamente con la ciencia permitiéndoles conocer tanto algunas novedades originadas en el campo de la actividad científica como a cerca de sus implicaciones sociales, culturales, políticas y económica.

Uno de los mayores problemas actuales de la divulgación científica reside en el retraso que sufre, si se compara con los grandes avances de la ciencia y la tecnología y con su influencia creciente y decisiva en el individuo y en los grupos sociales de nuestra época y, sobre todo, del futuro inmediato.

La función informativa es por tanto, según los citados autores, una "tarea compleja" de adaptación de un lenguaje especializado a otro más comprensible, para que otros

sectores, en otros contextos y con otros propósitos, puedan apropiarse de él desencadenando, idealmente, un diálogo renovador.

Función educativa: los procesos de la comunicación de la ciencia pueden convertirse en importantes complementos de la enseñanza educativa formal. En la medida en que este tipo de mensaje no se agote en la información, se establecerá una función educativa, tanto a nivel individual como colectivo, calificándose la llamada "opinión pública". La labor de divulgación científica contiene siempre una intención pedagógica que debe ajustarse a los destinatarios, a los códigos comprometidos y a los medios disponibles. La divulgación científica no pretende ni puede reemplazar a la escuela. Su valor radica en asumir, desde otro enfoque y con otros recursos, el encuentro con la ciencia, buscando abordar con profundidad, seriedad y complejidad cada tema, sin por eso omitir un tratamiento atractivo, claro y novedoso.

Función social: La ciencia y la sociedad deben acercarse. El científico debería preocuparse por comprender el momento en que vive y la sociedad que lo rodea, tanto como esta debería reconocer al científico como una persona normal, dedicada a un trabajo que requiere de apoyo y estímulo. Hoy, cuando la ciencia y la tecnología parecen alejarse de la sociedad, desarrollarse en muchos casos en oposición a ella, es necesario recuperar la función social de la divulgación científica. Esta deberá tener en cuenta los intereses, las aspiraciones y los problemas de la comunidad y convertirse en vocera e intérprete de sus expectativas. En este marco, el mensaje debe situarse en un contexto amplio y alimentar el debate de los temas de ciencia y tecnología a la luz de los proyectos de la sociedad, en una dinámica fundamentalmente participativa.

Función cultural: la divulgación científica se debe articular en el trabajo por la preservación y enriquecimiento de la cultura propia. Desarrollar a nivel regional la labor de divulgación científica representa un gran paso hacia el reconocimiento de las diversas identidades culturales que conviven en un determinado lugar y que demandan espacios de expresión.

Por otra parte, la ciencia, al igual que el arte y otras manifestaciones culturales, son maneras de recrear la naturaleza y la sociedad, y por ello constituyen formas de expresión que pueden enriquecerse mutuamente. No es, pues, extraño vincular la ciencia a esta otra forma de ver el mundo que es el arte, con el propósito de que el goce estético alimente el encuentro con la racionalidad científica.

Función económica: la comunicación de la ciencia cumple también la función de evidenciar la relación existente entre la ciencia, la tecnología y el sector productivo.

Sin duda, las investigaciones de nuevas tecnologías abren diariamente expectativas a la industria en general. Una información seria y fundamentada al respecto, que señale las bondades y los riesgos de estos descubrimientos, sería de gran utilidad para los empresarios, contribuyendo además a crear conciencia en este sector sobre la importancia de la investigación científica y tecnológica y de la relación coste-beneficio que subyace a esta.

Función político-ideológica: la actividad científica no es una actividad ideológicamente neutra. Se ejerce en el marco de situaciones concretas que implican intereses particulares y la orientan hacia la consecución de objetivos específicos. Esto debe ser tenido en cuenta por quien realiza la labor de divulgación de la ciencia y la tecnología. La función del comunicador es propiciar la democratización de la ciencia y la participación de las mayorías en este campo.

Todas estas funciones, señalan Aguirre Pérez y Vázquez (2004), aparecerán de forma explícita o implícita en los contenidos museísticos y el hecho de que un museo sea capaz de cubrirlas dependerá de muchos factores, pero lo que sí se puede afirmar es que los diseñadores y gestores de los museos deberían ser conscientes de ellas a la hora de planificar los contenidos que se van a mostrar.

Podemos destacar pues que en todas estas funciones que se proponen subyace la importancia que se le otorga al museo de la ciencia para ir más allá de la mera transmisión de contenidos científicos y mostrar la naturaleza de la ciencia y su contexto, apoyando así nuestra segunda hipótesis.

Como los museos de ciencia y tecnología están en continua evolución, Jaunousek (2000) ha concebido una tipología para clasificarlos en la que encontramos algunas ideas que apoyan nuestra segunda hipótesis y que mostramos a continuación:

a) «Museos de primera generación», representados por los museos tradicionales de ciencia y técnica que están orientados a la presentación de la ciencia a través de paneles y colecciones de objetos históricos; dichas colecciones y/o exposiciones se basan en los artefactos experimentales y no presentan un contexto más amplio.

b) «Museos de segunda generación» o «Museos interactivos de ciencias», museos de ciencias que se centran preferentemente en analizar y exponer el orden natural del

universo, las leyes y principios fundamentales de la ciencia, etc. No tienen colecciones y sus módulos suelen ser interactivos y generalmente no muestran un contexto externo. A esta categoría pertenecen la gran mayoría de los museos de ciencias nacionales e internacionales.

c) « Museos de nueva generación» (Koster, 1999), representados por exposiciones que tienen como objetivo problemas relacionados con interacciones ciencia-tecnología-sociedad y medioambiente, centrados más en el hoy y el mañana que en el pasado y que contemplan múltiples puntos de vista. Desarrollan experiencias temáticas que permiten considerar al museo de ciencias como una inversión para valorar recursos a lo largo de la vida y establecen relaciones con otras instituciones, de forma que puedan combinar recursos para un impacto mayor en la colectividad y servir como plataforma no corporativista para discutir problemas sociales relativos a la ciencia y la tecnología. Una nueva generación de museos y centros de ciencia está naciendo, y Koster describe este cambio como «un cambio de paradigma», dirigido a explorar no sólo los fenómenos científicos, sino también los aspectos sociocientíficos contemporáneos.

Actualmente existe una preocupación en los responsables de los museos de ciencias por reorientar su atención de los módulos interactivos a los objetivos educativos, de los fenómenos naturales a su relevancia social y del popurrí de conceptos a líneas temáticas (Guisasola y Morentín, 2007). Los museos de ciencias comienzan a verse como importantes protagonistas en numerosos contextos científicos, sociales, culturales y políticos. Dentro de estas funciones, su labor en la alfabetización científica y el aprendizaje de las ciencias en contextos no formales es uno de los objetivos prioritarios a desarrollar por las direcciones de los museos de ciencias (Jeffery-Clay, 1998; Koster, 1999).

De este modo, los museos disponen de medios muy variados además de las propias exhibiciones, como son las exposiciones temporales, cursos y conferencias, programas especializados, materiales didácticos, etc. Puede decirse que algunos museos son lugares que ofrecen experiencias enriquecedoras de aprendizaje y socialización a los visitantes, entre cuyas finalidades, están (Guisasola y Morentín, 2007):

– Promover la cultura científica y técnica de los visitantes, dando a conocer sus consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales (alfabetización científica).

- Comunicar la ciencia de una forma integrada y global, a la vez que accesible, mostrando no solo los productos de la ciencia sino también los procesos que la han originado.
- Despertar inquietudes hacia la ciencia y la técnica, especialmente entre los escolares, estimulando la curiosidad, el deseo de aprender y el disfrute mediante la interactividad, sin olvidar la reflexión y la resolución de situaciones problemáticas.
- Crear un ambiente propicio para la experimentación y la interacción social.

A la vista de estos objetivos podemos decir que algunos centros de ciencia tienen una decidida voluntad educativa y que actualmente están replanteándose las estrategias didácticas utilizadas, con vistas a conseguir afianzar su papel como instituciones adecuadas para la educación científica; persiguen crear ambientes que estimulen el aprendizaje, despertando el interés de los visitantes hacia la tecnociencia y su papel en nuestras sociedades y, en definitiva, pretenden motivar más que instruir, de forma que el verdadero aprendizaje se produzca posteriormente en la escuela (Pérez et al., 1998). En definitiva, los responsables de algunos museos de ciencia están interesados en que los visitantes no sólo pasen un rato agradable sino que adquieran conocimientos que les sirvan para resolver problemas científicos básicos y tomar decisiones en problemas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología. Estos argumentos muestran el propósito que tienen los museos de ciencias de nueva generación, de aproximar a la ciudadanía la riqueza de la actividad científica y tecnológica, en todas sus dimensiones y por tanto contribuyen a fundamentar nuestra segunda hipótesis.

No obstante somos conscientes de la dificultad que entraña la consecución de este objetivo y su generalización a la mayoría de museos de ciencia y tecnología. Es por ello que en el siguiente punto vamos a asomarnos a algunas de las diferentes investigaciones realizadas en torno al papel de los museos de ciencias y a exponer las diferentes conclusiones, que pueden contribuir a fundamentar la hipótesis de la posibilidad de que los museos de ciencias puedan ser una herramienta (tanto en la educación formal como en la no reglada) para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y contribuir así a generar actitudes más favorables hacia la cultura científica.

3.2.2. INVESTIGACIONES DIDÁCTICAS ACERCA DE LAS VISITAS ESCOLARES A LOS MUSEOS DE CIENCIAS COMO COMPLEMENTO DE LA EDUCACIÓN REGLADA

La importancia de la educación no formal, y en particular de los museos de ciencias, se ve realzada cuando se plantea la consecución de las diferentes competencias básicas que *“debe haber desarrollado un joven o una joven al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida”* (MEC, 2007, p. 685). En concreto, dicha importancia se ve reflejada en la competencia, en comunicación lingüística, el tratamiento de la información y la competencia digital, la competencia social y ciudadana, etc., a las que desde la enseñanza de las ciencias debemos contribuir. El papel de la prensa, de los documentales, de los museos, etc., es ampliamente recogido en los contenidos y criterios de evaluación de las disciplinas científicas en nuestro país, con el fin de contribuir a alcanzar los objetivos propuestos en las diferentes etapas educativas.

Según lo expuesto anteriormente, los museos de ciencia y tecnología tienen un potencial didáctico considerable que de alguna forma estamos desaprovechando (Gil Pérez et al., 2004; González, 2006; Segarra, 2007; Segarra, Vilches y Gil, 2008 y 2009). Son muchas las investigaciones que así lo muestran y que intentan aportar soluciones para sacar el máximo rendimiento didáctico a un museo de ciencia, al reconocer su enorme potencial en la educación ciudadana. Según Fernández y Benlloch (2000) la mayoría de investigaciones en museos suelen ser estudios de audiencia (que se limitan a conocer el tipo de público que visita el museo) y estudios de comportamiento (donde se indaga acerca de la relación visitante-museo). Estos últimos son los que revisten interés para nuestra investigación y presentaremos a continuación.

Ya en 1986, Lucas y colaboradores realizaron dos estudios en el British Museum (Londres) y en La Villette (París), respectivamente. El objetivo era conocer «cómo» aprendían los visitantes. Para ello, realizaron grabaciones en video del comportamiento de los visitantes; además un observador apuntaba los datos necesarios para posteriormente poder identificarlos. En ambos casos se obtuvieron algunos resultados de interés: los visitantes consideraban importante la información proporcionada por los carteles y algunos visitantes regresaban a algún módulo para mejorar su comprensión después de haber visto otros. Estos primeros resultados, en contra de los obtenidos tras

analizar la bibliografía, constatan que el visitante otorga importancia a los paneles y, por tanto, los museos deben cuidar la información que transmiten dichos paneles.

Feher y Rice (1992) utilizaron cuestionarios y entrevistas con escolares, para conocer sus procesos de pensamiento mientras interactuaban con las exhibiciones. El objetivo era no solo conocer lo que los escolares habían aprendido, sino también cómo lo aprendían. Obtuvieron como resultado que, aunque los módulos más interactivos estimulan y facilitan el aprendizaje, tiene que haber un punto de contacto entre los contenidos conceptuales de la exhibición y los preconcepciones del escolar, para que se produzca algún aprendizaje. Además, comprobaron que los escolares no ponían en cuestión sus ideas previas e incluso, a veces, construían modelos explicativos sobre ellas.

Tuckey (1992) entrevistó a unos 150 niños de entre 8 y 11 años, mientras visitaban el Satrosphere de Escocia, para saber qué aprendían y cómo lo hacían. Se les pedía explicar lo que estaban haciendo y lo que estaba ocurriendo, de forma que construyeran modelos explicativos de los módulos. Los resultados de estas entrevistas indicaron también que los escolares usaron sus preconcepciones para dar explicaciones e hicieron analogías con sucesos de la vida diaria y situaciones familiares. Sin embargo, en muchas ocasiones se generaban modelos explicativos inadecuados.

De esos estudios los autores concluían que para poder aprender en una visita, los estudiantes tienen que tener las ideas previas «adecuadas», y así la visita mejorará su comprensión del fenómeno y le ayudará a hacer conexiones; pero la visita no podrá enseñar conceptos «no familiares» y desconocidos totalmente (Tuckey, 1992).

En esta misma línea Echeverría et al. (2005) advierten la importancia de tener en cuenta que los resultados que se logren dependen directamente del proceso de planeación; puesto que en la medida en que la visita escolar al museo de ciencias sea una actividad planificada y organizada se fortalecerá el proceso de enseñanza aprendizaje (Morales y Valbuena, 2010). Así pues, se concluye que las visitas escolares deben quedar integradas dentro del currículo para familiarizarse previamente con los conceptos científicos que aparecen en los paneles museísticos puesto que mejorará la comprensión del contenido estudiado.

Es en este punto donde el profesorado juega un papel importante y aunque las investigaciones anteriores explican que los museos puede resultar un instrumento válido

para el aprendizaje de las ciencias, la realidad es que la preparación de las visitas por parte del profesorado es escasa, deficiente o simplemente mal enfocada. Una investigación sobre el papel del profesorado en las visitas escolares a museos de ciencia, tanto en la preparación de la visita, como en la realización y posterior relación con el currículo escolar, la realizaron Griffin y Symington (1997) en Sydney, Australia. Mediante la observación directa de los escolares y sus profesores, completadas con entrevistas semiestructuradas antes, durante y después de la visita, concluyeron que el profesorado de estos niveles no relaciona los módulos del museo con las unidades trabajadas en clase, desaprovechando el uso del museo como recurso no formal de aprendizaje. Por otra parte, Tal, Bamberger y Morag (2005) llegaron a similares conclusiones en el estudio que realizaron con profesores que llevaban a su alumnado a visitar diferentes museos de historia natural en Israel. Ambas investigaciones ponen el acento en la necesidad y posibilidad de una preparación adecuada para vincular el contenido de los museos con lo que se trabaja en el aula.

Consideraciones similares encontramos en el estudio con el que Viladot (2009) indaga en 77 docentes sus motivaciones y expectativas cuando desarrollan actividades con los estudiantes en los museos. Una parte de la investigación se dedica a estudiar el grado de vinculación de la visita con el currículo, donde concluye que gran parte del profesorado utiliza el museo para complementar otra visita o pasar simplemente un rato divertido. La mayoría de los docentes utiliza el museo para realizar actividades ilustrativas o de ejemplo (con el fin de que la actividad les ayude de una forma efímera en el desarrollo de un tema de su programación, bien para ampliar contenidos de la programación de forma más amena o para que los alumnos aprendan alguna cosa sobre ciencias que se pueda aprovechar en el aula). Son muy pocos, sin embargo, los que consideran la visita al museo como una parte esencial de lo que se trabaja en el aula, o desarrollan alguna unidad didáctica en torno a la visita.

Más recientemente, Guisasola y Morentín (2010) analizan las concepciones del profesorado sobre los objetivos de las visitas escolares a museos de ciencias, así como la preparación y tratamiento post-visita de las mismas. El estudio fue realizado con 87 profesores de educación primaria y 71 de educación secundaria que habían visitado el Museo de la Ciencia de San Sebastián. La información fue recogida por medio de entrevistas semiestructuradas, en las cuales se indagaba la relación de la visita con los contenidos de clase, la preparación de la visita y los aspectos que los profesores

consideraban positivos y negativos durante ésta. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría del profesorado de Educación Primaria y Secundaria realiza una escasa preparación de las visitas al museo con su alumnado, y no aplica su conocimiento pedagógico profesional en la organización de la visita. Los datos de la investigación apuntan que las tres cuartas partes del profesorado se sienten implicados en la visita a nivel organizativo. Sin embargo, muy pocos profesores desarrollan actividades que traten de relacionar la visita y el currículo escolar (alrededor de un 5%). Del estudio se concluye que el profesorado, en general, no prepara al alumnado para la visita al museo; les proporciona información técnica y raramente realizan actividades previas para reducir la novedad del museo y conectar la visita con el currículo de clase, ni tampoco con posterioridad para obtener conclusiones. Con ello se puede inferir que el profesorado ve la visita al museo como una actividad extraescolar en la que los estudiantes observan y hacen cosas interesantes a la vez que se divierten. Otra conclusión de la investigación es que aunque en los objetivos propuestos por el profesorado aparecen destacados los relacionados con el aprendizaje de las ciencias y la relación con el currículo escolar, los resultados de las entrevistas indican que las actividades que diseñan no son específicas para la visita, por lo que se podría deducir que, en opinión del profesorado, la propia visita proporciona el aprendizaje a los estudiantes, y ellos por sí mismos, deben relacionarlos con lo estudiado en clase. Un número importante de profesores ni siquiera conocen las guías didácticas que el museo pone a disposición en las páginas web (Guisasola y Morentín, 2010).

Todas estas concepciones del profesorado coinciden con el pensamiento ingenuo sobre el aprendizaje de las ciencias que ya hemos señalado. Además las investigaciones acerca de las visitas escolares a museos de ciencia convergen en un punto: si el profesorado prepara de una forma adecuada las visitas relacionándolas con el currículo escolar, los museos de ciencia y tecnología pueden ser muy útiles para aprender ciencia y por tanto un arma importante para acercar al alumnado a la ciencia y así contribuir a una alfabetización científica para todos. Esta es, por supuesto, una idea central para utilizar adecuadamente el uso de los museos como apoyo de la educación formal.

Estos resultados vienen así a fundamentar nuestras hipótesis y permiten pensar que, una preparación adecuada de la visita a los museos de ciencia, contribuirá a que los alumnos adquieran una visión real de la naturaleza de las actividades tecnocientíficas, de acuerdo con la segunda hipótesis de nuestra investigación.

A continuación ampliaremos los argumentos que apoyan esta segunda hipótesis haciendo uso de artículos de diferentes autores e investigaciones que de una forma directa o indirecta muestran cómo los museos de ciencia pueden salir al paso de algunas visiones deformadas.

3.2.3. LOS MUSEOS DE CIENCIA COMO HERRAMIENTA PARA OFRECER UNA CONCEPCIÓN ADECUADA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Son muchos los autores que en sus argumentos y justificaciones sobre la importancia del aprendizaje de las ciencias en los museos, indican usos de los mismos que se aproximan a lo que consideramos salir al paso de las visiones deformadas de la ciencia.

Así por ejemplo Dierking, Luke y Büchner (2003) afirman que una de las razones del éxito de los museos de ciencia y tecnología es que crean ambientes que facilitan la interacción social y el aprendizaje colaborativo. Esta afirmación hace pensar que los museos son idóneos para ofrecer una visión de la ciencia no individualista.

Por su parte Ramey-Gassert (1997) señala que los museos de ciencia tienen un potencial para favorecer el aprendizaje que no puede reproducirse en la escuela: experiencias utilizando elementos reales, temas relacionados con la vida real, interacción social...

Henriksen y Jorde (2001) tratan de investigar el aprendizaje logrado por un grupo de estudiantes tras la visita a una exposición en torno a problemas medioambientales en Noruega, enfatizando en el diseño de unidades didácticas pre y post-visita que permitan reflexionar sobre la problemática ambiental relacionándolo con situaciones problemáticas de la vida cotidiana.

En esta misma línea, Pedretti (2004) revisa las investigaciones realizadas dentro del campo de la didáctica para poder determinar el tipo de aprendizaje conseguido tras la visita a un museo de ciencia. Propone exhibiciones “basadas en ideas/temas”, no en fenómenos. La finalidad es que los visitantes reflexionen y se involucren en “tomas de decisiones” sobre temas de actualidad científico-tecnológica, ahondando en las relaciones CTSA.

En definitiva, podemos intuir que el museo de ciencias puede ser un recurso también para favorecer una imagen no descontextualizada.

En este sentido, cabe señalar que, en los últimos años, están adquiriendo importancia y se están extendiendo algunos museos que contribuyen a la formación de una ciudadanía responsable, superando visiones descontextualizadas. En muchos países se están creando nuevos museos etnológicos que además de preservar y enseñar su cultura y sus antiguas tradiciones, evitando que estas acaben desapareciendo, se interesan por los problemas a los que las sociedades han debido hacer frente en el pasado y en la actualidad (Redondo, Gil y Vilches, 2008). Y es de esperar que, cada vez más, surjan museos que empiecen a incorporar problemáticas más amplias (sin separar la dimensión tecnocientífica del resto de aspectos de la vida social), que hagan la exposición más formativa e interesante para el visitante. Un ejemplo de museo que supone un avance en esa dirección y que hemos tenido ocasión de analizar (Gil-Pérez, Vilches y González, 2004) lo constituye el "*Manitoba Museum of Man and Nature*", en Winnipeg (Canadá).

Pérez e Irazoque (2009) presentan una propuesta de aprendizaje en el que se hace uso de dos museos de primera generación para desarrollar un tema de química a nivel de bachillerato. En sus conclusiones destacan que los alumnos manifestaron su asombro por la vinculación que apreciaron entre la química y otras disciplinas como geología, historia o arte. Estas conclusiones nos conducen a pensar en la posibilidad de utilizar los museos para relacionar diferentes disciplinas científicas entre sí sorteando así la visión analítica.

Otros recientes trabajos de investigación sobre enseñanza-aprendizaje en los museos (Rennie y McClafferty, 1996; Pedretti, 2002; Lemelin y Benzce, 2004) muestran que existen diferentes procedimientos y habilidades característicos de la metodología científica que están directamente relacionados con el aprendizaje en los Museos. Entre otros procedimientos se citan la exploración y familiarización con fenómenos y objetos, la emergencia de preguntas, la construcción de posibles vías de solución a modo de hipótesis, la comparación y análisis de datos, la construcción de patrones de comportamiento, la contrastación y validación, así como la aplicación de ideas en nuevas situaciones, recolección de información, el análisis de las evidencias de manera lógica y crítica, la comunicación de información de manera apropiada y de diferentes formas.

En definitiva podemos esperar –y ello constituye nuestra segunda hipótesis- que preparando una visita de forma adecuada al museo de ciencias, incluso en el caso más desfavorable de que se trate de un museo que incide en visiones deformadas de la

ciencia y la tecnología, se puede lograr que se convierta en un instrumento eficaz para la alfabetización científica de la ciudadanía y una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología del alumnado.

Una vez discutido el interés del problema objeto de esta investigación, haber enunciado y fundamentado las hipótesis que focalizan este estudio, pasaremos a la segunda parte de la investigación centrada en la puesta a prueba de la primera hipótesis.

Referencias Bibliográficas en este Capítulo 3

ABELL, S. K. y LEDERMAN, N. G. (2007) Handbook of Research on Science Education. New York: Routledge

ABELL, S., MARTINI, M. y GEORGE, M. (2001). "That's what scientists have to do": Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109.

ABRAMS, E. y WANDERSEE, J.H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, Vol. 17(6), 683-694

ACEVEDO, J. A. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque C/T/S. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, pp. 111-125.

ACEVEDO, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y PAIXÃO, M. F. (2005). Educación CTS y alfabetización científica y tecnológica. Una panorámica general a través de contextos culturales diferentes. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(2): 195-207.

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.

AIKENHEAD, G. S. (1984). Teacher decision making: The case of Prairie High. *Journal of Research in Science Education*, 21, pp. 167-186.

BLANCO, A., BRERO, V., JIMÉNEZ, M. y PRIETO, T. (Eds.) (2006). *Las Relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Málaga.

BLANCO, A., RUIZ, L. y PRIETO, T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la Teoría Cinético-Molecular. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 447-458.

BOERSEMA, D. (1998). The use of real and imaginary cases in communicating the nature of science course outline. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. 1998 “*The nature of science in science education. Rationales and strategies*”. pp. 255-266. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

BRICKHOUSE, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers’ personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.

BRICKHOUSE, N.W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, (3), pp. 53-62.

BRICKHOUSE, N.W. (1994). Children's observations, ideas and the development of classroom. Theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, (6), pp. 639-656.

BRONOWSKI, J. (1987). *The creative process. In Scientific genius and creativity: Readings from scientific American*. pp. 1-8. New York : Freeman.

BRUSH, S.G. (1989). History of science and science education. *Interchange*, 20, pp. 60-71.

BURBULES, N. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), pp. 227-241.

BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.

CACHAPUZ, A. (1995). O Ensino das Ciências para a Excelência das Aprendizagens. In: A. D. de Carvalho (Org.). *Novas Metodologias em Educação*. pp. 349-385. Porto: Porto Editora.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y JORGE, M. (2000a). *Perspectivas de Ensino. Textos de Apoio nº1*. In Formação de Professores /Ciências, A. Cachapuz (Org.). Porto: Centro de Estudos em Educação em Ciência.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y JORGE, M. (2000b). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular – ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, vol. IX, nº1. pp. 69-79.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J., PAIXÃO, F. y MARTINS, I. (2000). Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. *Inovação*, vol. 2-3, pp. 117-137.

CALVO HERNANDO, M. (1997). Objetivos de la divulgación de la ciencia. *Revista Chasqui*. Diciembre.

CAMPARIO, J.M., MOYA, A. y OTERO, J.C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 45-56.

CAMPOS, C. y CACHAPUZ, A. (1997). Imagens de Ciência em manuais de química portugueses, *Química Nova*, 6, 23-29.

CARRASCOSA, J., ALONSO, M., BENEDITO, J., DOMÉNECH, J. L., ESPINOSA, J., LLORENS, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SENDRA, F., VERDÚ, R., FURIÓ, C. y GIL, D. (1993). Los

programas de formación permanente del profesorado de Física y Química en la Comunidad Valenciana: Un intento constructivista de formación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, pp. 47-48.

CARRASCOSA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., FURIÓ C. y GUIASOLA, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5 (2), 118-133.

CHEN, S. (2006a). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-819.

CHEN, S. (2006b). Views on Science and Education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(2), http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue2/chensf/index.htm. Acceso el 10 de febrero de 2013.

CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 429- 445.

COBERN, W. W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and belief.. *Science & Education*, vol. 9 (3), pp. 219-246.

COBERN, W. W. y LOVING, C. (1998). The card exchange introducing the philosophy of science. In W.F. McComas (Ed): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 73-82. Science and Technology Education Library. (1998). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

DAWKINS, K.R. y GLATTHORN, A.A. (1998). Using historical case studies in biology to explore the nature of science: A professional development program for high school teachers. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 163-176. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 1, 49-67.

DIERKING, L. D., LUKE, J. J. y BÜCHNER, K. S. (2003). Science and technology centres –rich resources for freechoice learning in a knowledge-based society. *International Journal Technology Management*, 25(5), pp. 441-459.

DOMÈNECH, J. L., GIL, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. y VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 20, 285-311.

DUSCHL, R. A. (1994). Research on the history and philosophy of science. In L.G.Dorothy (ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. pp. 445-455. (McMillan, New York).

ECHEVARRÍA, I., CUESTA, M., DÍAZ, M. y MORENTÍN, M. (2005). Aportaciones de los museos y los centros de ciencias a la educación científica: una investigación con estudiantes de la diplomatura de Educación Social. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.

- ESPAÑA, E. y PRIETO, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 6. Nº 3. Pp. 345-354.
- FEHER, E. y RICE, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), pp. 505-520.
- FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València
- FERNÁNDEZ, I. (1995). *La transformación de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València.
- FERNÁNDEZ, G. y BENLLOCH, M. (2000). Exposiciones interactivas: cómo reacciona el público. *Museum International*, 208, 52(4), pp. 53-59.
- 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 GAUCHÍA, C. (2009). *Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria*. Tesis Doctoral. Universitat de València.
- 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.
- FILLON, P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologiques des élèves. *Aster*, 12, pp. 91-120.
- FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 188-199.
- GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 4 (3), pp. 253-258.
- GALLAGHER, J.J. (1991). Perspective and Practising Secondary School Science Teachers Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science. *Science Education*, 75 (1), pp. 121-133.
- GALLEGO TORRES, P. (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 141-151.
- GARCIA CRUZ, C.M. (1991). La historia de la ciencia en la futura enseñanza secundaria: Reflexiones en torno al Diseño Curricular Base. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 10 (1), pp. 115-117.
- GASKELL, P. J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, vol. 14(3), 265-272.

GAVIDIA, V. (2005). Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 19, 91-102.

GAVIDIA CATALÁN, V. (2008). Las actitudes en la Educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº 22, pp. 53-66.

GIL, D. (1993b). 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, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 154-164.

GIL, D. (1996). New trends in science education. *International Journal in Science Education*, Vol. 18, nº 8, pp. 889-901.

GIL-PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (2005). Para qué y cómo evaluar. La evaluación como instrumento de regulación y mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. En: Gil- Pérez et al. (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.

GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y VILCHES, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necessidade, obstáculos y oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo.

GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, M. (2004). Museos para la "glocalidad". Una propuesta de museo que ayude a analizar los problemas de una región dada en el marco de la situación del mundo. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 87-102.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., GONZÁLEZ, M. y EDWARDS, M. (2004). Exposiciones y museos de ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 1 (1), 66-69.

GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, Nos. 3-5 July 2005.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pág 51-71. ISBN 0-9507510-5-0.

GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchatel: Delachauz & Niestlé. (Traducción castellana: Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. Sevilla: Diada, 1988).

GLASSON, G. E. Y BENTELEY, M. L. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, vol. 84 (4), pp. 469-485.

GONZÁLEZ, M. (2006). *Papel de los museos de ciencias en el tratamiento de los problemas del mundo*. Tesis Doctoral presentada en la Universitat de València.

GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. (2002). Los museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. Publicado en *Tecne, Episteme y Didaxis*, 12, páginas 98-112.

GOULD, S. J. (1987). *Time's arrow time's cycle*. Cambridge: Harvard University Press.

GRIFFIN, J. y SYMINGTON, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81(6), pp. 763-779.

GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.

GUISASOLA, J. e INTXAUSTI, S. (2000). Museos de ciencia educación científica: una perspectiva histórica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* nº 26, pp 7-14.

GUISASOLA, J. y MORENTÍN, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 401-414.

GUISASOLA, J. y MORENTÍN, M. (2010). Concepciones del profesorado sobre visitas escolares a museos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 127-140.

HAMMERICH, P.L. (1998). Confronting students' conceptions of the nature of science with co-operative controversy. In: W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 127-133. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

HASHWEEH, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), pp. 47-63.

HEIN, G.E. (1998). *Learning in the museums*. Nueva York. Routledge.

HENRIKSEN, E.K. y JORDE, D. (2001). High School students' understanding of radiation and the environment: can museum play a role? *Science Education*, 85, pp. 189-206.

HEWSON, P.W., KERBY, H.W. y COOK, P.A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520.

HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, n.12, pp. 25-57.

HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.

HODSON, D. (1992b). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science Education*, 1 (2), 115-144.

HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2), 41-52.

IRWIN, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84 (1), pp. 5-26.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), pp. 45-59.

JACOBY, B.A. y SPARGO, P.E. (1989). Ptolomy revisited?. The existence of a mild instrumentalism in some selected high school physical science textbooks. *Interchange*, (20), pp. 33-53.

JANOUSEK, I. (2000). The context museum: Integrating science and culture. *Museum International*, 52(4), pp. 21-24.

JEFFERY-CLAY, K.R. (1998). Constructivism in museum: how museum create meaningful learning environments. *Journal of Museum Education*, 1(3), pp.3-7.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. *Publicación del Departamento de Didáctica de las Ciencias*. Universidad de Extremadura.

KANG, S., SCHARMANN, L., y NOH, T. (2004). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314–334.

KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.

KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.

KING, B.B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75, (1), 135-141.

KOBALLA, T.R., CRAWLEY, F.E. y SHRIGLEY, R.L. (1990). A summary of research in Science Education 1988. *Science Education*, 74 (3), pp. 253-407.

KOSTER, E.H. (1999). In search of relevance: Science centers as innovators in the evolution of museums, *Daedalus*, 28(3), 277-296.

KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1995). Science teacher philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal Science Education*, Vol. 17, N° 3, pp. 273-283.

LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 175-190.

LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359.

LEDERMAN, N. G. (1999). Teachers' understanding of nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, 8, pp. 916-929.

LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Editors), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understanding of the nature of science. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 41-52. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y SCHWARTZ, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

LEMBERGER, J., HEWSON, P.W. y PARK, H. (1999). Relationship between prospective secondary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and teaching science. *Science Education*, vol. 83 (3), pp. 347-372.

LEMELIN, N. y BENCZE, L. (2004). Reflection-on-action at a science and technology-museum: findings from a university museum partnership. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(4), pp. 468-481.

LIN, H. S. y CHEN, C. C. (2002). Promoting preservice teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773-792.

LINDER, C. J. (1992). Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics?. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, N° 1, pp. 111-121.

LOVING, C. C. (1991). The Scientific Theory Profile: A Philosophy of Science models for Science Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, (9), pp. 823-838.

LUCAS, A. M., McMANUS, P. y THOMAS, G. (1986). Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. *European Journal of Science Education*, 8(4), pp. 341-352.

LUPIÓN, T. y PRIETO, T. (2007). Actividades CTS: un ejemplo para el desarrollo de competencias propias de la educación para la ciudadanía y la alfabetización científica, *Kikiriki*, 85, 23-26.

MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001). Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2003). Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Princeton, NJ: Educational Testing Service.

MARTÍN, C. y PRIETO, T. (2011). El potencial educativo del problema energético en la sociedad actual. En J. Maquilón, A. Mirete, A. Escarbajal y A Jiménez (Coords.). *Cambios educativos y formativos para el desarrollo humano y sostenible*, 29-37. Murcia: Ediciones de la Universidad de Murcia.

- MARTÍNEZ TORREGROSA, J., DOMÈNECH, J. L., MENARGUES, A. y ROMO, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida, *Educación Química*, 23, N°. Extra 1, págs. 112-126.
- MATKINS, J. J., BELL, R., IRVING, K. y McNALL, R. (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 456-481). Pensacola, FL: ASTE.
- MATSON, J. O. y PARSON, S. (1998). The nature of science: achieving scientific literacy by doing science. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 223-230. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155.
- MATTHEWS, M. R. (1997). Editorial. *Science and Education*, 6, pp. 323-329.
- McCOMAS, W.F. (1998b). A thematic introduction to the nature of science: The rationale and content of a course for science educators. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 211-222. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, W.F. (1998c). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 53-70. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, W.F., CLOUGH, M.P. y ALMAZROA, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 3-39. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, W.F. y OLSON, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 41-52. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MEC (2007). *REAL DECRETO 1631/2006*, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE nº 5 (5 de enero de 2007).
- MEDEIROS, A. y FILHO, S. B. (2000). A Natureza da Ciência e a Instrumentação para o Ensino da Física. *Ciência & Educação*, vol. 6, nº2, 107-117.
- MEICHTRY, Y. (1998). Elementary science teaching methods: Developing and measuring student view about the nature of science. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 231-241. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

MEICHTRY, Y. (1999). The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preserve elementary methods course. *Science & Education*, vol. 8, 3, pp. 273-286.

MORALES, D. P. y VALBUENA, E. (2010). *Las visitas escolares a un museo de Historia Natural. Un análisis desde la perspectiva del conocimiento didáctico del contenido*. Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias y Tecnología EDUCyT, Memorias, II Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología.

NADEAU, R. y DÉSAUTELS, J. (1984). *Epistemology and the teaching of science*. Ottawa: Science Council of Canada.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1995). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

NEWTON, D. P. y NEWTON, L.D. (1992). Young children's perceptions of science and scientist. *International Journal in Science Education*, vol. 14, nº 3, pp. 331-348.

NOTT, M. y WELLINGTON, J. (1998). A programme for developing understanding of the nature of science in teacher education. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 293-313. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

OLIVA, J. M., MATOS, J. y ACEVEDO, J. A. (2008). Contribución de las exposiciones científicas escolares al desarrollo profesional docente de los profesores participantes, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 7(1), pp. 21-41.

OROZCO, A. (1995). *El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València.

OSUNA, L., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., CARRASCOSA, J. y VERDÚ, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria, *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 25, Nº 2, 277-294.

OSUNA, L., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y MENARGUES, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), pp 295-317.

OTERO, J. (1985). Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp. 361-369.

PAIXÃO, F. (2005). Devolver a la naturaleza el agua que utilizamos en la ciudad. Una propuesta de enseñanza de ciencia contextualizada en el entorno de los alumnos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Monográfico: Contextualizar la Ciencia*. 46: 60-67.

PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de Física y Química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores? En Banet, E. Y De Pro, A. (Eds), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, 284- 293.

- PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular. De la teoría a la práctica. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.17, nº1, 69-77.
- PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2000a). Mass Conservation in Chemical Reactions: the development of innovative teaching strategy based on the History and Philosophy of Science. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, vol. 1, nº2, 201-215.
- PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2000b). Challenges on science teacher education for the new century: an approach based on the epistemology of curricular themes. *Proceeding Book*. En la 24th ATEE Annual Conference. Leipzig.
- PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2001). Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. *Revista de Educación en Ciencias / Journal of Science Education*, vol. 2, nº1, pp. 33-38.
- 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, S1, pp. 34-47.
- PEDRINACI, E. (1994). Epistemología, historia de las ciencias y abejas. *Investigación en la escuela*, 23, pp. 95-102.
- PENICK, J. E. y YAGER, R.E. (1986). Trends in science education: Some observations of exemplary programmes in the U.S.A. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 1-8.
- PÉREZ, C., DÍAZ, M. P., ECHEVARRÍA, I., MORENTÍN, M. y CUESTA, M. (1998). Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- PÉREZ, Y. e IRAZOQUE, G. (2009). El uso de museos de primera generación como estrategia didáctica para la enseñanza de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 575-578.
- PÉREZ MALDONADO, M., GARCÍA BARROS, S., Y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2004). La ciencia escolar y la ciencia cotidiana. Interrelaciones mutuas. *Educación Siglo XXI*, 22, 169-185.
- POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77, (3), pp. 261-278.
- PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- PORLÁN, R., GARCIA, E., RIVERO, A. y MARTIN DEL POZO, R. (1998). Les obstacles a la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, nº 26, pp. 207-235.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. (Diada Editora. Sevilla, 1998).

PRAIA, J. (1995). *Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma Didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da Deriva Continental*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Aveiro.

PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1994a). Para uma reflexão em torno as concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos Ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, 7 (1/2): 37-47. Universidade do Minho. Braga.

PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1994b). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354.

PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), pp. 71-85.

PRAIA, J. y COELHO, J. (1999). A Epistemologia, a História e a Sociologia da Ciência na construção de materiais didácticos –“A Origem da Vida”. *Revista de Educação*, Vol. VIII, nº2, pp. 203-220. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa.

PRAIA, J. y MARQUES, L. (1997). El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5, 29, pp. 95-106.

PRIETO, T. y ESPAÑA, E. (2010). Educar para la sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo, *Revista Eureka*, 7, Nº Extraordinario, pp. 216-229.

PRIETO, T., ESPAÑA, E. y MARTÍN, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología- Sociedad, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1) pp. 71-77.

RAMEY-GASSERT, L. (1997). Learning Science beyond the Classroom. *The Elementary School Journal*, 97(4), pp.433-451.

REDONDO, L. (2007). Los museos etnológicos como instrumentos de formación ciudadana para hacer frente a los problemas que la humanidad tiene planteados. Trabajo de investigación de Tercer Ciclo. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València. España.

REDONDO, L., GIL, D. y VILCHES, A. (2008). Los museos etnológicos como instrumentos de formación ciudadana para la sostenibilidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 67-84. (ISSN: 0214-4379).

RENNIE, L. J. y McCLAFFERTY, T. P. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education*, 27, pp. 53-98.

ROTH, W.M. y LUCAS, K. B. (1997). From “Truth” to “Invented Reality”: A Discourse Analysis of High School Physics Students' Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34, nº 2, pp. 145-179.

- ROTH, W.M. y ROYCHOUDHURY, A. (1994). Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, nº 1, pp. 5-30.
- RUBA, P.A. y HARKNERSS, W.L. (1993). Examination of pre-service and in-service secondary science teachers' beliefs about Science/Technology/Society interactions. *Science Education*, 77 (4), pp. 407-431.
- RUGGIERI, R. TARSITANI, C. Y VICENTINI, M. (1993). The images of science of teachers in Latin countries. *International Journal of Science Education*, vol. 15, nº 4, pp. 383-393.
- SANMARTI, N. y TARIN, R. (1999). Valores y actitudes: ¿Se puede aprender ciencias sin ellos?. *Alambique*, nº 22, pp. 55-65.
- 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.
- SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL, D. (2008). Los museos ciencias como instrumentos de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102. (ISSN: 0214-4379).
- SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Visiones de la ciencia y la tecnología transmitidas por los museos. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-692-2799-2.
- SELLEY, N.J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20 (2), pp. 24-32.
- SOLOMON, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75 (1), pp. 95-103.
- SOLOMON, J., DUVEEN, J. y SCOTT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, Vol. 16, Nº 3, pp. 361-373.
- SPECTOR, B., STRONG, P. y LA PORTA, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) *"The nature of science in science education. Rationales and strategies"*. pp. 267-276. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SPERANDEO-MINEO, R. M. (1999). Epistemological beliefs of physics teachers about the nature of science and science models. In Proceedings Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.). *Research in Science Education: past, present and future*. pp. 250-253.
- STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76 (1), pp. 1-16.
- SUTHERLAND, D. y DENNICK, R. (2002). Exploring culture, language and perception of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 24(1), 25-36.
- SUTTON, C. (1998). New perspectives on language in science. In: B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds). *International Handbook of Science Education*, 27-38. Great Britain : Kluwer Academic Publishers.

TAL, R., BAMBERGER, Y. y MORAG, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teacher's roles. *Science Education*, 89(6), pp. 920-935.

TEODORO, S. y NARDI, R. (2000). A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. *Cadernos de Textos, V Escola de Verão*, pp. 278-280. Brasil: UNESP.

THOMAZ, M.F., CRUZ, M.N., MARTINS, I.P. y CACHAPUZ, A.F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp. 315-322.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y GALLARD, A. J. (1994). Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In D.L. Gabel (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: National Science Teachers Association.

TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y HOOK, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science & Education*, 3, pp. 245-264.

TSAI, C-C. y LIU, S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.

TUCKEY, C. (1992). Children's informal learning at an interactive science center. *International Journal of Science Education*, 14(3), pp. 273-278.

VILADOT, P. (2009). ¿Para qué vienen? Expectativas de los docentes en las visitas escolares al museo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 520-524.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2012). The Supremacy of the Constructivist Approach in the Field of Physics Education: Myths and Real Challenges. *Tréma*, 38, pp. 87-104. (<http://trema.revues.org/>. Revue de recherche de l'IUFM de l'académie de Montpellier, publiée par le CEDRHE, Centre d'études de documentation et de recherche en histoire de l'éducation). ISSN: 1167-315X.

YERRICK, R.K., PEDERSEN, J.E. y ARNASON, J. (1998). "We're just spectators": A case study of science teaching, epistemology and classroom management. *Science Education*, vol. 82, 6, pp. 619-648.

ZEIDLER, D. L., WALKER, K. A., ACKETT, W. A., y SIMMONS, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

CAPÍTULO 4

**DISEÑOS EXPERIMENTALES
PARA SOMETER A PRUEBA
LA PRIMERA HIPÓTESIS**

Nos corresponde ahora presentar el diseño experimental utilizado para someter a prueba nuestra primera hipótesis que, recordemos, hemos formulado así:

“Los museos de ciencia y tecnología presentan visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y de la actividad tecnocientífica”

Para precisar el alcance de lo que intentamos poner a prueba, debemos resaltar la gran diferencia que existe entre hablar de “presentar o no visiones deformadas” y hacerlo de “proporcionar o no una visión correcta” o, con otras palabras, de “favorecer o no la impregnación en la cultura científica”. Hacer posible esta impregnación exige, claro está, que no se incurra en visiones deformadas (Segarra, Vilches y Gil, 2008), pero, además, pone en juego otros elementos también fundamentales como:

- El tipo de asesoramiento que se ofrece al visitante y, en particular, al profesorado que organiza la visita de sus estudiantes
- Los materiales didácticos elaborados
- La organización de debates, conferencias, seminarios, talleres...para profundizar en los contenidos
- La existencia de algún tipo de seguimiento post visita
- ...

Pero, dado que un requisito sine qua non es que el contenido del museo no incurra en visiones deformadas, nuestro trabajo se ha centrado básicamente, en esta primera parte, en analizar dicho contenido. Una segunda razón para ello es que la generalidad de los

visitantes se limitan a ir pasando por los distintos expositores, realizar, si ha lugar, algunas de las acciones que se proponen (en el caso de los museos interactivos) y, a lo sumo, leer los paneles informativos. Nos dedicaremos, pues, en esta fase de la investigación a analizar estos elementos.

En síntesis, el diseño concebido consiste en una visita sistemática a un número elevado de museos –incluidos algunos de los más prestigiosos– y, además de hacer las anotaciones que la visita genere, proceder a fotografiar la información proporcionada para proceder después a un detenido análisis de la misma, ayudándonos, en su caso, con la información suministrada por las páginas web de que dispone la generalidad de los museos. Llevamos aproximadamente una década visitando e investigando en museos de ciencia y tecnología y debemos reconocer que en los inicios de nuestra investigación, sin cámaras digitales y sin fácil acceso a Internet, nuestra tarea era mucho más difícil y, posiblemente los resultados menos precisos puesto que el análisis se realizaba in situ. En la actualidad el uso de la tecnología nos permite realizar transcripciones más completas, concretar más en los análisis y facilitar que el estudio sea realizado por más de un investigador. No obstante queremos resaltar que existen museos de ciencia donde no permiten la toma de fotografías, por tanto hemos tenido que realizar allí el trabajo como sucedía tiempo atrás. Consideramos que los análisis que se realizan en el mismo museo son igualmente válidos ya que se analizan directamente las visiones que los investigadores detectan exactamente del mismo modo y aunque las transcripciones resulten más cortas, podemos afirmar que la labor es más costosa. De cualquier forma, pretendemos tomar en consideración toda la información disponible, incluso aquella que apenas llama la atención y que pasa desapercibida a la mayoría de los visitantes. Ello resulta esencial para poder averiguar si determinado aspecto es contemplado o no por el museo, para poder afirmar si se incurre o no en determinada visión simplista y distorsionada de la actividad científica y tecnológica.

Por otra parte, un análisis válido exige una cuidadosa especificación de lo que se busca, la adopción de criterios claros y la constatación de la reproducibilidad de los datos obtenidos (Serramona, 1980; Aliaga, 2000).

Por lo que respecta a esto último, señalaremos que todos los análisis han sido realizados por al menos dos miembros de nuestro equipo. El hecho de haber fotografiado sistemáticamente el contenido de la mayoría de los museos ha hecho posible este

análisis múltiple y salir al paso de las escasas discrepancias que han aparecido en los resultados.

De este modo hemos intentado garantizar resultados plenamente fiables y eliminar factores subjetivos. A ello ha contribuido también la adopción de criterios muy simples y laxos para considerar que se sale al paso de una determinada visión deformada. Cualquier referencia, por indirecta o incidental que sea, que pueda interpretarse como un cuestionamiento de uno de los reduccionismos o distorsiones que dificultan la comprensión de las actividades científicas y tecnológicas, 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 visiones deformadas. Detallaremos a continuación estas consideraciones.

4.1. ELEMENTOS QUE SE ACEPTAN COMO CUESTIONAMIENTO DE LAS VISIONES DEFORMADAS

La idea fundamental que subyace para orientar el análisis es detectar cualquier elemento que explícita o implícitamente haga referencia a las visiones deformadas y reduccionismos que configuran la visión tópica, socialmente aceptada de la ciencia. Y ello tanto cuando ese elemento viene a reforzar alguna de las deformaciones como cuando viene a cuestionarla. Recordaremos seguidamente, pues, dichas distorsiones e indicaremos para cada una de ellas posibles formas de cuestionarlas, como consecuencias contrastables de la hipótesis.

4.1.1. CUESTIONAMIENTO DE UNA VISIÓN DESCONTEXTUALIZADA, SOCIALMENTE NEUTRA

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.

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 es preciso cuestionar.

Aceptaremos que no se incurre en esta visión descontextualizada cuando en el museo detectamos informaciones o propuestas como las siguientes:

- Proponer una reflexión sobre el posible **interés de los problemas planteados**.
- Considerar las **implicaciones CTSA** del estudio realizado (posibles aplicaciones, repercusiones negativas, toma de decisiones fundamentadas...).
- Llamar la atención a los visitantes sobre los problemas de degradación del medio que afectan a la totalidad del planeta, incluida la especie humana, sus causas y las posibles soluciones que habría que adoptar ante la grave situación de crisis planetaria. En particular, señalar que lo esencial es sentar las bases para un desarrollo sostenible y contribuir a mostrar el papel que la ciencia y la tecnología pueden jugar para lograrlo.
- Mostrar situaciones en las que las opiniones, intereses, etc., de los ciudadanos, de asociaciones, de las instituciones, cuentan e influyen en las líneas de investigación planteadas.
- Hacer ver al visitante que la comunidad científica está implicada en tomas de decisión ante problemas relacionados con la ciencia y la tecnología.
- Plantear al visitante la necesidad de la comunicación y el debate de ideas, de conocimientos, sin ningún tipo de discriminación, en un marco de libertad y respeto a los derechos humanos; también para posibilitar la investigación de cualquier tipo de problema y el avance de la ciencia, teniendo en cuenta el principio de precaución que evite aplicaciones apresuradas, sin haber sido suficientemente contrastadas.
- Cuestionar la visión simplista de la tecnología como “aplicación” de la ciencia, mostrando cómo la tecnología ha precedido durante milenios a la ciencia.

- Señalar el papel fundamental de la tecnología en la construcción del conocimiento científico, siempre en el centro de la actividad científica, ya que, p. e., para someter a prueba las hipótesis necesitamos construir diseños experimentales.
- Referirse a la interdependencia creciente de la ciencia y la tecnología.
- ...

4.1.2. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN INDIVIDUALISTA Y ELITISTA

Recordemos que se incurre en esta visión cuando los conocimientos científicos aparecen como obra de “genios aislados”, (*hombre “de bata blanca” en su inaccesible laboratorio, rodeado de artilugios incomprensibles...*) ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos... 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, con claras discriminaciones de naturaleza social y sexual (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente "masculina"). Se puede llegar a utilizar un lenguaje sexista, étnicamente discriminador, etc.

La falta de atención a la tecnología contribuye a ese elitismo e individualismo, al minusvalorar las aportaciones de técnicos, maestros de taller, etc., y al no considerar que el trabajo científico y tecnológico exige la integración de diferentes conocimientos, difícilmente asumibles por una única persona.

Como formas de salir al paso de esta distorsión hemos considerado:

- Hacer ver al visitante *la dimensión colectiva del trabajo científico* refiriéndose 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.
- ...

4.1.3. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN EMPIRISTA Y ATEÓRICA

Esta distorsión resalta el papel de la observación y de la experimentación "neutras" (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso del puro azar, olvidando el papel esencial de las hipótesis, como focalizadoras de la investigación, y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) que orientan todo el proceso.

Se incide particularmente en esta visión ateórica cuando se presenta el aprendizaje de la ciencia como una cuestión de "*descubrimiento*" -es decir, cuando se considera que los conocimientos se pueden extraer a partir de unos datos que tienen sentido en sí mismos, al margen de los paradigmas teóricos- o cuando se reduce a la práctica de "*los procesos*" con olvido de los contenidos.

Como formas de cuestionarla podemos señalar:

- Mostrar las **hipótesis** de trabajo, fundamentadas en los conocimientos disponibles, como una tentativa de resolución que orienta el tratamiento de los problemas.
- Cuestionar el mito de que los conocimientos pueden ser el resultado de la inferencia inductiva, a partir de unos datos puros, sin tener en cuenta que todo el proceso de su construcción viene marcado por el cuerpo de conocimientos (teoría) que orienta la investigación.
- Señalar la importancia de la tecnología en la construcción del conocimiento científico, en particular en la elaboración de diseños experimentales.

- Poner de manifiesto que los problemas en las investigaciones científicas no vienen dados, sino que constituyen inicialmente *situaciones problemáticas* confusas por lo que es necesario formularlos de manera precisa modelizando la situación, simplificándolos tomando las decisiones que se requieran para poder abordarlos, etc.
- Mostrar la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, la convergencia con otros estudios, las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos, etc.
- Favorecer una reflexión (por ejemplo, mediante preguntas al visitante) acerca de la investigación, que tenga en cuenta las ideas que se poseen en torno a estos temas o las teorías anteriores, etc.
- ...

4.1.4. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN RÍGIDA (ALGORÍTMICA, “EXACTA”, “INFALIBLE”...)

Hablamos de visión rígida cuando se presenta el "Método Científico" como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente, en las que las “observaciones y experimentos” juegan un papel destacados, contribuyendo a la “objetividad” y “exactitud” de los resultados obtenidos.

Se resalta lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...

Como formas de cuestionar esta distorsión podemos mencionar:

- Mostrar que no se razona en términos de certezas sino en términos de hipótesis, como tentativas de respuesta que deben ser sometidas a prueba. Son, pues, las hipótesis las que orientan la búsqueda de datos.
- Indicar que este carácter tentativo se traduce en cuestionamientos, dudas, replanteamientos, búsqueda de nuevos caminos en la investigación... y que todo ello contribuye a mostrar la riqueza, la aventura abierta y creativa, del trabajo científico.
- Destacar la creatividad del trabajo científico, mostrando el papel jugado por el pensamiento divergente: invención de hipótesis, de modelos, **elaboración de estrategias** (en plural) y diseños experimentales.

- Plantear el **análisis detenido de los resultados** (su interpretación, fiabilidad, etc.), a la luz del cuerpo de conocimientos disponible, de las hipótesis manejadas y/o de los resultados de otros autores.
- Explicitar alguna reflexión sobre posibles conflictos entre algunos resultados y las concepciones iniciales, haciendo ver los replanteamientos, reformulaciones, ... a lo largo del proceso.
- ...

4.1.5. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN APROBLEMÁTICA Y AHISTÓRICA (ERGO DOGMÁTICA Y CERRADA)

Se incurre en esta visión empobrecedora cuando se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, que se pretendía resolver, cuál ha sido su evolución, las dificultades encontradas, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas.

Se puede salir al paso de esta distorsión recurriendo a:

- Presentar las **situaciones problemáticas abiertas** que estuvieron en el origen de la investigación, vinculadas a necesidades humanas, a la búsqueda de solución a problemas tecnológicos, a determinados intereses políticos, económicos, sociales, medioambientales, etc., con el fin de evitar que los conocimientos aparezcan como construcciones arbitrarias.
- Formular preguntas sobre lo que se investiga que ayudan a comprender y a acotar las situaciones planteadas (a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema).
- Mostrar la evolución del proceso de trabajo, las dificultades de dicho proceso,...
- Hacer explícitas las limitaciones del conocimiento científico, los nuevos problemas que quedan abiertos, el carácter **no** dogmático de los conocimientos que se muestran sujetos a cambios.
- ...

4.1.6. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN EXCLUSIVAMENTE ANALÍTICA

Esta concepción resalta la necesaria parcelación inicial de los estudios, su carácter acotado, simplificadorio, pero olvida los esfuerzos posteriores de síntesis, de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, o el tratamiento de problemas "puente" entre distintos cuerpos de conocimiento que pueden llegar a unirse, etc.

Puede combatirse recurriendo, entre otros, a:

- Destacar la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos.
- Favorecer la reflexión del visitante en torno a la relación entre conocimientos diversos mediante, por ejemplo, la elaboración de síntesis, mapas conceptuales, etc.
- Mostrar las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos, etc.
- Poner de manifiesto las dificultades de determinados procesos de unificación que, a lo largo de la historia de la ciencia, tuvieron que enfrentarse con fuertes resistencias ideológicas e incluso persecuciones y condenas.
- Señalar la conquista que supone una visión global, unitaria de campos que se creía inconexos, estableciendo lazos entre ellos, por sus grandes repercusiones en todos los ámbitos y la posibilidad de aplicaciones que han revolucionado la forma de vida de nuestras sociedades.
- ...

4.1.7. CUESTIONAMIENTO DE LA VISIÓN ACUMULATIVA, DE CRECIMIENTO LINEAL

Se incurre en una visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos científicos cuando los conocimientos aparecen como fruto de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, los enfrentamientos entre diferentes teorías, las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahormar por ningún modelo definido de cambio científico.

Se ignora en particular, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario, haciendo aparecer la ciencia como fruto del sentido común.

Puede cuestionarse recurriendo a:

- Hacer ver al visitante la complejidad de la construcción de conocimientos científicos mostrando la existencia de crisis de las ideas de las que se disponen, así como las dificultades de todo tipo para superarlas.
- Mostrar replanteamientos teóricos, la reelaboración de nuevos modelos,... que en ocasiones reflejan cambios revolucionarios, rupturas de paradigmas en la ciencia.
- Permitir al visitante contrastar, comparar las ideas científicas de épocas anteriores con las actuales.
- ...

Tras esta revisión de cómo se puede incidir en las distintas deformaciones y, sobre todo, salir al paso de las mismas, resumiremos los criterios adoptados para la recogida de la información.

4.2 CRITERIOS ADOPTADOS PARA LA RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Aunque ya hemos indicado alguno, recapitularemos aquí el conjunto de los criterios básicos adoptados para analizar la imagen que los museos transmiten de la ciencia y la tecnología o, más precisamente, para ver en qué medida incurren o salen al paso de las deformaciones que obstaculizan una correcta comprensión de la actividad científico tecnológica.

Dichos criterios, como hemos advertido anteriormente, han sido los más desfavorables para nuestra hipótesis:

- Hemos considerado que un museo de ciencias sale al paso de una deformación si incluye algún elemento, por mínimo o indirecto que resulte -bien en las salas del museo, en alguno de los monitores que proporcionan información complementaria, en su página web, etc.- que pueda interpretarse como cuestionamiento de dicha deformación (como los mostrados en el apartado 4.1). Se trata de un criterio extraordinariamente 'benévolo' acerca de lo que supone cuestionar una deformación y, por tanto, especialmente riguroso para la verificación de nuestra primera hipótesis.

- El análisis no se ha limitado a señalar la incidencia o no de una visión 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 discrepancias aparecidas han sido revisadas y, en última instancia, se ha optado por la interpretación más desfavorable para la primera hipótesis.
- Para la recogida de la información hemos diseñado la red de análisis que se presenta en el **cuadro 4.1**, y que constituye una evolución de la utilizada en el estudio de las visiones deformadas de los docentes (Fernández, 2000; Fernández et al., 2002). Como puede constatarse, hemos dividido alguna de las deformaciones en dos elementos (por ejemplo, visión individualista y visión elitista) para determinar con más precisión la deformación en la que se incurre o que se cuestiona.

Queremos insistir de nuevo en el hecho de que observar cuidadosamente el contenido de cada museo, anotando las informaciones pertinentes precisa, indiscutiblemente, mucho tiempo de estancia en cada museo y tiene, asimismo, el inconveniente de obligar a unas transcripciones resumidas que pueden no insistir en el detalle aunque globalmente reflejan o cuestionan los mismos reduccionismos. La rápida extensión de las cámaras digitales nos permitió simplificar el trabajo de recogida de información y hacerlo más cómodo y fiable, puesto que pasamos a fotografiar toda la información y a proceder posteriormente a su transcripción (a la que se puede añadir el contenido de las páginas web) y a un análisis sin premuras de tiempo ni peligro de empobrecimiento del contenido. Esto permitió una búsqueda más eficiente y minuciosa de las informaciones presentadas en cada módulo, puesto que la información grabada se puede revisar cuantas veces convenga y distintos investigadores pueden analizar los datos pertinentes.

Cuadro 4.1. Análisis de la imagen de la ciencia y la tecnología transmitida por los museos y exposiciones de ciencias

Museo o exposición analizado:

Análisis realizado por:

Fecha:

VISIÓN	SALE AL PASO (Describir cómo en cada caso)	INCIDE (Describir cómo en cada caso)	IGNORA (Incide por omisión)
A1. <i>Descontextualizada,</i> socialmente neutra, ignora las relaciones CTSA			
A2. y olvida o minusvalora la tecnología			
B1. <i>Individualista</i> Ignora el papel del trabajo colectivo			
B2. <i>Elitista</i> Supuesta obra de genios aislados			
C1. <i>Empiro-inductivista</i> Ignora el papel esencial de las hipótesis			
C2. <i>Ateórica</i> Ignora el cuerpo de conocimientos			
D. <i>Rígida, algorítmica,</i> <i>Infalible</i> <i>Olvida el carácter tentativo de la ciencia, el papel del pensamiento divergente</i>			
E1. <i>Aproblemática</i> <i>Ergo dogmática y cerrada</i>			
E2. <i>Ahistórica</i>			
F. <i>Exclusivamente Analítica</i> <i>Olvida los procesos de unificación</i>			
G. <i>Visión acumulativa, de crecimiento lineal</i> <i>Ignora las crisis, las remodelaciones profundas</i>			

A continuación mostramos un ejemplo de un texto fotografiado y cómo procederemos a transcribirlo y analizarlo. Como se apreciará en este ejemplo, el análisis de resultados se realizará incorporando a la transcripción o resumen del contenido analizado, la indicación de los aspectos de la red de análisis (ver **cuadro 4.1**) a los que se hace referencia en cada sala o módulo del museo donde aparezcan. Utilizaremos las letras que identifican cada visión deformada (A1, descontextualizada; A2, olvido de la tecnología; B1, individualista; B2, elitista; C1, empiro-inductivista; C2, atórica; D, rígida, algorítmica; E1, aproblemática; E2, ahistórica; F, exclusivamente analítica; G, acumulativa) y las siguientes siglas para indicar si se sale al paso de la visión, si se incide en ella o si se ignora (es decir, si se ha desaprovechado la ocasión de combatir alguna deformación):

- **SP** para indicar que se Sale al Paso
- **I** para señalar que se Incide
- **OD** para expresar una Ocasión Desaprovechada

Presentaremos seguidamente un ejemplo de cómo hemos procedido, desde la toma de la foto digital a su transcripción y análisis. (Se trata de un panel fotografiado en el Museo de Ciencia y Tecnología de Madrid).

Fotografía digital



Trascripción y análisis

“Equilibrios, ingenios y fuerzas”

“La Revolución científica plantea un nuevo método basado en la descripción de los fenómenos naturales a través del desplazamiento de los cuerpos en el espacio y en el tiempo, por lo que la mecánica se convierte en su máximo exponente. A partir del s. XVI, la mecánica heredada de la Antigüedad es formulada de nuevo en lenguaje matemático. En 1687 Newton escribe los Principia Mathematica, y junto con anteriores aportaciones de ilustres personajes, como Galileo, elabora una nueva mecánica (G, SP) (A1, OD) (C2, SP) (B1, SP) (B2, I).

El triunfo de la matematización aumenta el interés por la medida y la experimentación. Se construyen instrumentos que permitan observar y verificar las leyes establecidas. También instrumentos clásicos como la espiral de Arquímedes son estudiados y reformulados con el nuevo lenguaje matemático. Todos estos instrumentos presentados son la materialización en madera y metal de las leyes mecánicas conocidas, estudiadas en los gabinetes científicos y centros de formación, fundamentalmente durante los ss. XVIII y XIX (C1, OD) (A2, SP) (E2, SP).

Del equilibrio y movimiento de los cuerpos se ocupan la mecánica (sólidos), la neumática (gases) y la hidráulica (líquidos). El estudio de estas dos últimas se suele denominar mecánica de fluidos. Los experimentos en mecánica permiten la comprensión de cómo se producen ciertos fenómenos y de los principios físicos a los que obedecen, facilitando así el desarrollo de conceptos más complejos” (F, SP) (C2, SP) (A1, OD).

Justificación del análisis realizado

Nos referiremos, a título de ejemplo, a los dos primeros párrafos:

Basta la mera referencia a la “Revolución científica” para que consideremos que se sale al paso (SP) de la visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos (G).

El párrafo “plantea un nuevo método basado en la descripción de los fenómenos naturales a través del desplazamiento de los cuerpos en el espacio y en el tiempo, por lo que la mecánica se convierte en su máximo exponente” desaprovecha una ocasión

(OD) muy clara de referirse a la relevancia práctica de la nueva mecánica, evitando tratamientos descontextualizados (A1).

En el párrafo “*En 1687 Newton escribe los Principia Mathematica, y junto con anteriores aportaciones de ilustres personajes, como Galileo, elabora una nueva mecánica*”, la referencia a los Principia nos lleva a aceptar que se sale al paso (SP) de la visión ateórica (C2), y que se hable de Newton “*junto a...*” lo interpretamos como el cuestionamiento (SP) de la visión individualista (B1). No podemos menos, por otra parte, que reconocer que la expresión “*ilustres personajes*” denota una clara alusión al hecho de que los científicos son “genios”, incidiendo (I) en una visión elitista (B2).

Como puede apreciarse, hemos intentado aprovechar todas las ocasiones en que parece que se cuestiona alguna visión deformada (aunque para ello sea preciso forzar algo la lectura) y hemos evitado señalar que un texto “incide” en una deformación, a menos que ello esté muy claro. De esta forma se aplican sistemáticamente criterios contrarios a la hipótesis, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos.

Debemos insistir también que existen visiones deformadas cuya incidencia directa no las podemos prever. Así las visiones descontextualizada (A1) y (A2), aporética (E1), ahistórica (E2) y analítica (F) no contemplamos su incidencia en los análisis puesto que son visiones reconocidas socialmente por omisión, es decir, son aceptadas porque no se suelen explicitar. De este modo la sociedad “ignora” la relación biyectiva ciencia-tecnología, la concordancia entre diferentes campos de la ciencia, la dimensión histórica de ésta o algo tan simple como que toda investigación científica trata de resolver una situación problemática e incluso genera perspectivas abiertas. Por tanto esperamos en los museos de ciencia encontrarnos con esta tendencia de carácter social y no apreciar más que unos pocos cuestionamientos (sin incidencias) de estas visiones en todo el museo, hecho que explicaría el desinterés por salir al paso de dichas concepciones. Entenderíamos que se incurre por omisión.

Por otra parte, también debemos insistir en que las ocasiones desperdiciadas (OD) son situaciones donde de una forma no forzada se podría salir al paso de las visiones deformadas y no hacen más que mostrar el potencial que pueden tener los museos para enseñar una visión correcta de la tecnociencia aunque también nos indica el escaso interés por conseguirlo.

Queda expuesto así el diseño utilizado para someter a prueba la primera hipótesis. Como puede apreciarse se trata de un diseño semicuantitativo donde el análisis del contenido de veinte museos y el recuento de datos será una tarea importante, pero no podemos obviar otros factores que consideramos determinantes, como la extensión del museo, su estructura e incluso su temática. Deberemos pues tener en cuenta estas consideraciones en las conclusiones finales.

Pasaremos seguidamente a mostrar, en el capítulo 5, los resultados obtenidos del análisis de los museos de ciencia y tecnología visitados hasta el momento.

Referencias Bibliográficas en este Capítulo 4

ALIAGA, F. (2000). Validez de la Investigación causal. Tipologías y evolución. *Bordón* 52 (3), 301-321. (Accesible en <http://www.uv.es/~aliaga/curriculum/Validez.htm>. Acceso el 10 de febrero de 2013).

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.

FERNÁNDEZ, I., GIL, 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.

SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL, D. (2008). Los museos de ciencias como instrumentos de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102. (ISSN: 0214-4379).

SERRAMONA, J. (1980). *Investigación y estadística aplicada a la educación*. Barcelona: CEAC.

CAPÍTULO 5

**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS
DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

En el capítulo anterior hemos descrito con detalle el diseño experimental y los criterios aplicados en el análisis de diferentes museos de ciencia y tecnología con el fin de poder poner a prueba nuestra primera hipótesis de trabajo, que recordamos es:

“Los museos actuales de ciencia y tecnología presentan visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y la actividad científico-tecnológica”

Más concretamente, dicha hipótesis afirma que estos museos, en general, van a incidir, por acción u omisión, en el mismo conjunto de deformaciones transmitidas por la educación formal (Fernández et al., 2002) que resumimos seguidamente:

- *Visión descontextualizada*: ignora las relaciones CTSA y olvida o minusvalora la tecnología.
- *Visión individualista y elitista*: ignora el papel del trabajo colectivo y atribuye el conocimiento científico a los hallazgos de genios aislados.
- *Visión empiro-inductivista y atórica*: resalta la observación e ignora el papel de las hipótesis y del cuerpo de conocimientos.
- *Visión rígida, algorítmica, infalible*: no reconoce el carácter *tentativo* de la ciencia.
- *Visión aproblemática y ahistórica*: ignora los problemas que originan los procesos de investigación y la evolución histórica de los conocimientos.
- *Visión exclusivamente analítica*: ignora los procesos de unificación.
- *Visión acumulativa, de crecimiento lineal*: ignora las crisis, las remodelaciones profundas.

Para comenzar a someter a prueba esta primera hipótesis, hemos utilizado la red de análisis (**cuadro 4.1**) y los criterios expuestos en el capítulo anterior y analizado hasta aquí veinte museos - trece españoles, seis de otros países y una exposición- que se relacionan a continuación:

Museos españoles:

1. Museo Cosmocaixa. **Barcelona**
2. Museo las ciencias de Castilla-La Mancha. **Cuenca**
3. Parque de las Ciencias. **Granada**
4. La casa de las ciencias. **La Coruña**
5. Casa del Hombre (Domus). **La Coruña**
6. Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT). **Madrid**
7. Museo Cosmocaixa. **Madrid**
8. Museo Interactivo de Ciencia de Málaga. **Málaga**
9. Museo de la ciencia y el Agua. **Murcia**
10. Museo Kutxaespacio de la Ciencia. **San Sebastián**
11. Museo de la ciencia y la técnica de Cataluña (mNACTEC). **Terrassa**
12. Museo Príncipe Felipe. **Valencia**
13. Exposición Darwin. **Valencia**
14. Museo de la Ciencia. **Valladolid**

Museos de otros países:

15. Museo Maloka. Bogotá
16. Museo provincial de Ciencias Naturales Presidente Dr Arturo Illía. **Córdoba (Argentina)**
17. Museo de las Ciencias Naturales de La Habana. **La Habana**
18. Science Museum of London. **Londres**
19. Arts et Métiers. **París**
20. Science Museum of Tokio (**Tokio**)

Debido a la extensión de estos análisis, en este capítulo presentaremos únicamente los análisis detallados de dos de los museos visitados y las tendencias generales que pueden extraerse del conjunto de los mismos. La totalidad de los análisis realizados, en todo su extensión y detalle, se recogerán en los anexos adjuntados a este trabajo de investigación, los cuales se presentarán en formato CD.

Todos estos anexos constituyen un material fundamental que pretende detectar tendencias que apoyen significativamente la primera hipótesis, pero consideramos que también nos servirán como punto de partida para corroborar la segunda hipótesis de nuestro trabajo, e incluso pueden constituir una base para futuras investigaciones.

De acuerdo con ello, el contenido de este capítulo de resultados contiene los dos siguientes apartados:

- *Ejemplos de análisis realizados en museos de ciencia y tecnología*
- *Resultados globales obtenidos en los análisis del conjunto de museos visitados*

5.1. EJEMPLOS DE ANÁLISIS REALIZADOS EN MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En este apartado vamos a exponer los análisis realizados al **Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid** y al **Museo Interactivo de Ciencia de Málaga**, como ejemplo del procedimiento seguido para realizar esta investigación y, en particular, de cómo hemos aplicado los criterios de análisis.

La elección de los museos pretende reflejar la diversidad encontrada en lo referente al contenido expositivo, siendo el **Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid** uno de los museos en que hemos encontrado una mejor presentación de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, mientras que el **Museo Interactivo de Ciencia de Málaga** se expone como ejemplo más estándar, de escasa contribución a la superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología.

Como ya explicamos ampliamente en el capítulo anterior, el análisis de un museo se realizará identificando, en la transcripción de textos y paneles del museo, las diferentes visiones deformadas utilizando las letras que identifican cada una de ellas (A1, descontextualizada; A2, olvido de la tecnología; B1, individualista; B2, elitista; C1, empiro-inductivista; C2, ateórica; D, rígida, algorítmica; E1, Aproblemática; E2, ahistórica; F, exclusivamente analítica; G, acumulativa), añadiendo las siguientes siglas

para indicar si se sale al paso de la visión, si se incide en ella o se ha desaprovechado la ocasión de combatir alguna deformación:

- **SP** para indicar que se Sale al Paso
- **I** para señalar que se Incide
- **OD** para expresar una Ocasión Desaprovechada (por lo que puede decirse que se incide por omisión).

Al final de cada análisis se adjuntan, a modo de resumen, dos cuadros, donde se recogen los resultados globales encontrados en ese museo. Concretamente, se mostrará un primer cuadro de análisis correspondiente al detalle del estudio en torno a una de las visiones, donde se indicará el número de ocasiones en que se aluda a la misma para cada uno de los paneles o salas. De este modo, se señalará el nombre del panel o sala junto a un número que refleje el número de ocasiones en que se cuestione o incida (por acción u omisión) dicha visión.

Además, se aportará un segundo cuadro de análisis, extendido a todas las visiones de la ciencia y la tecnología estudiadas, donde se recopilará únicamente el número total de ocasiones en que sale al paso, incide o bien exprese una ocasión desaprovechada en la transmisión de una visión.

Recordamos una vez más que consideraremos que un museo sale al paso de una visión deformada si incluye algún elemento por mínimo o indirecto que resulte. De esta forma el análisis se realiza con criterios desfavorables para la hipótesis que orienta la investigación, dando mayor fiabilidad a los resultados que puedan apoyarla.

A continuación, mostramos el análisis detallado del **Museo Interactivo de Ciencia de Málaga** que, como ya hemos señalado, constituye un ejemplo más estándar de museo por lo que se refiere a la imagen que proporciona de la ciencia y la tecnología.

5.1.1. ANÁLISIS DEL MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIA DE MÁLAGA (Visita realizada en Julio de 2006)

El centro de Ciencia “**Principia**” está organizado en torno a tres grandes espacios:

- **SALA TOMÁS HORMIGO:** donde hay más de sesenta módulos interactivos con los que se pretende explicar el fundamento de muchos fenómenos que se producen en la naturaleza. Además, existen monitores que acompañan a los visitantes en la

visita atendiendo todas las preguntas que surjan. Se diferencian las siguientes secciones:

1. Astronomía
 2. Biología
 3. Electricidad y Magnetismo
 4. Matemáticas
 5. Mecánica
 6. Ondas
 7. Percepción
 8. Química
- SALA FARADAY, donde se realizan experimentos en vivo de electrostática, mecánica, óptica, química...
 - PLANETARIO, donde hay más de mil doscientas estrellas de las constelaciones que se ven en nuestro cielo o en el del hemisferio sur, ya que se pueden reproducir los cielos de cualquier parte del mundo y en cualquier época del año.

A continuación vamos a pasar a analizar las distintas salas del museo, destacando aquellos aspectos que puedan ser de interés para nuestra investigación.

5.1.1.1. Análisis de la sala Tomás Hormigo

Cada una de las secciones mencionadas anteriormente presenta una serie de módulos interactivos que representan diversos fenómenos observados en la naturaleza.

En la sección dedicada a la “**Percepción**” encontramos los siguientes paneles:

“Observa que en este disco están los colores del arco iris. Pulsa el botón para hacerlo girar. ¿De qué color es ahora?” (C1, I).

Podemos observar cómo una experiencia de este tipo transmite (I) una visión empirista (C1) ya que el conocimiento surge de la observación y experimentación neutras. Además consideramos que se podría plantear una situación problemática inicial que podría hacer reflexionar alguna hipótesis que orientara el proceso experimental.

Por otro lado, la formulación al visitante de la cuestión, “¿De qué color es ahora?”, no se puede considerar que salga al paso del reduccionismo aproblemático, ya que únicamente incide en la importancia de la observación.

Un segundo panel explicita:

“Observa el disco de Benham, cuyos colores son sólo el blanco y el negro. Ahora pulsa el botón y verás que, al girar el disco, aparecen colores donde antes no los había” (C1, I).

La incidencia (I) en la visión empirista (C1) se evidencia al proponer una observación y experimentación neutras.

En el tercer panel expuesto en esta sección se explicita:

“Acciona el pulsador, observa la espiral en movimiento durante 15 segundos, levanta la vista y mira a cualquier dibujo del cartel (puntos o la mano) ¿qué sucede? Repite la experiencia observando tu propia mano” (C1, I).

Consideramos que se transmite (I), una vez más, un reduccionismo empirista (C1), puesto que resalta el papel de la observación y experimentación neutras en la obtención del conocimiento científico-tecnológico. En este sentido, la explicitación de la situación problemática inicial contribuiría a favorecer una reflexión en torno a ella, que debería abocar en la formulación de hipótesis fundamentadas.

De nuevo mostramos que la cuestión formulada no implica consideraciones para salir al paso de la visión aproblemática, puesto que únicamente remarca la acción de la observación.

En el panel dedicado a las “**Ilusiones Ópticas**” se muestran diversas láminas en las que el visitante puede experimentar diferentes efectos ópticos (C1, I).

De nuevo en este módulo se evidencia una incursión (I) en la visión empirista (C1), por mostrar la experimentación neutra como origen del conocimiento científico-tecnológico.

En esta sección existen más paneles pero son todos del mismo tipo, por lo que en cada uno llegaríamos a las mismas conclusiones que hemos expuesto, por lo que contribuyen a una visión empobrecida de la actividad científica.

En la sección dedicada a la **“Mecánica”** se repite la tónica de la anterior sección y, realmente, esto va a ocurrir en cada una de las secciones de esta sala. Por mostrar algún ejemplo, en esta sección, en concreto, podemos leer:

“Pulsa el interruptor para producir un chorro de aire entre las bolas. Cualquiera podría esperar que el chorro apartara las bolas alejándolas entre sí, sin embargo podrás comprobar que ocurre todo lo contrario” (**C1, I**).

Como ya se ha apreciado en los otros paneles analizados, la propuesta de una experimentación neutra del marco teórico que le confieren las hipótesis incide (I) en un simplismo empirista (**C1**).

En este análisis no vamos a incluir lo que ocurre en el resto de secciones de esta parte del museo, ya que lo que hemos analizado hasta el momento refleja lo mismo que encontraríamos en el resto de secciones.

En el museo encontramos dos paneles interesantes dedicados a personajes científicos.

En un primer panel, titulado **“Científicos olvidados: 700 a.C. – 700 d.C.”** podemos leer:

“Anaximandro (811-847 a.C.): empleó por primera vez en Grecia el reloj de sol. Demostró que el cielo giraba alrededor de la estrella polar y comprendió que la superficie terrestre tenía que ser curva. Según él, un elemento básico del universo era el ‘apeirón’ que significa infinito” (**B1, I**) (**C2, OD**) (**A2, SP**) (**D, SP**).

Como podemos ver, transmite (I) una visión individualista (**B1**) donde las investigaciones aparecen como obra de un sólo individuo.

Entendemos que se ha desaprovechado (OD) una ocasión para salir al paso de la visión atórica (**C2**) ya que no nos trasmite que las aportaciones científicas se orienten en teorías existentes de la época y parece que se parta de cero.

Además pensamos que se muestra (SP) la importancia de una tecnología (A2), aunque rudimentaria, referenciada en la utilización de un reloj de sol.

Finalmente, la consideración “según él...” (refiriéndose a Anaximandro) deja traslucir la existencia de un pensamiento divergente puesto que implica que otros autores no compartían esa opinión. En este sentido, consideramos que sale al paso (SP) de la visión rígida (D) de acuerdo con un criterio muy benévolo, como venimos haciendo en el análisis de los museos.

“Filolao (480-423 a.C.): pertenecía a la escuela pitagórica. Creía que la Tierra no era el centro del universo, y que giraba a través del espacio en torno a un fuego central que era el reflejo del sol” (B1, SP) (C2, OD) (G, OD) (E2, OD).

En este caso se aprecia que sale al paso (SP) de la visión individualista (B1), puesto que hace referencia al trabajo colectivo al hablar de “escuela pitagórica”. Por otro lado, consideramos que resultaría conveniente (OD) considerar el cuerpo de conocimientos de ese momento (C2). Consideramos también que ha sido una ocasión perdida (OD) para salir al paso de la visión acumulativa, de crecimiento lineal (G) ya que, de sobra es conocido, la cantidad de crisis y sustituciones de paradigmas que supuso el estudio de la posición de la Tierra en el universo, donde muchas veces la ciencia tenía que convivir con la religión. En este sentido consideramos que también se ha desaprovechado (OD) una ocasión para mostrar la evolución histórica (E2) en torno a esta temática.

“Epicuro (342-270 a.C.): Fundó en Atenas una escuela muy popular que se denominó epicureísmo. Admitía por primera vez mujeres y preconizaba el placer como el don humano más importante. Admitía la explicación mecanicista de Demócrito y de que la materia estaba compuesta por...” (B1, I) (B2, SP) (C2, SP).

Consideramos que la referencia al trabajo de Epicuro aislado de cualquier aportación incide (I) en la visión individualista (B1).

Destacamos que parece anunciar la existencia de mujeres dedicadas a la ciencia, evitando una discriminación sexual que cuestiona (SP) la visión elitista (B2). Del mismo modo, opinamos que sale al paso (SP) de la visión atórica (C2), ya que se parte del conocimiento contemplado en teorías anteriores.

“Aristarco (320-250 a.C.): fue la primera persona que se conoce que mantuvo que todos los planetas incluido la Tierra giraban en torno al sol, ya que siendo éste unas 7 veces mayor que la Tierra, era lógico que el cuerpo pequeño girase alrededor del

grande. Calculó, aunque erróneamente, las distancias a la Luna” (B1, I) (C2, OD) (D, SP) (G, OD).

Se aprecia una incursión (I) en la visión individualista (B1) puesto que no se explicita ninguna aportación a las consideraciones de Aristarco de Samos.

En la referencia a “*calculó...*” consideramos que se ha desaprovechado una ocasión (OD) para mostrar una atención al marco teórico (C2) en estas predicciones.

Por otro lado, destacamos que es posible que salga al paso (SP) de una visión rígida (D) ya que contempla el “*error*” como parte de una investigación. También pensamos que este panel podría aprovecharse más (OD) para destacar las crisis y remodelaciones (G) que tuvieron lugar en este campo de la ciencia.

“Eratóstenes (276- 196 a.C.): Era historiador y astrónomo, alumno de Arquímedes. Fue el encargado de la biblioteca de Alejandría. Determinó una serie de números primos (...) y calculó de forma asombrosa la longitud de la esfera terrestre, obteniendo un valor de 40.000 kms” (B1, I) (B2, I) (C2, OD).

Intuimos (I) una visión elitista (B2) ya que menciona que era alumno de Arquímedes como algo digno de categoría especial y literalmente encontramos “*calculó de forma asombrosa...*”. Del mismo modo, no se aprecia ninguna contribución a las aportaciones de Eratóstenes, motivo por el cual precisamos su incidencia (I) en el reduccionismo individualista (B1).

Al igual que en el panel anterior, las alusiones a “*determinó*” y “*calculó*” precisan una clarificación (OD) del referente teórico (C2) considerado.

“Lucrecio (98-55 a.C.): Seguidor convencido de Epicuro, sostuvo que todo estaba compuesto por átomos (igual defendía Demócrito). Fue uno de los mejores transmisores de ciencia de la antigüedad” (B1, I) (B2, I) (C2, SP).

De nuevo aparece referenciada la contribución individual, incidiendo (I) en la visión individualista (B1). En este mismo sentido, se otorga prestigio a los integrantes de estas escuelas y del mismo modo a sus aportaciones al campo de la ciencia, lo que nos lleva a evidenciar (I) el elitismo (B2) que denotan estas referencias.

Por otro lado, se aprecia una concepción desarrollada en base a consideraciones teóricas existentes en la afirmación “*...estaba compuesto por átomos (igual defendía*

Demócrito)...” por lo que manifestamos que sale al paso (SP) del reduccionismo ateuórico (C2).

En el segundo panel se referencian también “**Científicos Destacables**”, entre los que... ¡aparecen mujeres!

“Harvey (1578-1657): Médico inglés que aplicó la doctrina de Galileo a la fisiología y a la medicina. Por medio de disecciones se dio cuenta de que las válvulas que separan las regiones superiores del corazón con las dos inferiores sólo funcionaban en una dirección (...). Al propio tiempo la sangre se movía en circuito cerrado, o sea, que circulaba” (B1, I) (C2, SP) (E, SP).

Se aprecia una incidencia (I) en la visión individualista (B1) por mostrar las investigaciones como obra de un solo individuo.

Pensamos que sale al paso (SP) de la visión ateuórica (C2) ya que se apoya en teorías anteriores de Galileo. Al mismo tiempo opinamos que señala (SP) las posibles conexiones entre diferentes campos científicos (E), tras reseñar “*aplicó la doctrina de Galileo a la fisiología y a la medicina*”.

“Sophie Germain (1776-1831): Nace en París y es una de las primeras mujeres matemáticas. Su ídolo fue siempre Arquímedes. Conoció a Gauss y Galois y fue alumna de Lagrange, teniendo que utilizar un seudónimo para lograr formar parte de sus alumnos” (B2, I) (B2, SP).

La aportación de Sophie Germain a la ciencia permite cuestionar (SP) la visión elitista (B2) desde el punto de vista de una no discriminación por motivos sexuales. Al mismo tiempo, se incide (I) en este reduccionismo (B2) al “*idolatrar*” a la figura de Arquímedes.

“Sofía Kovalskaya (1850-1891): (...) Estudió con Kirchhof y Helmholtz y tuvo el honor de ser alumna de Weierstrass, a pesar de los esfuerzos de éste por librarse de ella. Fue novia de Alfred Nobel pero se casó finalmente con el catedrático sueco Kovalsky, por lo que Nobel, dolido, no quiso dotar uno de los premios de su fundación al área de las matemáticas por temor a que ella fuera la elegida” (B2, I) (B2, SP).

En el panel se muestra que Sofía Kovalskaya era buena matemática. Ello permite cuestionar (SP) la visión elitista (B2) puesto que no manifiesta una actitud discriminante

de la figura femenina dentro de la actividad científico-tecnológica. Sin embargo, en la alusión a que “*tuvo el honor de ser alumna de Weierstrass...*”, se manifiesta (I) una actitud elitista (B2).

“Lise Meitner (1878-1968): Física austríaca que trabajó en Berlín con Otto Hahn, y que descubrió e interpretó correctamente el fenómeno de la fisión nuclear que ambos habían estudiado. Sin embargo sólo él fue recompensado con el premio Nobel de Física” (B2, SP) (C2, I) (B1, SP) (D, I).

Al mostrar que “*trabajó con...*” se evidencia que sale al paso (SP) de la visión individualista (B1) por mostrar el trabajo colectivo dentro de la actividad tecnocientífica.

Por otra parte, la consideración del trabajo científico femenino en el panel cuestiona (SP) la visión elitista (B2) desde la no discriminación sexual, del mismo modo que se denuncia en el texto que en su momento no se consideró la aportación de Lise Meitner por exponer que se le otorgó el premio Nobel únicamente a Otto Hahn.

Se destaca también que incide (I) en la visión ateórica (C2), puesto que manifiesta que “*descubrió e interpretó el fenómeno de la fisión nuclear...*”, mostrando que los conocimientos se extraen al margen de paradigmas teóricos.

Finalmente, la reseña a que la interpretación del fenómeno se realizó de forma “*correcta*” podría conllevar la manifestación de un carácter infalible de la ciencia, motivo por el cual exponemos su incidencia (I) en la visión rígida (D).

5.1.1.2. Análisis de la sala Faraday

Tal y como explica la página web del museo “*En la sala Faraday se realizan experimentos con la participación del público. Las sesiones tienen una duración de unos cuarenta minutos y en ellas se realizan experiencias de electricidad, presión atmosférica, sonido, óptica, química y mecánica.*

Se pueden solicitar sesiones monográficas de alguno de los temas o una sesión general en la que se realizan una selección de experimentos de cada uno de los apartados”.

Aunque no hemos apreciado nada destacable en cuanto a alusiones directas a las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología, sí podría señalarse la importancia dada, exclusivamente a la “*realización de experimentos*”, olvidando toda una serie de

aspectos básicos al no señalar la posibilidad de llevarlos a cabo tras mostrar el interés de lo que se plantea, a qué pregunta se trata de responder, la importancia de las hipótesis, de lo que se puede esperar que pase en esas condiciones, de las aplicaciones y repercusiones en general de dicha experiencia, etc., aspectos que contribuirían a que los visitantes adquieran una visión más rica y próxima a lo que constituye la actividad científica y tecnológica (**C1, OD**) (**E1, OD**).

Por este motivo consideramos que se ha desaprovechado una ocasión (OD) para salir al paso de los reduccionismos empirista (**C1**) y aproblemático (**E1**).

5.1.1.3. Análisis del Planetario

En la página web encontramos la siguiente información acerca del planetario:

“Situado en la terraza del Centro de Ciencia Principia, consta de una cúpula móvil de 3’5 m de diámetro. En ella se realizan, a resguardo de las inclemencias, observaciones de los cuerpos celestes más destacados. Está preparado para poder transmitir hasta la sala Faraday las imágenes obtenidas por el telescopio, mediante una cámara CCD que las proyecta en la pantalla de la sala. Todos los meses se realizan observaciones astronómicas desde la terraza” (**E2, OD**) (**G, OD**).

De nuevo no apreciamos referencias directas a ninguna de las visiones que conforman nuestra red de análisis, sin embargo consideramos que, por señalar que se realizan observaciones astronómicas, podría constituir una ocasión ideal (OD) para mostrar la evolución histórica (**E2**) de determinadas concepciones dentro de esta disciplina, así como también aludir a la existencia de conflictos entre diferentes paradigmas (**G**).

5.1.2. RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DEL MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIA DE MÁLAGA

Una vez mostrado el análisis detallado del museo, expondremos los resultados globales obtenidos. Con el fin de facilitar la visualización de los datos globales, presentaremos dos cuadros, **5.1** y **5.2**; el primero muestra, a título de ejemplo, cómo hemos ido contabilizando las referencias a la visión ateórica, señalando las distintas secciones en donde aparecen (lo que permite verificar los resultados obtenidos). El segundo muestra el resultado global de las referencias a las distintas visiones deformadas, lo que nos permitirá comentar mejor las tendencias encontradas.

Para la elaboración de los cuadros se ha de considerar que el análisis se ha realizado de acuerdo con las siguientes premisas:

- Las transcripciones se han realizado respetando los párrafos marcados en los paneles, de tal forma que se pueda realizar el análisis de las visiones para cada párrafo.
- Al final de cada párrafo aparece una identificación de las visiones detectadas, acompañadas del tipo de referencia encontrada, es decir, detallando si sale al paso (SP), si incide (I), o bien si incide por omisión (OD).
- En caso de mostrar, dentro de un mismo párrafo o en párrafos consecutivos dentro de un mismo panel, la misma referencia con respecto a una visión, es decir, si la cuestiona del mismo modo, la computaremos una única vez.
- Podemos encontrarnos con una situación donde varios paneles en su conjunto cuestionen o incidan en una visión deformada. Éste sería el caso, por ejemplo, de varios paneles que realizan una evolución histórica de algún aspecto tecnocientífico o aquellos donde se perciba una progresión lineal del avance científico. En este caso indicaremos la alusión a los simplismos una sola vez al finalizar el conjunto de paneles.
- El recuento del número de veces que se hace referencia a una visión deformada se realiza para cada sala del museo.

De acuerdo con estas consideraciones, mostramos, a título de ejemplo, como se han recogido los resultados correspondientes a la visión ateorica en el Museo Interactivo de Ciencia de Málaga (**cuadro 5.1**).

Cuadro 5.1. Referencias a la visión ateorica en el Museo Interactivo de Ciencia de Málaga

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i>	<i>INCIDE</i>	<i>INCIDE (por omisión)</i>
	<i>Nº de veces</i>	<i>Nº de veces</i>	<i>Nº de veces</i>
C2 <i>Ateórica</i>	- Panel “Científicos olvidados” (2) - Panel “Científicos destacables” (1)	- Panel “Científicos destacables” (1)	- Panel “Científicos olvidados” (4)

Ésta es, pues, la forma en que hemos procedido a recoger los resultados para cada visión deformada, lo que permite dirigirse a los análisis de cada una de las salas indicadas (descrito previamente) para su verificación.

Mostramos, a continuación el **cuadro 5.2**, resumen de los resultados globales obtenidos en el análisis del Museo Interactivo de Ciencia de Málaga.

Cuadro 5.2. Resultados globales de las referencias a las visiones deformadas en el Museo Interactivo de Ciencia de Málaga

<i>VISIÓN</i>	<i>SP Nº de veces</i>	<i>I Nº de veces</i>	<i>OD Nº de veces</i>
A1 <i>Descontextualizada</i>	0	0	0
A2 <i>y minusvalora la tecnología</i>	1	0	0
B1 <i>Individualista</i>	2	6	0
B2 <i>Elitista</i>	4	4	0
C1 <i>Empiro-inductivista</i>	0	5	1
C2 <i>Ateórica</i>	3	1	4
D <i>Rígida, algorítmica, infalible</i>	2	1	0
E1 <i>Aproblemática</i>	0	0	1
E2 <i>Ahistórica</i>	0	0	2
F <i>Exclusivamente Analítica</i>	1	0	0
G <i>Visión acumulativa</i>	0	0	3

Como podemos apreciar, se trata de un museo en el que no se muestra especial atención a ninguno de los aspectos de nuestra red de análisis. En particular, es sorprendente la incidencia por omisión en la visión descontextualizada.

Describimos, seguidamente, un estudio minucioso de la visita al **Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid** (<http://www.muncyt.es>) que, es uno de los escasos museos que mejor salen al paso de las visiones distorsionadas de la ciencia y la tecnología socialmente aceptadas.

5.1.3. ANÁLISIS DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MADRID (Visita realizada en Octubre de 2005 y en Mayo de 2008)

El Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (<http://www.muncyt.es>), abierto al público en 1997, según señala su pequeña guía que se da a los visitantes, “*es la principal institución española dedicada a las labores de protección del patrimonio científico y tecnológico*”. En su página web, se señala así mismo, que “*es una institución orientada a la recuperación, conservación, investigación y difusión de la historia de la ciencia a través del patrimonio científico y tecnológico que conserva y da a conocer a sus visitantes. Entre los objetos de su colección se encuentran instrumentos científicos de gran valor histórico y cultural, a través de los cuales se muestra la evolución de las*

distintas ramas de la ciencia y la tecnología. El diálogo entre el pasado y la actualidad científica es una constante en el Museo a través de visitas guiadas, publicaciones y demás actividades didácticas, que incluyen sus creaciones multimedia en distintos soportes”.

Se trata de un museo dependiente del Ministerio de Educación y Ciencia, ubicado en el Paseo de las Delicias de Madrid, en una parte de las instalaciones de la antigua estación de las Delicias, y en la actualidad junto al Museo del Ferrocarril. En 2012 se inaugura un nuevo museo en La Coruña donde se sigue la misma temática y filosofía.

Entre sus objetivos señalan que, además de las labores de protección del patrimonio científico y tecnológico, desarrollan las labores propias de un museo del siglo XXI, entre las que señalan literalmente:

- La exposición de relevantes colecciones de instrumentos científicos y aparatos industriales, de modo comprensible, siempre apoyada en elementos multimedia.
- El acercamiento de la ciencia actual a personas de cualquier edad y formación.
- El contacto con los mejores científicos del país. En la actualidad los más prestigiosos investigadores españoles y algunos museólogos extranjeros del máximo prestigio colaboran habitualmente con el museo.
- La adquisición de nuevos objetos y la conservación de sus colecciones.

Se señala, además, que *“los fondos que integran las colecciones son instrumentos científicos, herramientas, útiles profesionales y todo tipo de objetos de uso cotidiano con un fundamento científico o técnico. Estos elementos son testigos materiales de la Historia de la Ciencia y la Tecnología y, en particular, de la evolución científica-técnica, didáctica de nuestro país”.* Asimismo constatan que el núcleo esencial de las colecciones procede *“de instituciones españolas educativas o de investigación, algunas de las cuales han tenido un protagonismo esencial en nuestro desarrollo didáctico, científico y cultural”.* El marco cronológico de las colecciones abarca desde los siglos XVI al XX, aunque existen algunos elementos anteriores.

Otro de los aspectos destacables del museo es la importancia dada a la difusión de la cultura científica, a la aproximación de la ciencia a la ciudadanía. Los programas de cultura científica están organizados por períodos académicos y entre ellos se señalan los dedicados a los niños (“Charlando con nuestros sabios”), los programas para jóvenes y

personas de cualquier edad y nivel de formación (los denominados “Maratones científicos”), los programas para niños y familias (“Chicos y grandes en el museo y visitas muy animadas”), los programas para estudiantes (“Investigadores del futuro”) así como su participación en la Feria de la Ciencia de cada año, y en la Semana de la Ciencia.

Cabe destacar, por ejemplo, dentro de estas actividades, los Maratones Científicos, jornadas de divulgación dirigidas a la ciudadanía, que *“pretenden proporcionar un punto de encuentro entre los científicos y la sociedad, donde puedan ser tratados con profundidad y rigor los temas de actualidad científica que más interesen a los ciudadanos, en un ambiente de crítica y discusión”*. Cada uno de los maratones se centra en un tema concreto en torno al cual se desarrollan cuatro charlas específicas de media hora, tras las que se abre una mesa redonda en la que puede participar el público. Podemos encontrar maratones de interés para nuestro estudio, como el celebrado el 27 de octubre de 2005, denominado “Desarrollo Sostenible: El único camino hacia el Futuro” o, más actual, el celebrado el 27 de Octubre de 2011 “Mujeres en la química”.

La estructura básica del museo se apoya en tres grandes apartados de exposiciones distribuidos en las dos plantas del mismo: **“Abriendo las puertas a la ciencia”**, **“Vivir más y mejor: nuestra meta”** y **“Tiempos precisos”**.

Las diferentes salas que constituyen el museo son:

- Zona expositiva de “Introducción al MNCT”
- Patrimonio Científico = Patrimonio Histórico
- Medir nuestro entorno: agrimensura, topografía
- Medir el universo
- Comprender para predecir, predecir para avanzar. Las Ciencias Experimentales
 1. Mecánica
 2. Acústica
 3. Óptica
 4. Electricidad y electromagnetismo
 5. Meteorología

6. Calor
7. Ciencias de la Tierra, Química y Biología
- Las Tecnologías y la Industria: Objetos indispensables
 1. Las tecnologías de la cultura moderna
 2. Soluciones cotidianas
 3. Comunicando nuestro planeta
- Fotografía
- Relojes y maquinaria
- Medicina
- Medios de transporte y juegos
 1. Vehículos y otros elementos móviles

Pasamos pues a analizar con detalle la imagen de la ciencia y la tecnología que transmite el museo, siguiendo el orden expuesto.

5.1.3.1. Análisis de la zona expositiva “Introducción al MNCT”

Al iniciar la visita al museo encontramos una sección de “**Introducción**” al mismo, donde se muestran los siguientes paneles:

En primer lugar, nos recibe un cartel de “**Bienvenida**” en el que podemos leer:

*“Nuestra principal intención es entrar en contacto con todos aquellos sectores sociales que tengan interés por la historia y la didáctica de la ciencia y de la tecnología, así como con los jóvenes y con todos aquellos interesados en los temas que trabaja este museo, y poder mostrarles por primera vez las principales colecciones (**A1, SP**) (**A2, SP**) (**E2, SP**).*

Por ello se han elegido objetos muy ilustrativos, manejados por científicos y por enseñantes desde hace varios siglos y también en tiempos más recientes, presentándolos de diversos modos. Con ellos intentamos hacer comprensibles unos materiales que tienen más relación con nuestra vida de lo que muchos imaginan, como nuestra salud o los campos de investigación más actuales, siempre apoyados en las

investigaciones que en otros periodos más o menos lejanos desarrollaron otros investigadores (A1, SP) (E2, SP) (C2, SP).

Las colecciones son, por lo tanto, protagonistas, y aunque se hayan acompañado de material interactivo, imágenes de ordenador, etc. que les sirven de apoyo, nada en este momento puede competir con lo que supone su presentación al público interesado. Esperamos poder acompañar todo este material, en un futuro inmediato, con soportes didácticos de diversa índole, que incluyan los multimedia que el museo diseña para su futura ubicación permanente”.

Podemos ver, en la primera frase de este panel de presentación que “*nuestra principal intención es entrar en contacto con todos aquellos sectores sociales que tengan interés por la historia y la didáctica de la ciencia y de la tecnología*”, que la primera sensación que nos transmite el museo es que va a salir al paso (SP) de la visión descontextualizada (A1), ya que muestra que tiene en cuenta las relaciones de la ciencia con la sociedad, y de estas dos con la tecnología (A2). Faltaría la relación con los aspectos medioambientales. También observamos que hay un intento de tener presentes las evoluciones históricas y el trabajo realizado por investigadores anteriores, es decir, tiene en cuenta la existencia de un cuerpo de conocimientos. Por esta razón, hemos indicado que sale al paso (SP) de la visión ahistórica (E2) y atórica (C2).

A continuación, en un gran panel naranja con el título “**Introducción Histórica al MNCT**”, se nos muestra la historia del museo, donde señalan, además, que el material del museo es accesible vía Internet:

“El museo Nacional de Ciencia y Tecnología fue creado en 1980, tras muchos esfuerzos previos por parte de distintos organismos e instituciones que eran conscientes de la necesidad de que se creara un museo didáctico, tal como estaba sucediendo en muchas ciudad europeas.

Algunas habían optado por la creación de centros científico-didáctico, sin colecciones (...). Otras habían optado mucho antes por la creación de Museos de Ciencia y Técnica, en los que mostraban unas colecciones muy significativas que se han ido arrojando a través de los años con un material didáctico muy creativo y dinámico. Uno y otro modelo han tenido éxito en las diferentes ciudades, cuando su presentación ha sido de un nivel suficiente.

Sin embargo, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología no pudo elegir su línea hasta ahora, dado que nunca se decidió su apertura. Mientras se esperaba, y especialmente desde 1984, ha tratado de evitar que el patrimonio científico y tecnológico se disperse (...). Así, en la actualidad, un importante patrimonio servirá de base para la didáctica de las ciencias y la técnica en el museo. En la actualidad, gran parte de este material ya es accesible por Internet, así como productos multimedia creados por el museo y accesibles ahora en esta exposición (...)”(A2, SP).

Como puede observarse, no dice nada relevante para nuestra investigación, únicamente queremos mostrar que sigue teniendo en cuenta (SP) la relación ciencia-tecnología (A2).

Seguidamente encontramos una serie de paneles donde se explican aspectos relacionados con el museo en sí y sus colecciones. Primero hay otro gran panel con el título **“Un museo siempre es más que lo que se ve y más de lo que aprendes en su exposición”**. En él podemos leer:

“Los museos nacieron con la finalidad de conservar sus colecciones, para que nuestros descendientes, dentro de muchos siglos, puedan conocer la evolución de nuestra cultura, a través de los objetos artísticos, científicos o técnicos conservados y poder explicar así la evolución de los temas con ellos relacionados (E2, SP) (A2, SP).

Y sigue: *“Los Museos adquieren constantemente por distintas vías objetos que ayudan de un modo u otro a completar el ‘rompecabezas’ o el ‘puzzle’ de nuestra cultura. El Museo Nacional cuenta con colecciones muy significativas que ayudan a comprender la evolución de la ciencia y la tecnología”.*(E2, SP) (A2, SP)

Como podemos apreciar, en la declaración de intenciones se muestra (SP) una pretensión de considerar la perspectiva histórica de la ciencia y la tecnología (E2). En este mismo sentido, se aprecia (SP) una referencia al desarrollo ligado de la ciencia y la tecnología (A2).

En el siguiente panel con título **“Conocer el museo ‘por dentro’”** no encontramos aspectos relacionados con nuestra red de análisis.

Seguidamente, en el panel **“Las colecciones del museo y las adquisiciones recientes”** se explica cómo se han obtenido las colecciones del museo y cómo las ordena. Hacia el final podemos leer:

“El museo selecciona principalmente sus adquisiciones de instrumentos y aparatos por su singularidad y su antigüedad, así como por el lugar que ocupa en la evolución de ‘la familia’ de los instrumentos a los que pertenece. Todo esto vincula generalmente con los mejores fabricantes de instrumentos antiguos, algo realmente interesante para los objetos medievales, los renacentistas, y otros de épocas más recientes, en las que la ciencia produjo las bases de los conocimientos actuales”. (C2, SP)

Se aprecia una consideración (SP) del marco teórico (C2) anterior tras afirmar que esa ciencia era la *“base de los conocimientos actuales”*.

En el panel **“Dos labores complejas y esenciales: La restauración y la Conservación de las colecciones”** se explica la importancia de las tareas de restauración y conservación en un museo. Hacia el final, leemos:

“Los conservador@s deben conocer la historia de cada uno de los objetos, su uso y lugar que ocupan en la historia de la ciencia y la tecnología para valorarlos como es debido” (E2, SP).

En este caso no nos muestra la evolución del proceso de un trabajo concreto pero no obstante le da importancia (SP) a la evolución histórica (E2) de los instrumentos científicos y, por tanto, pensamos que puede contribuir a dar una visión correcta al visitante.

En el módulo **“Investigación en los Museos de Ciencia”** se habla de la investigación en los diferentes museos de ciencia. De nuevo, hacia el final encontramos:

“La investigación sobre las colecciones de cada museo se plasma en publicaciones especializadas. Para ello, la labor de investigación es esa tarea que necesita una dedicación muy especial de estudio que requiere tiempo, serenidad, dedicación, empeño e ilusión. Elementos que nos ayudan a avanzar en el conocimiento de los objetos y de su historia, lo que permite más tarde que el conocimiento se reelabore para hacerlo accesible y asequible en otros materiales didácticos orientados a los diferentes tipos de público que visita el museo” (C2, SP) (D, OD) (D, SP) (E2, SP).

Se considera que la alusión a que la *“investigación necesita una dedicación de estudio”* manifiesta la consideración del cuerpo de conocimientos en la investigación, saliendo al paso (SP) de la visión atórica (C2).

La consideración de una posible reestructuración del conocimiento evita mostrar (SP) un carácter rígido (D) e infalible de la ciencia y la actividad tecnocientífica. Debemos destacar, además, que las cualidades que se resaltan en el texto como imprescindibles en la labor de investigación, “*serenidad, dedicación, empeño e ilusión*”, no denotan características que permitan una mejora en esta labor. Por este motivo, consideramos que podría ser más propicio (OD) aludir a cualidades como la creatividad o el espíritu inconformista que posibilitarían en algún caso una mejor reflexión crítica y un cuestionamiento de lo obvio; en definitiva, un pensamiento divergente (D).

Finalmente, la intencionalidad de mostrar la evolución histórica de los objetos evidencia una salida al paso (SP) del reduccionismo ahistórico (E2).

Continuamos la visita con el stand “**El foro de la Ciencia en el MNCT: La didáctica y la divulgación científica**”. En este panel leemos:

“El Museo se ocupa de potenciar, con una dedicación muy especial, la cultura científica y el interés de todos por los temas científicos y técnicos de mayor trascendencia para la humanidad (A1, SP) (A2, SP).

En ‘Foro del Museo’ tenemos en cuenta principalmente a los niños y a los jóvenes, así como a todas aquellas personas que su tiempo libre les permite seguir aprendiendo cosas interesantes. La Fundación, siguiendo la filosofía del Museo que hizo suya desde su creación, subvenciona todas estas actividades didácticas para estimular ese acercamiento y facilitar el acceso a la cultura científica.

Nuestros programas son ya muy conocidos. En alguno de ellos, vienen participando desde hace varios años los más prestigiosos científicos españoles que han hecho posible el ‘milagro’ de la comunicación entre ‘Ciencia y Sociedad’ tan valorado por todos” (A1, SP) (B2, I).

En la declaración de intenciones del panel se expresa un intento de mostrar el interés por los “*temas científicos y técnicos de mayor trascendencia para la humanidad*”, motivo por el cual se puede considerar que sale al paso (SP) de la visión descontextualizada (A1), al igual que denota la importancia concedida a la tecnología (A2). La superación (SP) de un tratamiento descontextualizado (A1) se aprecia también en la referencia final a las implicaciones “*Ciencia y Sociedad*”.

Finalmente, la alusión a “*prestigiosos científicos*” explicita (I) un carácter elitista (B2) de la actividad tecnocientífica.

En el módulo **“Nuestros programas: la didáctica”** podemos leer:

“El Museo dedica una atención especial a los más jóvenes, procurando estimular en etapas tempranas de su formación la curiosidad por el mundo que nos rodea, buscando una participación siempre activa en los ciclos para ellos desarrollados: ‘Charlando con nuestros sabios y los talleres del museo’ (A1, SP).

En los ‘Maratones Científicos’, nuestros foros de discusión científica, puede participar cualquier persona interesada en conocer los últimos avances de la Ciencia y la Tecnología, de manos de los científicos y expertos de mayor rango.

La colaboración con otras instituciones educativas como Colegios e Institutos de Educación Secundaria tiene su espacio en otro ciclo ‘Chicos y Grandes en el Museo’, en el que alumnos, tutelados por sus profesores, exponen en el Museo cara al público sus proyectos científicos y se forman como monitores para realizar visitas guiadas en el programa ‘Visitas muy Animadas’.

Además, la difusión por segundo año de los maratones vía TV –Educativa Iberoamericana dirigido a toda la América hispano parlante, suponen un reto para el MNCT y la Fundación de Apoyo al MNCT, sin cuya ayuda inestimable no sería posible el desarrollo de todas estas actividades.

Además nuestra exposición cuenta con elementos de didáctica que estimulan el interés de los más jóvenes...” (D, SP) (A2, SP).

En el primer párrafo se aprecia (SP) una consideración de interés social (A1) por el conocimiento del mundo natural.

La reseña a la funcionalidad del foro como instrumento de “*discusión científica*”, muestra una cabida (SP) a una visión no rígida (D) de la ciencia y la actividad científico-tecnológica.

Además en la referencia a “*los últimos avances de la Ciencia y la Tecnología*” se evidencia (SP) la interrelación entre ambos ámbitos (A2).

5.1.3.2. Análisis de la Sala “Patrimonio Científico=Patrimonio Histórico” (E2, SP)

En ella nos encontramos con un primer panel que recoge un texto sobre el papel educativo de las instituciones científicas. Su título es **“Una colección para la enseñanza con origen en instituciones científicas de fundación real”**, y en él también

se explica cómo se ha ido adquiriendo material, instrumentos científicos, etc., acudiendo a diferentes instituciones y organizaciones, pero no hace referencia a ninguno de los aspectos de nuestra red de análisis.

A continuación, encontramos una pequeña exposición con paneles luminosos donde se muestran algunos de los inventos y descubrimientos de mayor relevancia para la sociedad, como, la azalea de Azarquiel (árabe, del s. XI), el telescopio, microscopio, el tubo de rayos x, la penicilina, la corriente eléctrica y la máquina de vapor. Pasamos a analizar cada uno de estos paneles.

En el panel “**Azalea de Azarquiel**” podemos leer:

“El desarrollo tecnológico en la España árabe fue, probablemente, uno de los más intensos que ha conocido la Península en toda su historia. La azalea de Azarquiel es un instrumento que surge en pleno siglo XI en Toledo, paralelamente al desarrollo teórico y práctico del astrolabio en Al-Andalus. Constituye uno de los prototipos de otros instrumentos universales nacidos a partir del siglo XIII, tanto en Oriente, como en el Occidente latino y musulmán” (A2, SP) (E2, SP) (C2, SP).

Vemos que sale al paso (SP) de la visión ateórica (C2), ya que habla de un “*desarrollo teórico paralelo*”. Además se resalta (SP) un “*desarrollo tecnológico*” que da a entender que la tecnología no es una mera aplicación de la ciencia (A2), considerando también su perspectiva histórica, evitando incidir (SP) en este reduccionismo (E2), aunque de una manera muy sutil.

En el panel dedicado al “**Telescopio**”, leemos:

“En 1608, Hans Lippershey observó por casualidad que una veleta distante parecía más próxima y de mayor tamaño al observarla a través de una lente convexa combinada con otra cóncava menos potente. Quedó así descubierto el principio del telescopio, que rápidamente produjo una transformación radical en la Astronomía. Galileo Galilei, en 1609, fue el primer astrónomo que lo utilizó para estudiar el cielo de forma sistemática” (B1, I) (C1, I) (C2, I) (A2, SP).

En este panel se incide (I) claramente en la visión empiroinductivista (C1), ya que muestra que el conocimiento se obtiene a partir de la observación y experimentación neutras, puesto que considera fruto de la “*casualidad*”, y no de unas hipótesis focalizadoras, la obtención de conocimiento. También incide (I) en la ateórica (C2), puesto que no considera la relevancia del cuerpo de conocimientos en tanto en cuanto

no podría haber llegado a las conclusiones que llegó si no tuviese nociones teóricas previas para poder interpretar esas observaciones. Se aprecia esta incidencia en la reseña a un descubrimiento que se explicita como *“quedó así descubierto el principio del telescopio”*.

Una vez más, sale al paso (SP) de minusvalorar la tecnología (A2), ya que muestra que ésta no es un subproducto de la ciencia. Esto se evidencia puesto que el telescopio contribuyó al desarrollo de la Astronomía. Además, entendemos que, aunque lo más fácil es nombrar a un científico, para no incidir en una visión individualista, debería hacer alusión al trabajo en grupo o a la aportación de otros investigadores. Evidentemente, es muy lícito nombrar a científicos que han sido importantes en la historia de la ciencia, pero creemos que si no se hace referencia en ningún momento al trabajo de otras personas, se incide (I) en esta visión errónea (B1) de la actividad científica. Esto se hará extensivo a otros paneles, a lo largo del museo, como iremos viendo.

En el panel con título **“Microscopio”** encontramos el siguiente texto:

“Sin el microscopio, inventado por los fabricantes de lentes holandeses Hans y Zacharías Janssen hacia el año 1590, no se habría podido comprender bien la naturaleza de los organismos vivos. Todavía se ignoraría la naturaleza de los gérmenes, los cromosomas, la existencia de células nerviosas, los mecanismos de herencia o la transmisión del paludismo. Esto convierte al microscopio en uno de los instrumentos más trascendentales de todos los desarrollados por el hombre” (B1, SP) (A1, SP) (A2, SP).

La alusión a Hans y Zacharías Janssen muestra el trabajo colectivo realizado en el desarrollo del microscopio cuestionando (SP) el reduccionismo individualista (B1).

La alusión a la importante aportación tecnológica que supuso el microscopio, muestra (SP) una consideración de la dimensión tecnológica (A2) a la ciencia.

En este panel se vuelve a hacer referencia (SP) a la relación ciencia-tecnología-sociedad (A1), mostrando que el microscopio es *“uno de los instrumentos más trascendentales de todos los desarrollados por el hombre”*. Sólo añadir que habría sido más afortunado utilizar la palabra “humanidad” en vez de “hombre” al final del texto, aunque no encontramos intención de utilizar un lenguaje sexista.

En el siguiente panel, **“Tubo de rayos X”** leemos:

“En 1895, Wilhem Röntgen comprobó que, cuando en un tubo al vacío se dirigía una fuerte descarga eléctrica desde el cátodo hasta una placa de metal, se producía un nuevo tipo de radiación, de origen desconocido, que atravesaba la madera, el papel y la carne, pero no el metal o los huesos, a la vez que era capaz de impresionar una placa fotográfica. Röntgen los llamó rayos X, es decir, desconocidos. Las aplicaciones de éstos a la medicina, en la doble vertiente de tratamiento del cáncer...” (B1, I) (E1, OD) (A2, SP) (C2, OD).

Se resalta el trabajo individual de Wilhem Röntgen sin mostrar cualquier aportación o influencia al desarrollo de su investigación, motivo por el cual exponemos su incidencia (I) en la visión individualista (B1).

Entendemos que es una ocasión idónea (OD) para salir al paso de una visión aproblemática (E1), ya que describe los hechos sin mostrar cuál fue el motivo de la investigación. Se considera que resultaría adecuado mostrar la situación problemática que propició las comprobaciones realizadas al dirigir *“descargas eléctricas en un tubo al vacío”*.

Además, podría intuirse una buena ocasión (OD) para evitar la incursión en la visión ateórica (C2), debido a que se desconocía el fundamento teórico que permitía interpretar las observaciones y, además, se obvia referenciar trabajos anteriores relacionados con tubos de descargas que hubieran permitido cuestionar este reduccionismo.

Finalmente, destacar la contribución (SP) de esta técnica (A2) al desarrollo de la medicina.

El siguiente panel está dedicado a **“La penicilina”** y en él leemos:

“En 1928, Fleming observó en su laboratorio que en una placa de cultivo destapada que contenía bacterias habían nacido unas curiosas manchas de moho. En los puntos donde había crecido el moho, la bacteria había muerto. Durante los siguientes días comprobó que aquél moho, el Penicilium, tenía un efecto letal sobre algunos microbios. La penicilina, creada a partir de éste, no quedó estabilizada hasta agosto de 1940, salvando durante la Segunda Guerra Mundial miles de vidas” (B1, I) (A1, SP) (C1, SP).

En el panel se referencia que la penicilina permitió *“salvar miles de vidas durante la Segunda Guerra Mundial”*, saliendo al paso (SP) de un tratamiento descontextualizado

(A1). Por otro lado, la incidencia (I) en la visión individualista (B1) queda manifestada al no exponer las aportaciones o influencias recibidas de otros investigadores.

Consideramos que la alusión a que “*comprobó que aquel moho...*” permite presuponer que existe una hipótesis que la respalda, motivo por el cual consideramos que sale al paso (SP) de la visión empirista (C1).

En el panel con título, “**Napoleón y Volta**”, leemos: “*En 1800, Volta, profesor de Filosofía Natural en la Universidad de Pavia, demostró el funcionamiento de su pila eléctrica, que era capaz de suministrar por primera vez corriente eléctrica de forma continua, dando paso así a todo el desarrollo del electromagnetismo. Al año siguiente, Volta repitió la demostración en París, delante de Napoleón Bonaparte, quien lo nombró conde*” (B1, I) (B2, I) (A2, SP) (C2, SP) (E, OD).

Respecto a este panel, vemos que destaca sobretodo la visión elitista (B2), en la que incide (I) claramente al reseñar la pertenencia a la Universidad de Pavia, así como el hecho de ser nombrado conde, como digno de distinción. Además, se resalta (I) el trabajo de Volta de forma individual (B1), obviando las aportaciones o influencias de otros científicos.

Finalmente, se destaca la referencia “*la pila eléctrica dio paso al desarrollo del electromagnetismo*”, que evidencia varios aspectos relacionados con nuestra red de análisis. Por un lado, muestra (SP) el desarrollo paralelo y ligado de la ciencia y la tecnología (A2), además de apreciarse una aportación (SP) de los conocimientos (C2) acerca de la pila eléctrica al desarrollo del electromagnetismo. Por otro, se aprecia que constituye una buena ocasión (OD) para manifestar una interrelación (E) entre disciplinas, mostrando su integración en la teoría “*electromagnética*”.

Seguidamente encontramos el panel dedicado a “**La máquina de vapor**”, donde leemos:

“*La máquina de vapor fue el principal impulsor de la profunda convulsión social y tecnológica denominada Revolución Industrial. Nació de la mano de Newcomen en 1712, aunque en 1777 experimentó un avance espectacular cuando James Watt logró que una nueva máquina consumiese la tercera parte de carbón que la precedente, con un rendimiento mucho mejor. ‘La ciencia debe más a la máquina de vapor que ésta a la ciencia’ (J. Conant)*” (A1, SP) (B1, I) (A2, SP).

Destacar de nuevo la incidencia (I) en la visión individualista (B1) por mostrar que los avances científicos son obra de un sólo individuo.

Se considera que la referencia a que la máquina de vapor tuvo una repercusión “social y tecnológica” evidencia (SP) que sale al paso de la visión descontextualizada (A1). Además, alude al papel tecnológico y resalta (SP) claramente en la última cita que la tecnología (A2) no es una mera aplicación del conocimiento científico.

A continuación se expone el panel con título, “**Ingenio de Juanelo Turriano**”, donde encontramos:

“El desarrollo de la técnica en España, si bien ha podido pasar inadvertido en muchos casos, ha representado un importante papel en su historia. En la España de Felipe II aparece la figura de Juanelo Turriano, ingeniero mayor del rey, quien, a petición de la Corona, diseñó multitud de ingenios para extraer agua de pozos, molinos para harina o aceite, aparatos para lavar la ropa, etc.(...)” (A1, SP) (A2, SP) (B1, I) (B2, I).

En el panel se destaca (SP) la importancia del desarrollo técnico (A2), y su contribución social (A1) se manifiesta (SP) al reseñar que “*ha representado un importante papel en su historia*”.

Se destacan los diseños de Juanelo Turriano de forma aislada, evidenciando (I) un marcado carácter individualista (B1). Además, la manifestación de su condición de “*ingeniero mayor del rey*”, incide en un reduccionismo elitista (B2).

En el panel, “**Transbordador de Torres Quevedo**”, leemos: “*Uno de los ejemplos más sobresalientes de grandes tecnólogos españoles es, sin duda, Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), ingeniero, matemático y autor de impresionantes realizaciones técnicas, entre las que destaca el sorprendente funicular sobre el Niágara, con capacidad para cuarenta personas y que cubría una distancia de 540 m. a 45 m. de altura*” (B1, I) (B2, I) (A2, SP).

Se destaca la figura de Leonardo Torres Quevedo, cuyas aportaciones obvian cualquier contribución o influencia de otros científicos, incidiendo (I) en la visión individualista (B1). Además del hecho de remarcar la figura de este científico como “*uno de los ejemplos más sobresalientes*”, incidiendo en una visión elitista (B2). Finalmente, se alude (SP) a sus aportaciones técnicas (A2), destacando el funicular.

En el panel con título, “**El autogiro**”, podemos leer: “*El primer vuelo oficial del autogiro tuvo lugar en el Famborough Royal Air Force Establishment, en Hampshire, en 1925. Se trata de la realización más conocida de uno de los más destacados y conocidos ingenieros españoles de la historia, Juan de la Cierva, quien lo diseñó para subsanar el gran número de accidentes de los aeroplanos, que con facilidad, perdían velocidad en los despegues y aterrizajes*” (**B1, I**) (**B2, I**) (**A2, SP**) (**A1, SP**).

En el texto no se referencia el carácter colectivo del trabajo en ciencia, motivo por el cual consideramos su incidencia en la visión individualista (**B1**). Además, la reseña de la figura de Juan de la Cierva como “*destacada*”, incide (I) en la visión elitista (**B2**).

Consideramos también la existencia (SP) de una visión contextualizada (**A1**) al mostrar una relación ciencia-sociedad cuando se especifica que “*el autogiro se diseñó para subsanar accidentes*”. Por último la referencia a sistemas técnicos, como el autogiro, muestra (SP) la importancia de la tecnología (**A2**).

El siguiente es el panel dedicado a “**Henri Ford**”, donde leemos: “*Con la invención del Ford modelo T, creado por Henri Ford en 1908, los automóviles comenzaron a ser bienes asequibles, cobrando gran popularidad. Ford sabía que el automóvil era demasiado caro para economías débiles, y comprendió que si se acortaba el tiempo de producción se conseguiría un coche ‘para muchos’ a un precio razonable. Para ahorrar tiempo de producción, los primeros coches eran todos negros*” (**B1, I**) (**A1, SP**) (**E1, SP**).

Se incide de nuevo en la visión individualista (**B1**), por ignorar (I) el papel del trabajo colectivo en la ciencia. Se considera que la alusión a la pretensión de obtener un “*coche ‘para muchos’ a un precio razonable*” evidencia (SP) una implicación económica, y en definitiva social evitando tratamientos descontextualizados (**A1**). Además, se expone claramente (SP) la situación problemática (**E1**) que motivó el desarrollo tecnológico que supuso la creación del Ford modelo T, exponiendo su pretensión de “*reducir el tiempo de producción y lograr conseguir automóviles más asequibles económicamente*”.

Y, por último, se muestra un panel dedicado a “**Edison**”, en el que leemos: “*Thomas Alva Edison, nacido en 1847, ha sido, sin duda, el más prolífico inventor de todos los tiempos. Durante su larga y creativa carrera, patentó cerca de 1300 inventos, incluida la lámpara de incandescencia y el fonógrafo, de modo que sus aparatos hicieron ganar a los Estados Unidos miles de millones de dólares. Tres días después de su muerte, el*

18 de octubre de 1931, la intensidad de las luces de todo el país se redujo en honor de la persona que las hizo posible” (B1, I) (B2, I) (A1, SP) (A2, SP).

La alusión a Edison como inventor sin considerar ninguna aportación o influencia de otros científicos o tecnólogos, evidencia (I) un carácter individualista (B1) de la ciencia y la actividad científica. Además, su descripción como *“el más prolífico inventor de todos los tiempos”* incide (I) en un simplismo elitista (B2).

Por otro lado, la incidencia económica de sus inventos evita transmitir (SP) una visión descontextualizada (A1). Y la reseña a estos desarrollos tecnológicos, como la *“lámpara de incandescencia o el fonógrafo”*, muestra (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2).

5.1.3.3. Análisis de la sala “Medir nuestro entorno”

En ella se encuentran distintos paneles sobre las medidas: De la tradición a la precisión, la agrimensura o el arte de medir las tierras, la topografía, así como una gran vitrina con instrumentos diversos, con textos aclaratorios de su utilidad. A continuación, analizamos estos paneles.

En el panel **“Medidas: de la tradición a la precisión”** se especifica:

“El hombre ha utilizado desde siempre las medidas, la vida cotidiana se encontraba regida por ellas. El conocimiento del paso del tiempo y las diferentes estaciones del año era fundamental para organizar las labores agrícolas. Las unidades monetarias, de peso, equivalentes, etc. eran imprescindibles para el comercio y en las herencias era esencial conocer las superficies de las tierras a heredar para que el reparto fuera equitativo. Todas esas medidas que consideramos tradicionales eran muy sencillas e intuitivas y, sobre todo, más prácticas que científicas como en el caso de la fanega que representaba el rendimiento y no la superficie de una finca o el puñado sin definición cuantitativa pero de sobra utilizado (A1, SP).

Al evolucionar la sociedad este tipo de medidas resultan insuficientes por lo que es necesario desarrollar nuevas unidades y aumentar la precisión de las existentes. Para ello se construyen instrumentos capaces de realizar esas medidas más precisas como en el caso de la navegación y la medida de ángulos entre el horizonte y diferentes estrellas, datos necesarios para conocer la posición del barco con exactitud. En el caso de la agrimensura o medición de tierras se introdujeron instrumentos como el

teodolito, con el que se podían medir distancias y ángulos con mayor precisión y a partir de estos datos hacer el levantamiento de planos, con lo que surge la topografía y el desarrollo de nuevas técnicas” (A1, SP) (E1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

Consideramos que convendría hacer referencias en torno a la “*humanidad*” y no al “*hombre*”, aunque no consideramos que se incida en un reduccionismo elitista.

Se ve claramente que en todo el panel se muestra (SP) la relación entre la ciencia y la sociedad (A1), cómo la ciencia debe avanzar junto con la sociedad. Esto se aprecia en referencias tales como “*al evolucionar la sociedad es necesario desarrollar nuevas unidades*”. También podríamos añadir que sale al paso (SP) de la visión aporética (E1) ya que explica cuáles fueron las causas que provocaron la construcción de nuevos instrumentos, basadas en “*aumentar la precisión de las medidas existentes*”.

Por otro lado, la referencia que afirma que con la obtención de datos más precisos a partir de instrumentos más precisos “*surge la topografía y el desarrollo de nuevas técnicas*” expresando (SP) la evolución paralela y ligada de la topografía y la técnica (A2).

Se aprecia (SP) en todo el texto la referencia a una evolución histórica (E2) sobre el avance de las técnicas de medida.

En el módulo “**La agrimensura o el arte de medir las tierras**” podemos leer:

“La agrimensura es la ciencia encargada de la medición de tierras y los agrimensores las personas que realizan esta labor, para la que desde tiempos inmemoriales se han ayudado de todo tipo de instrumentos como cuerdas, escuadras, plomadas, cadenas, brújulas, etc. (A2, SP).

Durante mucho tiempo el grafómetro, ideado por Philippe Danfrie (1535-1606) en París a finales del s. XVI, de sencilla construcción, portátil y resistente, fue uno de los instrumentos más utilizados para medir distancias en lugares de difícil acceso, delimitar campos de cultivo o terrenos, trazado de jardines, etc., hasta que en el s. XVIII surge el teodolito, que junto con el nivel y la brújula son los tres instrumentos fundamentales en topografía (B1, D) (C2, D) (A2, SP) (E2, SP).

Con el grafómetro, la cadena de agrimensor y aplicando conocimientos de matemáticas, especialmente de geometría, es posible realizar el plano de un determinado terreno por triangulación, para lo cual es preciso conocer uno de los

lados del triángulo y al menos dos ángulos, o bien dos lados y un ángulo. Con el grafómetro podemos medir esos ángulos y con la cadena, los lados”.

Se puede apreciar (SP) la contribución técnica (A2) al desarrollo de la topografía, al destacar sistemas tecnológicos básicos en esta disciplina, tales como “*cuerdas, escuadras, plomadas...*”, además del “*teodolito, nivel o brújula*”.

En cuanto a la reseña a “*Philippe Danfrie*” destacamos su incidencia (I) en la visión individualista (B1) mostrando su aportación a esta disciplina como aislada de cualquier contribución o influencia de otro autor.

En la consideración de que el “*teodolito surge en el s. XVIII*” apreciamos (I) una visión ateórica (C2), por no mostrar influencias acerca del conocimiento sobre instrumental anterior en su aparición, lo cual denota un cierto carácter de descubrimiento.

Finalmente, en la reseña “*el grafómetro, ideado a finales del s. XVI, fue uno de los instrumentos más utilizados para medir distancias hasta que en el s. XVIII surge el teodolito*” se aprecia (SP) una consideración histórica (E2) de la evolución instrumental.

En el panel denominado “**La topografía: Representar, interpretar, dibujar, hacer planos y mapas**” se indica:

“La topografía es la ciencia que se ocupa de representar, sobre un plano o mapa a escala, las particularidades de un terreno. Los métodos e instrumentos topográficos fueron muy utilizados en el ámbito militar para realizar levantamiento de planos, o lo que en tiempos se conocía como el arte de hacer fortificaciones, que comprendía el diseño de los baluartes o emplazamientos militares en sus distintas formas: en estrella, poligonales, etc. (A2, SP) (A1, SP).

Para representar un terreno, ya sea a través de los primeros y más convencionales instrumentos topográficos o las más sofisticadas técnicas de posicionamiento por satélite, es preciso tomar dos tipos de medidas, ángulos y distancias. A partir de éstos se elaboran levantamientos planimétricos y altimétricos, que se distinguen principalmente por el tipo de ángulo que se mide, horizontales en los primeros y verticales o diferencias de altura en los segundos, además de los instrumentos empleados, teodolitos y niveles respectivamente (A2, SP).

Tras el trabajo de campo y la consiguiente toma de datos tiene lugar el trabajo de gabinete en el que, con las medidas obtenidas y a través de los cálculos necesarios, se realizan los planos finales. Para ello, se trasladan los puntos tomados en el terreno a coordenadas sobre el papel, y con la información obtenida, se dibujan las curvas de nivel señalando las singularidades que se precisen, carreteras, caminos, lindes, fuentes, etc.”.

La alusión a la relación de la topografía con el ámbito militar muestra una salida al paso (SP) de la visión descontextualizada (A1). Se aprecia (SP) una interrelación entre la ciencia y la tecnología (A2) al resaltar la existencia de “*métodos e instrumentos topográficos*”, resaltando la utilización de instrumental específico, entre el que se señala al “*teodolito*”.

Continúa un pasillo en el que hay un panel con el título “**Conozcamos nuestra colección**”, donde leemos:

“...Algo que han valorado enormemente muchos de los mejores especialistas del mundo en el estudio de estos materiales que han pasado por nuestro museo, es precisamente la calidad en importancia histórica de muchos instrumentos y la variedad del conjunto (E2, SP).

Todos ellos han coincidido al reconocer el gran potencial didáctico de la colección del museo, dado que abarca todos los campos de la ciencia y la tecnología, y permite explicar tanto su evolución como los fenómenos analizados y comprendidos por los astrónomos, físicos, ingenieros, etc., ... a través de los tiempos (...)(A2, SP) (E2, SP) (E, SP).

En el exterior de este espacio, en la sala principal encontrarás una sección de distintos instrumentos de laboratorio experimentales y didácticos agrupados de forma temática.

En el centro de esa misma sala, y dentro de unos cilindros seccionados que sugieren la idea de unos grandes tubos de ensayo, están las instalaciones didácticas experimentales relacionadas temáticamente con los instrumentos presentados o con las experiencias que podrían realizarse con alguno de ellos.

Esta es una línea de exposición que podría desarrollarse en el futuro, sin perder esa vinculación que permite que el juego, el experimento, el instrumento científico y su propia historia puedan proporcionar una formación al visitante que es parte de nuestra cultura occidental” (C1, OD) (C2, OD).

Se muestra un interés por la evolución histórica desde el punto de vista instrumental, saliendo al paso (SP) de la visión ahistórica (E2). Podemos apreciar (SP) también una consideración de la perspectiva científica y tecnológica (A2).

Por otro lado, la referencia a la realización de un análisis o estudio desde diferentes perspectivas, realizadas por “astrónomos, físicos, ingenieros, etc.” permite afirmar que sale al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (F).

Observamos que se pierde una buena oportunidad (OD) para resaltar la importancia del papel de las hipótesis (C1), como focalizadoras de la investigación, y obviamente, del cuerpo de conocimientos (C2), tan importantes antes de realizar “el juego o el experimento” propuesto.

5.1.3.4. Análisis de la sala “Medir el universo, Matemáticas, Navegación y Astronomía”

En la entrada, dos carteles presentan la importancia de la medida. En el primero encontramos:

“Probablemente, uno de los objetivos más codiciados de toda la investigación científica a lo largo de la historia, sobre todo a partir del siglo XVI, haya sido la medición. Una medida precisa y fácil de realizar constituía, por un lado, la base sólida sobre la que elaborar cualquier teoría científica. Por otro, representaba la única garantía que los navegantes, por ejemplo, tenían para preservar su vida en trayectos arriesgados (C1, OD) (C2, OD) (E1, OD).

En esta sección de la exposición se encuentran algunos de los instrumentos, de medida y didácticos, más relevantes de toda la colección del museo. Dada la similitud entre los principios físicos sobre los que se basan muchos de estos aparatos, es frecuente encontrarse con que algunos de ellos, contruidos para un fin, eran utilizados (a veces con pocas modificaciones) en otros trabajos, de modo que la separación entre instrumentos de Astronomía, de Navegación y de Geodesia resulta a veces bastante difícil (F, SP).

El desarrollo de las Matemáticas, como base y herramienta de la actividad científica, fue crucial tanto en la concepción de estos instrumentos como en la interpretación de los datos que con ellos se obtuvieron.

‘La Filosofía está escrita en este vasto libro que siempre está abierto ante nuestros ojos: me refiero al universo; pero no puede ser leído hasta que hayamos aprendido el lenguaje y nos hayamos familiarizado con las letras en que está escrito. Está escrito en lenguaje matemático, y las letras son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola palabra’ (Galileo, II Saggiatore, 1623)” (A1, SP).

En el texto se expone que “uno de los objetivos de toda la investigación científica a lo largo de la historia, sobre todo a partir del siglo XVI, ha sido la medición”. Esto constituye una ocasión desperdiciada (OD) para considerar la importancia del papel focalizador de las hipótesis dentro de una investigación (C1), el marco teórico que permite dotar de significación a esas medidas (C2) y la exposición de la causa (E1) que propicia esa evolución en los instrumentos de medida.

Por otro lado, en la reseña a que “una medida precisa y fácil de realizar constituía, por un lado, la base sólida sobre la que elaborar cualquier teoría científica” consideramos que se ha desaprovechado una ocasión (OD) para hablar del papel de las hipótesis en ese proceso, evitando incidir en una visión empiro-inductivista (C1).

Este panel sigue la tónica de los anteriores y sale bien al paso (SP) de la descontextualizada (A1), mostrando la relación ciencia-sociedad al afirmar que existe una repercusión social del desarrollo de la medición. Cabría añadir que también sale al paso (SP) de la analítica (F) al señalar la existencia de conexiones entre diferentes campos científicos, al afirmar que “la separación entre instrumentos de Astronomía, de Navegación y de Geodesia resulta a veces bastante difícil”.

El otro panel señala:

“Desde la más remota Antigüedad todas las sociedades con un cierto grado de desarrollo se han ocupado de medir el espacio y el tiempo. Dado que la sucesión periódica entre noche y día ha marcado la existencia de todas las civilizaciones, la observación de los astros (Astronomía) condujo al desarrollo de los relojes de Sol, dispositivos ampliamente utilizados hasta que los relojes mecánicos se convirtieron en bienes asequibles a partir del s. XVIII (A1, SP) (C1, I) (A2, SP).

Los avances en astronomía repercutieron fuertemente en la navegación. Los navegantes se arriesgaban a través del Océano, con el único bagaje de sus conocimientos elementales acerca del movimiento de la estrella Polar, la refracción, la declinación

magnética, la rotación e incluso la forma de la Tierra. Los instrumentos utilizados en navegación eran, por lo general, poco fiables y precisos, si bien a finales del s. XVIII se habían solventado muchos de los problemas planteados (A2, SP) (E1, SP).

La confección de buenos mapas dependía estrechamente de la exactitud de las mediciones topográficas, para lo cual se construyeron instrumentos como la ballestilla y el sextante, utilizados también en navegación, o el teodolito y el grafómetro, utilizados solamente en tierra” (E2, SP) (A2, SP).

La consideración de la importancia concedida por las sociedades a la medición del tiempo y el espacio muestra que sale al paso (SP) de la visión descontextualizada (A1).

Se considera (SP) un desarrollo de la tecnología (A2) paralelo y ligado a la ciencia, lo cual aparece reflejado en la reseña “*observación de los astros (Astronomía) condujo al desarrollo de los relojes de Sol*”. También se aprecia la importancia de los sistemas tecnológicos en las alusiones al “*teodolito, grafómetro,...*”.

Además, se destaca la importancia concedida a la “*observación*” neutra dentro de la Astronomía, motivo por el cual denunciamos su incidencia (I) en la visión empirista (C1).

Por otro lado, en la referencia a que “*los instrumentos de navegación eran poco precisos, si bien a finales del s. XVIII se habían solventado muchos de los problemas planteados*” se muestra (SP) la situación problemática (E1) asociada a unos instrumentos de navegación poco fiables.

Se aprecia también (SP) una consideración histórica (E2) de la evolución de los instrumentos de medida.

Dentro de la sala, aparecen vitrinas amplias con diferentes instrumentos. Una de ellas se dedica a los relojes de sol, describiéndose su funcionamiento y quiénes son los que los diseñaron. Delante se encuentra un ordenador con programas que permiten ver los distintos instrumentos: cartografía, planisferio... bajo el título “**El tiempo y el espacio**”.

En él podemos leer:

“Reloj de sol construido en 1547 por George Hartman (1489-1564), que utilizando las propiedades de la refracción de la luz en el agua reproduce el ‘milagro’ de Isaías, en el cual Jehová hace retroceder la sombra del reloj de Ajaz” (C2, SP).

Se hace referencia a que se tienen en cuenta las propiedades de la refracción, saliendo así al paso de la visión atórica.

En el ordenador tenemos las opciones de acceder a un contexto histórico, a una animación y a un fundamento científico (**E2, SP**).

Otra de las vitrinas amplias de esta sala está dedicada a la cartografía y sus primeros instrumentos, otra a instrumentos utilizados en astronomía, otra en particular a los telescopios. Y delante de ellas un ordenador que da acceso a programas para conocer mejor, para profundizar en dichos instrumentos y aparatos, su papel en la sociedad, etc. (**A1, SP**). Por ejemplo, el denominado **“El hombre y las estrellas”** describe los astrolabios que allí se encuentran, pudiendo acceder en todos los casos de los diferentes ordenadores a los elementos: Animación, contexto histórico (**E2, SP**) y fundamento científico para saber más, como se ha dicho ya anteriormente.

Otro elemento fundamental de la sala se dedica a los instrumentos de náutica, y en el ordenador correspondiente, bajo el título **“Por tierra y por mar”**, podemos acceder a más información de todos ellos.

Entramos después en el espacio denominado **“Entre prismas y espejos”**. En él, aparecen unos paneles dedicados a la ballestilla y a la brújula.

En el panel **“Ballestilla”** se muestra un dibujo con una aclaración explicando cómo se utiliza la ballestilla o radio astronómico, y especificando que se trata de un *“instrumento utilizado especialmente por los navegantes a partir del siglo XVI para medir alturas de los astros, gracias a las cuales podían determinar su posición en el mar, y por los topógrafos en tierra para medir alturas de los edificios...”* (**A2, SP**) (**E2, SP**).

Se muestra la utilización de la ballestilla dentro de un contexto histórico, motivo por el cual sale al paso (SP) de la visión ahistórica (**E2**). Por otro lado, se muestra (SP) la importancia de los instrumentos tecnológicos (**A2**) en diferentes ciencias, como la topografía. A continuación explica cómo se utiliza la ballestilla y finaliza añadiendo, *“Si se mide la altura de la estrella polar sobre el horizonte, ésa es exactamente la latitud sobre la que nos encontramos exactamente en el globo terrestre”*.

En el panel dedicado a la **“Brújula”** se aprecia que sale al paso de las visiones descontextualizada y ahistórica, como en casos anteriores (**A1, SP**) (**E2, SP**).

Continuamos la visita y nos encontramos con dos paneles que plantean preguntas. El primero: “¿Cómo lo ves?” Y el segundo “¿Por qué el cielo es azul?...¿Por qué iluminan las bombillas?” ... en este último hay referencias al trabajo colectivo de la ciencia, si bien cayendo en otros tópicos y dando relevancia a la observación frente a otros aspectos del trabajo científico, o bien obviando el planteamiento de problemas. En el panel se especifica:

“¿Por qué el cielo es azul? ¿Por qué resulta más ligero un cuerpo en el interior del agua que fuera de ella? ¿Qué es el sonido? ¿Por qué funciona una olla a presión? ¿Es posible levantar cuerpos pesados haciendo poco esfuerzo? ¿Por qué iluminan las bombillas? ¿Por qué funcionan los pararrayos? ¿Por qué existen los espejismos?(E1, SP) (C1, SP)

Son muchas las preguntas que pueden plantearse simplemente observando la realidad que nos rodea. No todas ellas tienen una respuesta sencilla. Otras son, aparentemente, triviales. Sin embargo, el avance de la ciencia a lo largo de la historia ha sido posible gracias a la mentalidad abierta de numerosas personas que no han pasado por alto muchos fenómenos habituales y que les han sugerido un sinfín de porqués, de cómo, de para qué. Por lo general, las respuestas no son el final de un camino. Por el contrario, a menudo abren un inmenso abanico de nuevos, y más complejos, interrogantes. El proceso así engendrado no conoce límites (C1, I) (B1, SP) (D, SP) (C2, SP) (C1, SP) (E1, SP).

La Naturaleza es algo tremendamente complejo. ‘Comprender la naturaleza’ no deja de ser un ideal inalcanzable. Probablemente la labor de la ciencia, para algunos ciertamente descorazonadora, para otros muchos extremadamente estimulante, sea ir haciendo camino, ir sentando las bases de un edificio que nunca estará acabado. El trabajo va dando frutos sin necesidad de llegar al final. El trayecto se seguirá haciendo observando, preguntando, analizando y respondiendo (E1, SP) (C2, SP)(G, OD) (D, I).

A lo largo de la historia, el afán de conocer la naturaleza se materializó en lo que durante mucho tiempo se denominó ‘Filosofía Natural e Historia Natural’. Hoy en día, el nombre ha cambiado y hablamos de Física (Mecánica, Óptica, Electricidad), Química, Geología, Biología, etc. Todas ellas contribuyen desde su propio punto de vista a desentrañar el misterio de ‘por qué’, del ‘cómo’ y del ‘para qué’ de la realidad

que nos rodea. Comienza esta parte de la exposición mostrando algunos de los instrumentos propios de las distintas ramas de la Física” (E, SP).

El planteamiento inicial de una serie de cuestiones al visitante sale al paso (SP) de la visión aporoblemática (E1) y de la empirista (C1) al permitir al visitante reflexionar sobre ellas. Sin embargo, se incide (I) en la empirista (C1) al considerar que el planteamiento de preguntas “*surge de la observación de la realidad que nos rodea*”.

Se considera también que el avance en la ciencia se favorece por “*la mentalidad abierta de muchas personas*”, carácter que evidencia una salida al paso (SP) de la visión rígida (D). En esta misma reseña se aprecia una salida al paso (SP) de la visión individualista (B1), en la alusión a “*muchas personas*”.

También se aprecia la existencia de reformulaciones dentro del proceso de investigación, puesto que especifica “*que les han sugerido un sinfín de porqués, de cómo, de paraqués*”, saliendo al paso de la visión aporoblemática (E1) y empirista (C1).

Finalmente destacar que en la reseña a que las respuestas no son el final de un camino, sino que “*abren un inmenso abanico de nuevos, y más complejos, interrogantes*”, se explicita la posible existencia de perspectivas que quedan abiertas tras una investigación, mostrando una consideración (SP) del marco teórico (C2) que se especifica como punto de partida en esos nuevos planteamientos.

En el tercer párrafo se deja entrever una ciencia que pretende “*comprender la naturaleza*”, saliendo al paso (SP) de la visión aporoblemática (E1). Además, la consideración de la ciencia como un proceso en continua construcción evidencia (SP) la existencia de perspectivas abiertas basadas en un marco teórico (C2) para ir “*haciendo camino*”. En este sentido encontramos una ocasión desperdiciada (OD) para incidir en que la ciencia también es un proceso en continua revisión, y, por tanto, sujeta a posibles modificaciones (G).

Finalmente, en la alusión a que “*el trayecto se seguirá haciendo observando, preguntando, analizando y respondiendo*”, denota la incidencia (I) en un reduccionismo rígido (D).

Se evidencia (SP) en el último aparte la posible abordabilidad de una determinada problemática desde diferentes ámbitos científicos (E), cuya pretensión conjunta no es otra que la “*comprensión de la naturaleza*”.

En el panel “¿Cómo lo ves?” se explica el fenómeno de la anamorfosis. No hay nada destacable, únicamente que sigue resaltando aspectos históricos (**E2, SP**).

Todo ello da pie a la entrada del espacio dedicado a las “**Ciencias Experimentales**”, como señalan en la web bajo el título de: “*Comprender para predecir: predecir para avanzar: Las ciencias experimentales*” (**C1, SP**) (**C2, SP**).

Entendemos que cuando dice “*comprender para predecir*” se refiere (SP) al cuerpo de conocimientos (**C2**), y que al decir “*predecir para avanzar*” se refiere (SP) al planteamiento de hipótesis (**C1**) antes de nombrar la experimentación.

5.1.3.5. Análisis de la sala “Comprender”

Los paneles anteriores en la entrada a la sala comienzan adentrándonos en esta temática. En primera instancia podemos ver en una **gran Tabla Periódica** y también en vitrinas, algunos de los elementos más comunes en su estado natural o formando determinados objetos. Además, el visitante puede utilizar un monitor para buscar información sobre los diferentes elementos. Ninguna referencia a los aspectos de nuestra red de análisis.

En el panel “**Potencias de 10... un viaje por las dimensiones**” se explica, utilizando ejemplos reales, la necesidad de utilizar las potencias de 10 en ciencia, lo que denominamos notación científica. Explica cómo se realiza. Interesante pero nada relevante.

Dentro de esta gran sala encontramos diferentes secciones que pasamos a detallar a continuación.

Mecánica

Comienza con un panel titulado “**Equilibrios, ingenios y fuerzas**” en el que podemos encontrar referencias a la idea de revolución científica. En él se expone:

“La Revolución científica plantea un nuevo método basado en la descripción de los fenómenos naturales a través del desplazamiento de los cuerpos en el espacio y en el tiempo, por lo que la mecánica se convierte en su máximo exponente. A partir del s. XVI, la mecánica heredada de la Antigüedad es formulada de nuevo en lenguaje matemático. En 1687 Newton escribe los Principia Mathematica, y junto con anteriores

aportaciones de ilustres personajes, como Galileo, elabora una nueva mecánica (**G**, **SP**) (**A1**, **OD**) (**C2**, **SP**) (**B1**, **SP**) (**B2**, **I**).

El triunfo de la matematización aumenta el interés por la medida y la experimentación. Se construyen instrumentos que permitan observar y verificar las leyes establecidas. También instrumentos clásicos como la espiral de Arquímedes son estudiados y reformulados con el nuevo lenguaje matemático. Todos estos instrumentos presentados son la materialización en madera y metal de las leyes mecánicas conocidas, estudiadas en los gabinetes científicos y centros de formación, fundamentalmente durante los ss. XVIII y XIX (**C1**, **OD**) (**A2**, **SP**) (**E2**, **SP**).

Del equilibrio y movimiento de los cuerpos se ocupan la mecánica (sólidos), la neumática (gases) y la hidráulica (líquidos). El estudio de estas dos últimas se suele denominar mecánica de fluidos. Los experimentos en mecánica permiten la comprensión de cómo se producen ciertos fenómenos y de los principios físicos a los que obedecen, facilitando así el desarrollo de conceptos más complejos” (**F**, **SP**) (**C2**, **SP**) (**A1**, **OD**).

Basta la mera referencia a la “*Revolución científica*” para que consideremos que se sale al paso (**SP**) de la visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos (**G**).

El párrafo “*plantea un nuevo método basado en la descripción de los fenómenos naturales a través del desplazamiento de los cuerpos en el espacio y en el tiempo, por lo que la mecánica se convierte en su máximo exponente*” desaprovecha una ocasión (**OD**) muy clara de referirse a la relevancia práctica de la nueva mecánica, evitando tratamientos descontextualizados (**A1**).

En el párrafo “*En 1687 Newton escribe los Principia Mathematica, y junto con anteriores aportaciones de ilustres personajes, como Galileo, elabora una nueva mecánica*”, la referencia a los Principia nos lleva a aceptar que se sale al paso (**SP**) de la visión atórica (**C2**), y que se hable de Newton “*junto a...*” lo interpretamos como el cuestionamiento (**SP**) de la visión individualista (**B1**). No podemos menos, por otra parte, que reconocer que la expresión “*ilustres personajes*” denota una clara alusión al hecho de que los científicos son “genios”, incidiendo (**I**) en una visión elitista (**B2**).

En el segundo párrafo se referencia que “*se construyen instrumentos que permitan observar y verificar las leyes establecidas*”, mostrando (**SP**) la importancia tecnológico-

instrumental (A2), y constituyendo una ocasión desperdiciada (OD) para mostrar que la observación debe estar orientada por hipótesis fundamentadas (C1).

En el texto también se aprecia (SP) una consideración histórica (E2) de la evolución dentro del ámbito de la mecánica, de ahí que consideremos su salida al paso de este reduccionismo.

La consideración de la “mecánica de fluidos” como integrante de otros dos ámbitos científicos “*pneumática y la hidráulica*”, muestra procesos de síntesis que permite salir al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (F).

En la alusión a que “*los experimentos en mecánica permiten la comprensión de cómo se producen ciertos fenómenos y de los principios físicos a los que obedecen*”, consideramos que se ha desaprovechado una ocasión (OD) para mostrar una visión contextualizada (A1), mostrando el interés de los fenómenos producidos.

Finalmente, en la alusión a que los experimentos en mecánica facilitan “*el desarrollo de conceptos más complejos*”, muestra (SP) la consideración de un marco teórico (C2) a partir del cual abordar nuevas situaciones problemáticas.

Nos encontramos en este espacio dedicado a la mecánica con una gran vitrina donde aparecen diferentes elementos relacionados: vasos comunicantes, espiral de Arquímedes, prensas, balanzas, frasco de Mariotte, los hemisferios de Magdeburgo (en esta ocasión sin ninguna referencia más que a su utilización para poner de manifiesto la presión atmosférica), etc. (A1, OD).

Pensamos que se trata de una ocasión idónea (OD) para hacer referencia a la problemática medioambiental atmosférica, desde diferentes aspectos, tales como la contaminación de la atmósfera, el efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono, etc., evitando tratamientos descontextualizados (A1).

En particular, por lo que se refiere a la experiencia de von Guericke y los hemisferios, aquí si es posible encontrar referencias a la idea de las controversias, en este caso en torno a la idea del horror al vacío. En el panel “**Hemisferios de Magdeburgo 1790-1835**” podemos leer:

“La existencia de vacío ha sido desde la época clásica un tema de estudio y una fuente de controversia. En el s. V a. de C., Demócrito postuló la existencia de un vacío

primordial, mientras que Aristóteles (384-322 a. de C.) negaba la existencia del vacío (**D, SP**) (**B1, I**).

La influencia de la filosofía aristotélica a lo largo de toda la Edad Media llevó a algunos autores a elaborar la teoría de que la naturaleza aborrece el vacío (horror vacui). A partir del s. XVI se empezó a cuestionar la filosofía aristotélica, reaparecieron las ideas de Demócrito, y se desarrolló la ciencia empírica. Todo esto impulsó la investigación sobre el vacío y sobre el peso del aire” (**B1, SP**) (**C2, SP**) (**E1, SP**) (**E2, SP**) (**G, SP**).

La “*controversia*” en torno a la consideración o no de la existencia del vacío, muestra (SP) una salida al paso del reduccionismo que supone una visión rígida (**D**). Sin embargo, el hecho de mostrar al principio del panel un único partidario de cada posicionamiento, existencia o no de vacío, incide (**I**) en una visión individualista (**B1**) en el sentido en que no muestra ni referencia ninguna aportación por parte de otros investigadores.

En la alusión a que “*la influencia de la filosofía aristotélica llevó a algunos autores a elaborar la teoría...*” se aprecia (SP) una consideración del marco teórico (**C2**) aportado por Aristóteles. Por otra parte, alude (SP) al trabajo colectivo (**B1**) realizado para consensuar una teoría.

Seguidamente, destacamos la reseña a un “*cuestionamiento de la filosofía aristotélica*”, por lo que sale al paso (SP) de la visión acumulativa y lineal (**G**).

La explicitación de que la controversia en torno a la existencia del vacío posibilitó su investigación, muestra (SP) la problemática surgida previamente a dicho estudio (**E1**).

Finalmente, destacar el contexto histórico (**E2**) a lo largo de todo el panel que muestra (SP) la evolución de las ideas en torno a la existencia vacío.

El visitante se encontrará, además, con las opciones: “Animación”, “fundamento científico” y “contexto histórico” (**E2, SP**).

Para completar estas ideas, frente a esta vitrina existe un elemento interactivo, entre los diferentes que aparecen en el museo (“eco por un tubo”, “sube o baja”, “dibuja el sonido”, “potencias de 10”,...), denominado “**La presión hace la fuerza**”. Volviendo de nuevo a la experiencia de von Guericke, vemos expuestos estos hemisferios con la

nota: *“Este instrumento, ideado a mediados del siglo XVII, se empleaba para comprobar los efectos de la presión atmosférica”.*

El visitante puede leer en un monitor, más información sobre la mecánica y las fuerzas en sólidos y líquidos, por ejemplo, encontramos un módulo **“Movimiento, fuerza e ingenio”** donde se expone:

“Desde los arcos y construcciones de la prehistoria hasta los modernos transbordadores espaciales y rascacielos, la humanidad ha hecho frente a los desafíos de la naturaleza con utensilios o ingenios. La construcción y funcionamiento de esos ingenios se basan muy a menudo en los principios de la mecánica (A1, SP) (A2, SP).

La mecánica es la ciencia que estudia el movimiento de los cuerpos, las fuerzas y su aplicación en la construcción de nuevos instrumentos y objetos. Así, la mecánica tiene aplicación en múltiples campos: desde el movimiento de los planetas hasta el de los átomos: desde una polea a un acelerador de partículas; desde el agua en una tubería hasta el movimiento de la atmósfera” (A2, SP) (F, SP).

En la afirmación que expone que la *“humanidad ha hecho frente a los desafíos de la naturaleza con utensilios o ingenios”* se aprecia una consideración de la influencia de la tecnología en la sociedad, ofreciendo (SP) un tratamiento contextualizado (A1).

Pese a las referencias a sistemas donde el aspecto técnico es fundamental como los *“transbordadores espaciales”* o los *“aceleradores de partículas”* observamos una interdependencia (SP) entre ciencia y tecnología (A2) y obviamos el hecho de una posible técnica aplicada ya que creemos que en conjunto el museo no muestra en absoluto esta tendencia. Esto se aprecia en las reseñas que señalan que *“la construcción y funcionamiento de esos ingenios se basan muy a menudo en los principios de la mecánica”* y que *“la mecánica se aplica en la construcción de nuevos instrumentos y objetos”.*

Finalmente, se intuye que sale al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (F), puesto que manifiesta que *“la mecánica tiene aplicación en múltiples campos”.*

El visitante podrá optar por acceder a la mecánica de sólidos o a la de fluidos.

Acústica

En un panel titulado **“Números y notas: Acústica”** se describe la historia del estudio del sonido. En él se expone:

“Los primeros estudios matemáticos del sonido se realizaron en la escuela de Pitágoras (s. VI a. de C.), donde se establecieron relaciones numéricas entre el tono de las notas musicales y la longitud de las cuerdas que las producen. El estudio de sus propiedades físicas se abordó tímidamente en el s. XVII con algunas experiencias acerca de la naturaleza del sonido. A principios del s. XIX se llevan a cabo estudios más profundos, y la acústica se constituye como rama de la física con entidad propia, gracias fundamentalmente a los trabajos de E. Chladni y F. Savart (E2, SP) (B1, SP).

El sonido consiste en una serie de sucesivas compresiones y dilataciones, que se propagan a través de un medio material. Posee dos cualidades: tono y timbre. El tono, o frecuencia, es el número de vibraciones por segundo. El timbre, por su parte, permite diferenciar una misma nota emitida por instrumentos diferentes. La mayoría de los sonidos están compuestos por uno fundamental y otros muchos, los armónicos, que se superponen a éste. Dos instrumentos de los expuestos tienen por objeto analizar sonidos y sintetizarlos a partir de sus armónicos. El registro y la reproducción de sonidos no fueron posibles hasta la invención del fonógrafo por Edison, en 1877” (A2, SP) (B1, I).

Se aprecia una consideración histórica acerca de la constitución de la Acústica como ciencia, motivo por el cual exponemos que sale al paso (SP) de la visión ahistórica (E2). Además, la contribución al desarrollo de la acústica de “los trabajos de E. Chladni y F. Savart”, denota que sale al paso (SP) de la visión individualista (B1).

Se observa también (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2) en la alusión al “fonógrafo”. Del mismo modo, la indicación “el invento de Edison” expone una visión de la actividad científico-tecnológica donde no se aprecian contribuciones ni influencias de otros autores en su trabajo, motivo por el cual manifestamos su incidencia (I) en la visión individualista (B1).

En una vitrina bajo el lema “**La acústica: una modesta colaboración de la física con el arte**” se muestran diferentes elementos como: sintetizadores, diapason, caleidofono, campana de sonido en el vacío, etc.

Al igual que ocurría en la sección de Mecánica, en la sección de Acústica también pueden manipularse unos monitores donde aparece más información sobre los diferentes elementos y conceptos acústicos. Así, por ejemplo, podemos leer:

“La armonía del sonido

Aunque el sonido debió ser uno de los primeros fenómenos físicos que experimentó el hombre (los truenos, la voz, los Instrumentos musicales), sus propiedades fueron un misterio durante mucho tiempo para la ciencia (E1, SP).

El sonido se origina cuando un cuerpo vibra. Este movimiento vibratorio se transmite al medio que le rodea, que puede ser el aire, como cuando escuchamos un timbre o incluso la tierra, como en el caso de los terremotos, y las partículas que lo componen propagan la vibración del cuerpo en forma de ‘onda’”.

En el texto se aprecia un cuestionamiento de la visión aproblemática (E1), al exponer (SP) que las propiedades del sonido constituyeron durante mucho tiempo “un misterio” para la ciencia y por tanto una situación problemática.

Si hacemos “clic” en una flecha, accedemos a la siguiente pantalla:

“Experiencia de propagación del sonido(1780-1790)

Este montaje experimental, habitual en las lecciones del s. XVIII, consistía en un timbre que se introducía dentro de una campana de vidrio. Cuando se hacía el vacío el timbre se silenciaba completamente, demostrando que el sonido necesita de un medio para propagarse” (C1, I).

En el texto podemos apreciar (I) que el conocimiento surge de la experimentación y observación neutras, transmitiendo una visión empirista (C1).

De nuevo, encontramos las opciones: “Animación”, “contexto histórico” y “fundamento científico” (E2, SP). Si accedemos a la opción “contexto histórico”, podemos leer:

“Gracias a la invención de la máquina neumática por parte de Otto von Guericke a mediados del siglo XVII se pudieron obtener condiciones de vacío adecuadas para investigar las propiedades de este medio, entre otras, sus propiedades acústicas. Guericke fue el primero en demostrar, con un montaje similar al mostrado en esta animación, que, a diferencia de la luz, los sonidos no se propagan en el vacío. Aún así, quedaba la duda de que el vacío pudiera alterar la constitución de los cuerpos, de manera que impidiera la producción de sonido” (A2, SP) (B1, I) (D, SP) (E1, SP) (C2, SP).

Se muestra (SP) una contribución tecnológica (A2) precediendo un desarrollo dentro de la ciencia en la reseña “gracias a la invención de la máquina neumática se pudieron investigar las propiedades de este medio“. Por otro lado, la aportación de Otto von

Guericke, aislada de cualquier contribución o influencia por parte de otros autores explicita una incursión (I) en la visión individualista (B1).

Apreciamos en el texto (SP) un cuestionamiento de la visión apromblemática (E1) al final del panel, planteando perspectivas abiertas explicitadas en nuevas formulaciones problemáticas (¿puede el vacío alterar la constitución de los cuerpos, de manera que impida la producción de sonido?). En este mismo sentido podemos intuir que sale al paso (SP) de la visión ateórica (C2) ya que como hemos señalado deja una perspectiva abierta que obviamente precisará de una revisión teórica.

Finalmente, el planteamiento de “dudas” en torno a cuestiones relacionadas con el vacío, permite dilucidar (SP) una visión no rígida (D) de la ciencia y la actividad científico-técnica.

Óptica

Comienza con el panel titulado “**Y se hizo la luz...**”, en el que leemos:

“Desde que Empédocles escribiera en el s. V a. de C. que la luz es una sustancia fluida que, partiendo de la fuente de luz, llega hasta nosotros, la Óptica ha recorrido un camino sinuoso que llega a nuestros días. La naturaleza de la luz, que presenta en algunas ocasiones un comportamiento ondulatorio y, en otras, un comportamiento corpuscular, ha sido paradójicamente la gran incógnita en la historia de la óptica . Su desarrollo comprende tres grupos de estudios fundamentales: la óptica geométrica, la óptica física y la instrumentación óptica” (G, SP) (E1, SP) (E2, SP) (A2, SP) (F, SP).

En la consideración de que “*la Óptica ha recorrido un camino sinuoso*” se denota la existencia de dificultades encontradas en su construcción como ciencia. Por este motivo, entendemos que sale al paso (SP) de la visión acumulativa y lineal (G).

La atención a la evolución de la Óptica como ámbito científico permite evidenciar (SP) una contextualización histórica (E2).

Por otro lado, se presenta como “*la gran incógnita en la historia de la óptica*” el conocimiento de la naturaleza de la luz. En este sentido, determinamos que sale al paso (SP) de la visión apromblemática (E1). Además, en torno a esta cuestión, manifestamos que sale al paso (SP) de la visión acumulativa y lineal (G), debido a su consideración de la paradoja que supone la admisión del carácter dual de la luz dejando traslucir

situaciones de conflictos entre ambos paradigmas, superadas según la concepción actual.

Se aprecia también una parcelación de contenidos ópticos en diferentes ámbitos dentro de esta disciplina, evidencia una salida al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (F).

Finalmente, en la alusión a una disciplina como la “*instrumentación óptica*” se muestran las interrelaciones entre la disciplina científica (óptica) y la actividad tecnológica (A2).

Continúa el panel diciendo:

“Los fundamentos de las lentes de diferentes formas, los espejos y los prismas, considerando la luz como un rayo, son materias propias de la óptica geométrica.

En la óptica física, se incluyen estudios destinados a profundizar en la naturaleza de la luz, sus propiedades, polarización, difracción, interferencia etc., que han inspirado el diseño de numerosos aparatos como polariscopios y espectroscopias (A2, SP).

En cuanto a la instrumentación óptica, desde la invención de los dos instrumentos más importantes a principios del s. XVII, el microscopio y el telescopio, todos los esfuerzos se han dirigido hacia el perfeccionamiento de sus lentes, tratando de obtener imágenes nítidas acompañadas de importantes aumentos solventando importantes problemas de aberración cromática y esférica” (A2, SP) (E1, SP).

Consideramos que la alusión a que “*los estudios en óptica física han inspirado el diseño de numerosos aparatos como polariscopios y espectroscopios*” da a entender (SP) que la tecnología (A2) está vinculada a la ciencia. Sin embargo, pensamos que debería remarcarse el carácter recíproco de la relación ciencia-tecnología y no dejar entrever que la tecnología es un mero producto de la ciencia. También observamos un cuestionamiento de dicho reduccionismo al mostrar la interrelación ciencia-tecnología (instrumentación óptica), junto con la reseña a importantes contribuciones para el desarrollo de la ciencia como el microscopio o el telescopio, nos permiten apreciar de nuevo (SP) una adecuada consideración de la contribución tecnológica a la ciencia (A2).

Finalmente, determinamos que sale al paso (SP) de la visión aproblemática (E1), puesto que expone que el perfeccionamiento de las lentes del microscopio y el telescopio venía

motivado por la pretensión de resolver “*problemas de aberración cromática y esférica*”.

Conviene destacar que, dentro de la vitrina correspondiente, encontramos referencias al cuestionamiento de la mera observación, aparentemente en contradicción con otras de las referencias encontradas. Así se señala: “*Rara vez las cosas son lo que parecen*” (Gilbert y Sullivan) (**C1**, **SP**).

Del mismo modo se reseña la idea de las controversias en la historia de la ciencia, en este caso en torno a la naturaleza de la luz: “*Los físicos emplean la teoría ondulatoria los lunes, miércoles y viernes y la corpuscular los martes, jueves y sábados*” (Bragg, 1862-1942) (**D**, **SP**) (**E**, **SP**).

En la reseña aportada por Gilbert y Sullivan entendemos (SP) que es necesaria una adecuada orientación del proceso de experimentación, aportada por hipótesis fundamentadas (C1), ya que de lo contrario podríamos ultimar conclusiones apresuradas que nos harían “*ver las cosas*” como “*parecen*” y no como son.

Por otro lado, la explicitación de la existencia de diferentes concepciones acerca de la naturaleza de la luz, muestra que sale al paso (SP) de la visión rígida (**D**). Podríamos considerar, en este caso, que se trata de una ocasión idónea para explicitar la actual consideración que abarca ambos aspectos evitando mostrar una visión acumulativa y lineal del conocimiento tecnocientífico. Sin embargo, como este aspecto se ha tratado en un panel anterior, consideramos esta referencia como un recordatorio, motivo por el cual no exponemos la existencia de una ocasión desperdiciada.

Finalmente, al mostrar el estudio de la naturaleza de la luz desde una perspectiva de la mecánica ondulatoria, entendemos que sale al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (**F**).

Dentro de la vitrina se muestran instrumentos como microscopios, prismas, telescopios, etc. En el ordenador correspondiente podemos profundizar en el funcionamiento y utilidad de los mismos. En una de las pantallas podemos leer:

“La luz de la Ciencia

El desarrollo de los Instrumentos ópticos a lo largo del s. XVIII estuvo marcado por dos hechos significativos; la posibilidad de obtener los primeros objetivos acromáticos

y, *el perfeccionamiento del telescopio de reflexión, utilizando técnicas de pulido de lentes parecidas a las del s. XVII que siguen utilizándose en la actualidad* (**C2, SP**).

Dos Instrumentos ópticos: microscopio y telescopio, similares en el uso de lentes yuxtapuestas, surgieron del mismo lugar en la segunda década del s. XVII; Middelburg (Holanda), ciudad conocida por la producción de lentes. A lo largo del s. XVII, existieron cinco grandes microscopistas, entre los que destaca Anthony Van Leouwonhoek (1632-1723) al que se le atribuye la invención del microscopio. Todos ellos realizaron su trabajo en los países donde el microscopio había ya experimentado considerable desarrollo: Italia, Países Bajos, Gran Bretaña... Los ‘clásicos’ logros de la microscopía no fueron superados hasta el s. XIX” (**B1, SP**) (**D, I**) (**G, SP**) (**A2, SP**) (**E2, SP**).

Se aprecia en todo el texto la salida al paso (SP) de la visión ahistórica (**E2**), por mostrar la evolución del microscopio y el telescopio. Además se evidencia también (SP) la importancia concedida a la tecnología (**A2**) por mostrar en el panel la interrelación de esta dimensión tecnológica y la óptica, pudiendo constituir una disciplina integrada, la “*instrumentación óptica*”.

Pretendemos resaltar también que la reseña a que en “*el perfeccionamiento del telescopio de reflexión se han utilizado técnicas de pulido de lentes parecidas a las del s. XVII*”, se refleja una aplicación de aspectos tecnológicos anteriores, evitando incidir (SP) en una visión ateórica (**C2**) de esta disciplina científica.

Por otro lado, la referencia a las aportaciones de “*cinco microscopistas*” muestran (SP) una contribución colectiva al desarrollo de esta disciplina científica, cuestionando la visión individualista (**B1**).

En la última reseña, donde se expone “*los clásicos logros de la microscopía...*”, favorece una transmisión de ciencia infalible (**D**), que nos permite suponer que incide (**I**) en este aspecto de nuestra red. En esta misma referencia se indica que estos “*logros*” dentro de la microscopía “*no fueron superados hasta...*”, lo cual nos transmite (SP) una situación de estancamiento (**G**) de esta disciplina.

La pantalla de ordenador nos presenta dos opciones: “**Experimentos**” y “**Demostraciones de óptica**” (**C1, I**).

Conviene señalar sobre el texto literal que se insiste en la idea de “experimentos y demostraciones” de óptica, sin tener en cuenta para nada (I) las hipótesis (C1) y otros aspectos fundamentales del trabajo científico.

Si se accede a la primera opción, explica lo que es un banco de interferencia y difracción, pudiendo leerse:

“Banco de interferencia y difracción. Fabricado por Duboscq entre 1860-1880. Esta pieza está firmada por su constructor Jules Louis Duboscq (1817-1886), destacado fabricante francés de instrumentos científicos, que junto con Jean Baptiste Francois Soleil (1798-1878), formaron parte de la ‘edad de oro’ francesa de la industria de fabricación de instrumentos científicos (B1, I) (B2, I).

La historia del taller, originalmente fundado por J. B. Soleil, es un ejemplo del importante desarrollo que la industria de instrumentos de precisión alcanzó durante el s. XIX y primeras décadas del s. XX. En este periodo, la fabricación de instrumentos científicos en Francia alcanzó fama y reconocimiento internacional”(A2, SP) (E2, SP).

Se aprecia (I) una aportación individual (B1) de Duboscq a la fabricación del instrumento, obviando posibles influencias que favorecieron su constitución. Además, en la alusión a la pertenencia una “destacado fabricante francés” científico-tecnológica denota un reduccionismo elitista (B2).

Por otro lado, consideramos que da importancia (SP) a la tecnología (A2), en concreto, a la fabricación de instrumentos con aplicaciones científicas. Asimismo, la referencia al desarrollo de esta instrumentación evidencia (SP) una contextualización histórica (E2).

En el fundamento teórico podemos leer:

“En la década de 1650 Francesco Maria Grimaldi descubrió la difracción de la luz (...)”(B1, I) (C2, I).

De nuevo se explicita una incursión (I) en la visión individualista (B1) al mostrar la aportación científica como obra de un único individuo.

Por otro lado, en este caso se muestra como “descubrimiento” (I) un fenómeno que implicaba un diseño experimental orientado desde un marco teórico (C2).

Electricidad y Electromagnetismo

En un panel titulado “**De las chispas y las corrientes**” se plantea el desarrollo de esta parte de la ciencia y la tecnología, que se completa con otros murales sobre la misma. En él se explicita:

“El origen del término electricidad proviene del vocablo con el que los griegos denominan al ámbar, resina cristalizada procedente de coníferas del pasado, con la que el filósofo griego Tales de Mileto (c. 600 a. de C.) realizaba las primeras observaciones acerca de las propiedades eléctricas que presenta este material al ser frotado: atraer materiales ligeros como pequeños trozos de papel o briznas de paja. Estas primeras experiencias constituyen el punto de partida de la historia de la electricidad, cuyo estudio y desarrollo durante los ss. XVII y XVIII se limitó al fenómeno electrostático (C1, I) (C2, SP) (E2, SP).

Desde que Otto von Guericke construyó en la segunda mitad del s. XVII su conocido globo de azufre, primer ingenio productor de carga eléctrica, son numerosos los diseños que los diferentes investigadores llevaron a la práctica con éxito. Pieter van Musschembroek descubrió la posibilidad de almacenar la carga generada por estas máquinas en 1746, año en que inventa la botella de Leyden, primer condensador de la historia (B1, SP) (B1, I) (C2, I) (C1, I) (E2, SP).

Alessandro Volta consiguió en 1800, gracias a su pila, producir corrientes eléctricas de manera continua, marcando el origen de la electrodinámica, que llevaría poco después a una nueva concepción de los fenómenos eléctricos y magnéticos, desde 1820, con la conocida experiencia de Oersted y el descubrimiento del electromagnetismo hasta su formulación matemática por parte de J. C. Maxwell en 1864” (B1, I) (C2, SP) (C2, I).

En el análisis del primer párrafo apreciamos una incidencia (I) en la visión empirista (C1) se evidencia en la alusión a una observación y experimentación neutras. Por otro lado, se refleja en la reseña “*estas primeras experiencias constituyen el punto de partida*” una exposición de nuevas problemáticas a abordar, constituyendo perspectivas abiertas. En este sentido evidenciamos que sale al paso (SP) de la visión atórica (C2). Se manifiesta también en el primer párrafo una alusión (SP) al desarrollo histórico de la electricidad (E2).

En el segundo aparte se sale al paso y a la vez se incide en la visión individualista (B1). La primera apreciación (SP) se basa en la alusión a los diseños experimentales llevados

a cabo por diferentes “investigadores”; la segunda (I), en la reseña individual a “*Pieter van Musschembroek*”, cuya contribución a la ciencia se muestra de forma aislada. Además, la idea de “*descubrimiento*” implica una desconsideración (I) al marco teórico (C2) en el sentido en que analizó el comportamiento de una máquina ya existente. Por otro lado, la alusión a un “*invento*” implica una desconsideración (I) al papel orientador de las hipótesis puesto que implica una experimentación no fundamentada (C1). En este segundo párrafo se observa también (SP) una referencia histórica (E2) de las consideraciones que originaron la existencia de los condensadores.

En el último párrafo se incide (I) de nuevo en la visión individualista (B1) al remarcar la contribución aislada de Volta a la ciencia. En cuanto a la visión atórica (C2) cabe destacar que, a la vez, sale al paso e incide, puesto que afirma que la producción de corrientes eléctricas constituye el principio de la electrodinámica (SP) y alude a que el electromagnetismo fue “descubierto” (I) presentando el avance de la ciencia como una cuestión de descubrimiento. Se trata por tanto de una ocasión en que podemos ver que se incurre en contradicciones en la visión que muestran de la ciencia y la tecnología, por lo que probablemente, de acuerdo con la hipótesis, no se plantean de forma decidida salir al paso de las mismas.

Se muestra de nuevo, en una gran vitrina, una serie de instrumentos que han sido utilizados en el desarrollo de los conocimientos de esta parte de la ciencia: condensadores, botella de Leiden... (A2, SP), que evidencian (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2).

En las vitrinas podemos leer: “*Cuando se lo explico, me siento incapaz de llevarles a su ánimo que el descubrimiento de la inducción electromagnética es el más grande resultado experimental jamás obtenido por un investigador (J. Tyndall 1820-1893)*” (C2, I) (B1, I) (C1, I).

La alusión al descubrimiento de la inducción electromagnética evidencia su incursión (I) en una visión atórica (C2) ya que se insiste de nuevo en señalar el avance de la ciencia como cuestión de descubrimiento. Además al reseñar que es “*el resultado experimental...*” conviene explicitar la conveniencia de mostrar una actividad científica constituida por otras consideraciones además de la aportación experimental. De ahí que consideremos su incidencia (I) en la visión empirista (C1).

Por otro lado, al mostrar la aportación de la inducción electromagnética como obra de un sólo individuo se incide (I) en una visión individualista (B1). Esta consideración se aprecia en la reseña “*ha sido obtenido por un investigador*”.

En el ordenador correspondiente se insiste de nuevo en la idea de la importancia de las observaciones y las experiencias. En una de las pantallas podemos leer:

“Positivo y Negativo

*El origen del término electricidad proviene del vocablo con el que los griegos denominan al ámbar, una resina cristalizada procedente de antiguos bosques de coníferas. Con este material, Tales de Mileto, uno de los Siete Sabios de Grecia, realizaba las primeras observaciones y experiencias acerca de las propiedades eléctricas que presenta al ser frotado: atraer materiales ligeros como pequeños trozos de papel o briznas de paja (**B2, I**) (**C1, I**).*

*Veinte siglos después Joseph John Thomson (1856-1940) descubriría la naturaleza del electrón, una de las partículas fundamentales del átomo, cuyas propiedades, ‘mágicas’ en la Antigüedad, nos proporcionan hoy buena parte del bienestar social que disfrutamos” (**G, SP**) (**B1, I**) (**C2, I**) (**A1, SP**) (**E2, SP**).*

En el texto se alude a la figura de Tales de Mileto la consideración de “*Sabio de Grecia*”, contribuyendo a transmitir (I) una ciencia como obra de genios aislados (B2). Además incurre también en un reduccionismo empirista (C1) al mostrar la construcción científica a partir de “*observaciones y experimentaciones*” neutras.

En la reseña “*veinte siglos después Joseph John Thomson (1856-1940) descubriría la naturaleza del electrón*” se aprecia (SP) un estancamiento (G) en este ámbito científico por la alusión a “*veinte siglos después...*”, así como la incursión (I) en un reduccionismo individualista (B1) por la referencia única a la figura de Thomson y no mostrar aportaciones que pudieran favorecer sus conclusiones, y, de nuevo, la presentación (I) del avance científico como obra del “*descubrimiento*” (C2), evitando mostrar cómo a partir de aportaciones electrostáticas se pueden dilucidar consideraciones sobre la estructura del átomo.

Se muestra en el texto (SP) la evolución en el conocimiento sobre la estructura atómica, señalando sus orígenes en experiencias electrostáticas, saliendo al paso del reduccionismo ahistórico (E2). Finalmente la atención contextualizada a la relación ciencia-sociedad (A1) se manifiesta (SP) al final del panel en la reseña “*de las*

propiedades del electrón se deriva hoy buena parte del bienestar social que disfrutamos”.

A continuación dos opciones: “*De la electricidad...*”, “*a la electrodinámica*”. Si elegimos la segunda opción encontramos:

“Reostato de Wheatstone: fabricado por Deleuil entre 1850-1880” (B1, I).

En esta cita se aprecia (I) una aportación individual (B1).

“La medida de la velocidad de desplazamiento de una descarga eléctrica por un conductor, la determinación experimental de la ley de Ohm, el reóstato... (...), son sólo algunos de sus méritos en materia de electricidad” (A2, SP).

Las implicaciones tecnológicas (A2) asociadas a un desarrollo científico se explicitan (SP) en las alusiones a sus méritos, como los “*reostatos*”.

“Como reconocimiento a su trayectoria fue elegido miembro de la Royal Society en 1863 y fue armado caballero en 1868 (...)” (B2, I).

La distinción remarcada a la pertenencia a la Royal Society evidencia (I) la incursión en la visión elitista (B2).

En esta sección dedicada a la electricidad también podemos leer en un gran panel amarillo que acompaña a una máquina electrostática:

“En el s. XVIII se conocía como electricidad ‘vítrea’ a la electricidad ‘positiva’ que presentaba el vidrio al ser frotado y ‘resinosa’ a la ‘negativa’ que presentaba el ámbar al ser frotado.

La producción de cargas y su almacenamiento para experimentar con ellas ocupan la práctica totalidad de la investigación en materia eléctrica durante los s. XVII y XVIII. Para ello, y fundamentalmente hacia la mitad del s. XVIII, proliferan la construcción de grandes generadores electrostáticos, botellas de Leyden y todo tipo de instrumentos destinados a las demostraciones de los distintos efectos de las descargas eléctricas que, en buena medida, se sumaron a la corriente de demostraciones públicas que a lo largo del s. XVIII sirvieron para hacer difusión de la ciencia” (C1, I) (A2, SP) (E2, SP).

Se aprecia una contextualización en materia electrostática en el panel, saliendo al paso (SP) de la visión ahistórica (E2). Podemos ver también que se señala que la totalidad de la investigación se centraba en “*experimentar*” en materia eléctrica, de ahí que se

incurra (I) en un reduccionismo empirista (C1). Por otro lado cabe destacar la consideración (SP) de la importancia tecnológica (A2) asociada al ámbito electrostático, evidenciado en alusiones a “*generadores electrostáticos, botellas de Leyden y todo tipo de instrumentos*”.

Meteorología

El texto del cartel “**Cierzos, estíos y nevadas**” da paso a esta parte del museo dedicada a la meteorología. En él se expone:

“La primera exposición sistemática de los fenómenos atmosféricos, que aparecen tratados junto con otros fenómenos de carácter geológico y celeste, se encuentra en la meteorología de Aristóteles. El segundo gran impulso para el desarrollo de esta ciencia se produce en la segunda mitad del s. XVII, coincidiendo con la invención del barómetro, y los primeros proyectos de redes de observatorios. Además del barómetro, que adoptó diversas formas (cubeta, sifón, cuadrante), se emplearon otros ingenios, que quedaron vinculados permanentemente con esta ciencia, como el termómetro, el higrómetro, el anemómetro y el pluviómetro (E1, OD) (E2, SP) (A2, SP).

Durante el s. XVIII se realizaron notables esfuerzos para convertir estos aparatos en verdaderos instrumentos que permitieran el intercambio de información, y que a la vez fueran fáciles de manejar y transportar. El s. XIX se caracteriza por los avances en el campo teórico, sobre todo gracias al progreso de la termodinámica y el estudio dinámico de la atmósfera (D, SP) (C2, SP) (A1, OD).

El importante desarrollo de las redes de observatorios, en los que se empleaban instrumentos estandarizados, y el perfeccionamiento imparable de los sistemas de comunicaciones han contribuido a definir actualmente la meteorología como una ciencia con un alto poder predictivo, cuyos resultados son de indudable interés para la vida cotidiana y la economía de un país” (E2, SP) (A1, SP) (A2, SP).

Como ocurre en otros paneles, se tiene muy en cuenta el desarrollo de esta parte de la ciencia a lo largo de la historia, saliendo al paso (SP) de la visión ahistórica (E2). También consideramos que le da mucha importancia (SP) en todo el texto al desarrollo de la tecnología y a su implicación en el desarrollo del conocimiento (A2), como se demuestra en las reseñas que explicitan que “*el gran impulso para el desarrollo de esta ciencia coincide con la invención del barómetro*” o en el que se afirma que “*estos ingenios quedaron vinculados permanentemente con esta ciencia*”. Consideramos

además que se trata de una ocasión idónea (OD) para haber mostrado que “*los primeros proyectos de redes de observatorios*” motivaron la profundización en el estudio de esta ciencia, cuestionando el reduccionismo aporreado (E1).

En el segundo párrafo la alusión a que “*los avances en el campo teórico se debieron al progreso de la termodinámica y al estudio dinámico de la atmósfera*” muestra (SP) las contribuciones teóricas (C2) a partir de las cuales se pudo desarrollar. Además, se muestra la realización de “*notables esfuerzos*” para lograr mejoras técnicas. Consideramos pues que sale al paso (SP) de la visión rígida (D) puesto que se aprecia una ciencia no infalible.

Consideramos que la alusión a la dinámica de la atmósfera resulta un momento propicio (OD) para mostrar las implicaciones medioambientales (A1) que pueden relacionarse directamente con esta ciencia.

En el último párrafo sale al paso (SP), muy superficialmente, de la visión descontextualizada (A1), por referirse a la “*meteorología como una ciencia de indudable interés para la vida cotidiana y la economía de un país*”. Sin embargo, cabría hacer referencia más concretamente al papel de la meteorología para estudiar y contribuir a resolver los graves problemas que afectan al planeta en relación, por ejemplo, con el cambio climático y sus consecuencias, con lo que supone frente a la prevención de fenómenos extremos, el incremento de la desertización, y, en general, la creciente degradación del planeta.

En una vitrina aparecen instrumentos de este ámbito, bajo el texto “**La arriesgada e ingrata idea de predecir**”, que hace referencia a la predicción meteorológica (C1, OD).

Tal vez podría aprovecharse (OD) para destacar el hecho de que en toda ciencia es necesario predecir a partir de hipótesis fundamentadas (C1), ya que consideramos que forma parte obligada de la actividad científica.

También nos encontramos con monitores, como en las demás secciones.

Calor

En esta sección encontramos un primer panel titulado “**Del Calórico a la Energía**”, donde se expone:

“Las diferentes teorías acerca de la naturaleza del calor se remontan a los filósofos griegos y han pervivido hasta nuestro siglo. Desde el principio han sido dos las teorías que se han ido sucediendo, en cada época con distintos matices. Una de ellas considera el calor como un fluido sutil, elástico, imponderable pero material, que se halla en los cuerpos calientes. La otra afirma que el calor es el movimiento de las partículas del cuerpo que lo manifiesta (G, SP).

La falta de una teoría clara al respecto, unida al triunfo de la física experimental del s. XVIII, impulsa una serie de diferentes experimentos relacionados con la medida y el comportamiento de los cuerpos frente al calor (C2, I).

Para estudiar la naturaleza del calor, Lavoisier diseña el calorímetro y mide el calor que hay en diferentes cuerpos y animales, y Melloni diseña un conjunto de experimentos, relevantes para el estudio de las características comunes entre luz y calor. Para ello dispone en un banco distintos elementos con los que pretende formular las leyes de refracción, reflexión, polarización y transmisión del calor radiante (el calor procedente de una fuente oscura, como un metal incandescente), y diferenciarlo del calor luminoso (como el del Sol)” (B1, I) (E1, SP) (E2, SP).

En este apartado hay que señalar la referencia a una nueva controversia histórica acerca de la naturaleza del calor, que permite salir al paso (SP) de la visión ahistórica (E2). La consideración de una competencia para su imposición sobre la otra nos lleva a manifestar que sale al paso (SP) de la visión acumulativa y lineal (G).

De nuevo observamos la incidencia (I) en la visión individualista (B1), puesto que el conocimiento se muestra obra de individuos que trabajan aisladamente; las menciones a Lavoisier o a Melloni en otro punto del panel respaldan esta consideración.

También se supone una incidencia (I) en la visión atórica (C2) por mostrar un desarrollo de una parte experimental en torno a el comportamiento de los cuerpos frente al calor, aislado de un marco teórico puesto que explicita *“la falta de una teoría clara al respecto”*.

Se manifiesta (SP) el motivo que promovió el diseño de los calorímetros asociado a una previa problemática (E1) cuya pretensión era el *“conocimiento de la naturaleza del calor”*.

De nuevo, en las vitrinas, donde se exponen diferentes objetos, leemos:

“Nuestra vida se desenvuelve inmersa en un continuo intercambio de energía: el calor”
(A1, OD).

Se muestra la importancia social de los intercambios energéticos aunque no se muestran esas implicaciones. Además, se obvian (OD) alusiones a esta temática desde el punto de vista medioambiental (A1) en torno a la energía y los problemas asociados, consumo, contaminación, desequilibrios, agotamiento de recursos, etc., que evitarían, de nuevo, tratamientos descontextualizados.

Uno de los objetos que se exponen es una máquina de vapor, a la que le acompaña esta referencia:

“En la maqueta se enseña el funcionamiento de una máquina de vapor horizontal, cuyo diseño es muy utilizado para mover barcos” (A2, SP) (A1, OD).

Se manifiesta (SP) la importancia de la actividad tecnológica (A2), en la referencia a la *“máquina de vapor”*. Además, consideramos que convendría señalar (OD) las implicaciones en los diferentes ámbitos de la máquina de vapor, atendiendo a su implicación industrial (A1).

Ciencias Biomédicas, Ciencias de la Tierra, Química

Junto al título de esta sala encontramos el panel **“Ciencias Biomédicas, Ciencias de la Tierra y Química”**, donde se expone:

“Tradicionalmente la medicina, especialmente la cirugía, ha sido una actividad científica que ha precisado de instrumental específico para la exploración, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Entre las prácticas quirúrgicas más antiguas destacan la trepanación y la amputación de miembros. A lo largo del s. XIX la ciencia médica incorporó nuevos elementos terapéuticos y de diagnóstico a su práctica, resultado de los avances en la Física, tales como aparatos para producir corrientes eléctricas o los rayos X (D, I) (A1, SP) (A2, SP) (F, SP).

En las ciencias biológicas la utilización de instrumentos fue muy escasa hasta el siglo XVIII. Sin embargo, a partir de entonces, los microscopios constituyeron un instrumento de incalculable valor en el desarrollo de la biología. La geología, por su parte, no adquirió categoría de ciencia independiente hasta finales del s. XVIII y

principios del s. XIX. Desde entonces, brújulas, clinómetros, etc., proliferaron como instrumentos de gran ayuda en la actividad geológica (A2, SP).

Todo lo que nos rodea, para lo bueno y lo malo, en la guerra y en la paz, guarda una relación con la química. Los sueños de la humanidad pasan, entre otras cosas, por desentrañar la complejidad de la materia y de la vida descifrando su composición, reducir lo múltiple a lo simple, en definitiva, aislar, identificar, reproducir en el laboratorio las obras de la naturaleza y, si es posible, crear lo que no siquiera en ella existe, ése es el sueño de los químicos” (A1, SP) (E2, SP).

A lo largo de este texto hay varias referencias (SP) al importante papel de la tecnología en el avance científico (A2). Se aprecia al incidir en que “*la medicina ha precisado de instrumental específico...*” o bien al exponer que “*los microscopios constituyeron un instrumento de incalculable valor en el desarrollo de la biología*”. Además el instrumental referenciado, “*brújulas, clinómetros*”, también denota (SP) esta importancia tecnológica (A2).

También sale al paso (SP) de un tratamiento descontextualizado (A1), mostrando la relación ciencia-tecnología-sociedad cuando alude al “*instrumental que permite el tratamiento de enfermedades*” o al señalar que “*todo lo que nos rodea, para lo bueno y lo malo, en la guerra y en la paz, guarda una relación con la química*”, o bien que “*los sueños de la humanidad pasan, entre otras cosas, por desentrañar la complejidad de la materia*”.

En el primer párrafo la reseña que remarca que la cirugía, ha sido una actividad científica que ha precisado de instrumental específico para la “*exploración, diagnóstico y tratamiento...*”; diagnóstico que alude al papel de las hipótesis en la investigación y tratamiento a la puesta a prueba de esas hipótesis fundamentadas, pero que presupone una observación neutra al mostrar como primera etapa la “*exploración*”. Así pensamos que se muestra una rigidez por la exposición de acciones consecutivas a realizar en una actividad científica, por lo cual incide (I) en una visión rígida (D).

Sigue saliendo al paso (SP) de la visión ahistórica (E2) en este panel, mostrando el desarrollo de diferentes disciplinas. Se muestra también (SP) la importancia de “*los avances en Física dentro de la medicina*”, cuestionando una visión exclusivamente analítica (F).

En el monitor de esta sección podemos leer:

“La composición del Mundo

Química: La ciencia más joven y la ciencia más vieja

Los primeros experimentadores de los que tenemos constancia se encontraban en el Egipto faraónico (tercer milenio a. de C), donde los conocimientos, que ahora relacionamos con la química, estaban muy relacionados con la religión y lo sobrenatural. Esta filosofía perduró hasta finales del s. XVII, dando forma a lo que hoy conocemos como alquimia. El objetivo del alquimista era obtener la piedra filosofal, que permitía convertir unos metales en otros, y el elixir de la vida eterna, a través de innumerables destilaciones realizadas con alambiques de diversas formas (C1, I) (C2, SP) (E1, SP) (E2, SP).

En el texto se referencia que “*los primeros observadores...*” incidiendo (I) en un reduccionismo empirista (C1), debido a que se percibe una construcción de la ciencia basada en la experimentación. Cuando alude a que “*los conocimientos alquimistas se relacionan con aspectos de la química actuales*”, conlleva una consideración (SP) del marco teórico anterior (C2).

Por otro lado, se muestran los orígenes de la química, contextualización histórica que permite salir al paso (SP) de este reduccionismo (E2). Además, se muestra el problema origen de estudio, centrado en la “*la conversión de metales en oro*” o en la “*búsqueda del elixir de la vida*”, que originaron el desarrollo de la alquimia. Por este motivo, hemos indicado que sale al paso (SP) también de la visión aporética (E1).

Se presentan dos opciones de acceso: “*Tecnología aplicada a la biología*” y “*Instrumentos y aplicaciones técnicas*” (A2, SP).

Si elegimos la primera opción aparecen una serie de microscopios, y se amplía la información sobre los microscopios electrónicos, pudiendo conocer su contexto histórico y su fundamento científico. Por ejemplo, podemos leer:

“Microscopio electrónico. Fabricado por Testa en 1960

El descubrimiento, a principios del s. XX de la doble naturaleza, corpuscular y ondulatoria, de todo tipo de onda electromagnética y partículas, abrió las puertas de una nueva rama de la ciencia, la microscopia electrónica . Se puede decir que esta ciencia nació en 1931 con Ernst Ruska, un estudiante de 24 años, graduado del colegio técnico de Berlín, que con la colaboración de Max Knoll consiguió desarrollar el

primer microscopio electrónico.(...) Debido a su enorme contribución a la microscopia electrónica, Ernst Ruska fue premiado con el premio Nobel en Física en 1986 (C2, I) (F, SP) (C2, SP) (A2, SP) (B1, SP) (B2, SP).

Este instrumento se compone fundamentalmente de un emisor electrones, un tubo al que se le hace el vacío y por el que se desplazan los electrones, tres lentes electromagnéticas (electroimanes) y una placa fotográfica. La primera lente (condensadora) dirige el haz de electrones hacia la muestra. La segunda (objetivo) recoge los electrones que han atravesado la muestra y los concentra en la tercera lente (proyectora) que realiza la ampliación de la imagen. Finalmente los electrones imprimen la imagen aumentada sobre la placa fotográfica.

Al tener los electrones una longitud de onda mucho menor que la de la luz, pueden diferenciar dos objetos muy pequeños y que estén muy próximos sin que se vean solapados o borrosos, dando al microscopio electrónico una gran resolución. El límite de resolución de este aparato es del orden de 0.0005 micras, el tamaño de una molécula grande, de modo que es común trabajar hasta con 60.000 aumentos” (A2, SP).

La alusión a que la dualidad onda-corpúsculo fue “descubierta” transmite (I) una visión ateórica (C2) de la actividad científica, ignorando el marco teórico que influyó en su establecimiento. Por otro lado, esta naturaleza dual de la materia evita incidir (SP) en la visión exclusivamente analítica (F) puesto que señala la unificación entre campos que se creían inconexos, como se ha evidenciado en paneles anteriores.

El surgimiento de la “microscopia electrónica” a partir de la naturaleza dual de la materia sale al paso (SP) de la visión ateórica (C2).

Consideramos que en el texto se cuestiona la visión individualista (B1) mostrando que “Ernst Ruska con la colaboración de Max Knoll...”, saliendo al paso (SP) de la misma. En lo referente a la visión elitista (B2), creemos que sale al paso (SP) de la misma por destacar la aportación a la ciencia de “un estudiante de 24 años”. Finalmente, la alusión al desarrollo del “microscopio electrónico” evidencia una consideración de la importancia (SP) del papel tecnológico (A2).

Se muestra en el último párrafo la importancia (SP) concedida a la tecnología (A2) al aludir al microscopio electrónico.

En el pasillo que conecta esta sala con la siguiente, se pueden encontrar ordenadores con juegos para el acercamiento de los niños a la ciencia, a través de preguntas y respuestas, sin que se pueda destacar nada referente a las visiones de la ciencia, aunque sí la aparición de la ingravidez en una nave en órbita, ¡debido a la ausencia de gravedad! También aparece información sobre elementos del museo, así como murales con principios del electromagnetismo.

5.1.3.6. Análisis de la sala “Las tecnologías y la industria: Objetos indispensables”

Al igual que en el espacio dedicado a las ciencias experimentales, podemos encontrar diferentes elementos. En primer lugar, un panel denominado **“Una introducción a la colección de la tecnología”** da acceso a la misma. En él podemos leer:

“En esta sección van a encontrar los antecesores de muchos instrumentos que facilitaron la vida de nuestros abuelos y de nuestros padres, que son predecesores de otros muy similares que nos son absolutamente indispensables cada día (A1, SP) (A2, SP).

(...) Todos ellos suponen la aplicación industrial de muchas de las experiencias científicas comprobadas dentro del mundo científico y experimental (C1, I).

(...) La tecnología y la industria tendrán la posibilidad de participar en la creación de un gran museo, que pretende, además, proporcionarles un punto de encuentro con el mundo de la investigación actual” (A1, SP).

En este panel se destaca (SP) claramente la relación ciencia-tecnología (A2) -sociedad (A1), en alusiones a instrumentos que *“facilitaron la vida de nuestros abuelos y nuestros padres”*. Esta contextualización (A1) también se aprecia (SP) en la relación técnica e industrial manifestada en el último párrafo.

La alusión a *“experiencias científicas”* muestra (I) un carácter empírico (C1) de la actividad científica donde no parece tener cabida la acción orientadora de las hipótesis.

Una serie de carteles ayudan a comprender la intención de esta parte de la exposición. Frente a todos ellos, aparecen grandes espacios con artefactos que pretenden resaltar la importancia de la tecnología en la sociedad actual y en el pasado, como detallaremos a continuación.

En el panel **“El ingenio humano en sus útiles y herramientas”** podemos leer:

“La historia de la humanidad va ligada al empleo de útiles, herramientas y máquinas, desde una sencilla punta de flecha hasta el más moderno acelerador de partículas. Multitud de los aparatos de los que hoy disfrutamos, hunden sus raíces en ingenios que vieron la luz hace más de un siglo. Desde nuestra perspectiva, todos éstos han cumplido, y cumplen, su papel en el momento histórico en los que les tocó nacer. Todos ellos llevan impresa la huella del ingenio y de la habilidad de una enorme cantidad de personas que hicieron posible un crecimiento, impensable hace sólo unos años, de la técnica en nuestros días (C2, SP) (B1, SP).

Desde el despertador que suena por la mañana en nuestra mesilla, pasando por la cafetera del desayuno, el vehículo que nos lleva a nuestro trabajo, el ordenador, el teléfono, la radio, la televisión, el bolígrafo etc., nos recuerdan que vivimos en un mundo tecnológico.

Este mundo tuvo su gran despegue en la primera mitad del siglo XVIII, con la transformación de fenómenos naturales conocidos en fuentes de energía rentables y de aplicación generalizada. La máquina de vapor, primero en las minas y luego en los ferrocarriles, cambió el curso de la humanidad. Nuevas industrias, nuevas necesidades, nuevos productos que nos conducen a velocidades vertiginosas al mundo que conocemos actualmente” (A1, OD) (A1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

Encontramos numerosas referencias a la relación C-T-S, evitando (SP) tratamientos descontextualizados (A1), como apreciamos en las referencias a que *“la historia de la humanidad va ligada al empleo de útiles...”* o bien a que *“la máquina de vapor cambió el curso de la humanidad”*. Sin embargo, consideramos que no contempla (OD) las implicaciones medioambientales (A1) asociadas, entre otras cosas, por ejemplo, a la utilización de fuentes de energía renovables que eviten problemas como el incremento del efecto invernadero y las graves consecuencias que está generando en el cambio climático global.

La importancia concedida a la tecnología (A2) se aprecia (SP) en todo el panel en las alusiones a herramientas y máquinas y su relevancia en nuestras sociedades.

Por otro lado, a consideración que los principios desarrollados en ingenios *“que vieron la luz hace más de un siglo”* se aplican en *“multitud de los aparatos de los que hoy disfrutamos”*, nos permite suponer que sale al paso (SP) de la visión atórica (C2).

En el panel se señala (SP) también el contexto histórico (E2), que muestra una evolución del desarrollo tecnológico. Además, la alusión a “*multitud de personas*” que han contribuido a este desarrollo técnico, nos permite precisar (SP) un cuestionamiento de la visión individualista (B1).

Dentro de esta sala encontramos tres secciones diferentes. Pasamos a detallar cada una de ellas.

Las tecnologías de la cultura moderna

En un primer panel dedicado a la “**Cultura moderna**” podemos leer:

“Si pretendiésemos remontarnos al punto desde el que surgió la fotografía, el cine o la reproducción de sonido, sería extremadamente arriesgado tratar de atribuir a una sola persona o a un determinado momento histórico el mérito de su ‘invención’. Si bien en 1824 Joseph Nicéphore Niépce realizó la primera heliografía (exposición a la luz del sol de una placa con una solución fotosensible), hubo que esperar a los trabajos de William Henry Fox Talbot que, con el desarrollo de los negativos en 1837, sentaron las bases de la fotografía moderna. Estos hechos representaron el primer paso de una nueva técnica que propiciaría el surgimiento de una verdadera manifestación artística (C1, OD) (C2, OD) (B1, SP) (A2, SP).

El caso del cine es similar, porque hablar de cine, no es hablar tanto de descubrimiento como de evolución. El hito que supone el 28 de diciembre de 1895, fecha en que se produjo la primera proyección de cine más o menos tal y como lo identificamos hoy, no hubiera sido posible sin una larga sucesión de pequeños o grandes descubrimientos que la precedieron y que trataron de crear la ilusión de movimiento (C2, I).

El registro y reproducción del sonido hace su aparición a finales del siglo XIX, cuando Tomas Alva Edison consigue reproducir su voz en un novedoso aparato, el tin-foil. La sucesión de mejoras introducidas en este aparato en los últimos años del siglo XIX dio lugar al gramófono y, después, al gramófono, patentado por Berliner en 1889” (B1, I) (A2, SP) (C2, SP) (E2, SP).

En el primer párrafo se muestra la dificultad que entraña la atribución de determinada aportación a su “*inventor*”. En esta perspectiva consideramos que se ha desaprovechado una excelente oportunidad (OD) para mostrar que los avances dentro del campo de la investigación deben incorporarse dentro de un adecuado marco teórico (C2) que enfocará una determinada problemática que se abordará a partir de hipótesis

fundamentadas (C1). Podemos considerar en cambio que sale al paso (SP) de la atórica (C2) al hablar de “*mejoras introducidas*” para disponer de gramófonos.

Por otro lado, en esta misma reseña al explicitar que “*sería extremadamente arriesgado tratar de atribuir a una sola persona el mérito de su ‘invención’*”, muestra una salida al paso (SP) de la individualista (B1).

Sin embargo, en la referencia a “*Tomas Alva Edison*” en el último párrafo incide (I) en un reduccionismo individualista (B1).

Consideramos además que al presentar que “*el desarrollo de los negativos*” repercutió en los trabajos de “*William Henry Fox Talbot*” sobre fotografía moderna, se aprecia (SP) cierta contribución tecnológica (A2) a este desarrollo. El cuestionamiento de este reduccionismo también se aprecia en la alusión al “*tin-foil*”.

Por otro lado, la evolución del género cineasta se atribuye a “*pequeños o grandes descubrimientos que la precedieron*”, lo cual denota una incidencia (I) en la visión atórica (C2).

De nuevo, apreciamos (SP) una consideración histórica (E2) al mostrar el texto una evolución de la fotografía, el cine o la reproducción de sonido.

En otro panel denominado “**Primeras grabaciones: máquinas parlantes y máquinas musicales: sonido**”, leemos:

“La grabación y reproducción de sonido se logra por primera vez en 1877, cuando Thomas Alva Edison construyó el fonógrafo... (B1, I) (A2, SP)

(...) Berliner sustituye el soporte cilíndrico por discos lacados y modifica el ángulo de incidencia de la aguja reproductora. Había nacido el gramófono...” (B1, I) (C2, SP).

Las alusiones por un lado a “*Thomas Alva Edison*”, y por otro a “*Berliner*”, nos permiten considerar que se incide (I) en el simplismo individualista (B1), ya que no hace mención al trabajo en equipo que se realiza en ciencia. Por otra parte la reseña al “*fonógrafo*” denota la importancia concedida (SP) a la tecnología (A2). Finalmente se destacan modificaciones realizadas por Berliner sobre el fonógrafo, que permite cuestionar (SP) el reduccionismo atórico (C2) al suponer un marco teórico acerca de este instrumento sobre el que poder avanzar y perfeccionar aquellos aspectos susceptibles de mejora.

En unas grandes vitrinas se exponen instrumentos y aparatos que hicieron más fácil la vida en épocas pasadas (**A1**, **SP**), con lo que se sale al paso (**SP**) de un tratamiento descontextualizado (**A1**).

Existe un monitor donde se amplía información acerca de los instrumentos y aparatos mostrados, similar a los existentes en el resto del museo.

Soluciones cotidianas

En esta sección podemos ver tecnologías de la vida cotidiana y en el ordenador: máquinas de coser, lavadora... Aparecen distintos textos pero sin referencias al medio ambiente. En general las repercusiones de la actividad científica y tecnológica en el medio ambiente no son tenidas en cuenta en el museo. Comentamos seguidamente algunas de las referencias encontradas en diferentes lugares de esta sala.

En el panel “**Soluciones Cotidianas**” podemos leer:

“Lavadoras, planchas, microondas, vitrocerámicas, máquinas de coser, refrigeradores, estufas, lavavajillas, despertadores... La presencia en lo cotidiano de los hogares de aplicaciones tecnológicas es realmente inagotable e imparable. Cada día van siendo más los trabajos que pueden ser realizados por máquinas. Las labores que, en un principio, se hacían a mano, en las que se invertía mucho tiempo y esfuerzo, encontraron en estas aplicaciones tecnológicas una forma de realización más cómoda, más rápida y, en la inmensa mayoría de los casos, más eficaz.

*Existen en los hogares aparatos considerados, hoy por hoy, imprescindibles. Si alguna vez hubo algún recelo en adquirirlos, éste ha quedado completamente difuminado hoy en día. Planchas y lavadoras son un ejemplo de ello. El desarrollo y propagación de estos ingenios ha sido realmente rápido. Su entrada en los hogares no fue generalizada en España hasta el segundo tercio de este siglo y, sin embargo, en nuestros días resulta extraño encontrar una vivienda en la que no se encuentren. Existen otros, como las máquinas de coser, que parecen haber cumplido ya su misión y que progresivamente van reservándose a lugares especializados. No obstante, algún tiempo atrás también fueron de uso común en la mayor parte de los hogares” (**A1**, **SP**) (**A2**, **SP**) (**E2**, **SP**).*

Se aprecia (**SP**) en todo el panel una visión contextualizada (**A1**), al menos en parte, al mostrar relaciones tecnología-sociedad. Se puede observar en las reseñas a que “*la presencia en lo cotidiano de los hogares de aplicaciones tecnológicas es realmente inagotable e imparable*”. Del mismo modo, la importancia de la tecnología (**A2**) se

manifiesta en la alusión a “microondas, vitrocerámicas, máquinas de coser...”. Finalmente, el marco histórico (E2) que muestra “el desarrollo y propagación de estos ingenios” es evidente (SP) también en todo el panel.

Va acompañado el panel de un monitor donde se puede leer más información acerca de utensilios utilizados actualmente, como por ejemplo, la lavadora. Este monitor es similar a los anteriores, podemos ver el contexto histórico y fundamento científico (E2, SP).

Comunicando nuestro planeta

En el panel, denominado “Comunicando Nuestro Planeta” se explicita:

“La tecnología de las comunicaciones ha tenido un desarrollo tan hondo desde 1800, que ha producido un cambio en el mundo de tal naturaleza que lo ha hecho irreconocible para cualquier habitante de aquel tiempo. Por supuesto a este cambio también han contribuido de forma decisiva los medios de transporte, eficaces y baratos, o el descubrimiento de potentes fuentes de energía, por ejemplo. Sin embargo, el impacto de todos ellos hubiera sido insignificante sin la tecnología que nos permite intercambiar la información de una manera cómoda, segura y fiable (C2, I) (A1, OD) (A2, SP).

Hoy los medios de comunicación están íntimamente unidos a nuestras vidas. Gracias a ellos ha sido posible enlazar lugares lejanos, acercando a países y continentes, logrando que entre ellos existiese un mayor conocimiento (A1, SP) (D, OD) (C2, OD) (E1, OD).

La comunicación de masas ha conocido en su historia avances espectaculares. La reproducción mecánica de textos escritos, gracias a invención de la imprenta en 1455 supuso una posibilidad de transmitir información, impensable hasta entonces. Desde ese momento, el telégrafo, teléfono, radio y televisión han posibilitado que el intercambio de información fuese cada vez más eficiente, hasta nuestros días. No obstante, estamos en una época en la que las redes informáticas, como Internet, son la gran apuesta de intercambio de información del futuro” (A1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

Se evidencia (SP) el desarrollo histórico (E2) sobre la tecnología de las comunicaciones. En esta evolución de la tecnología de las comunicaciones debería explicitarse (OD) la situación problemática (E1) que motivó ese desarrollo, que entendemos que pudiera considerarse la necesaria “comunicación entre masas”. Del mismo modo pensamos que

constituye una ocasión desperdiciada (OD) para hablar de la comunicación entre comunidades científicas, tanto para corroborar resultados de investigaciones como para informarse de los avances científicos del momento, saliendo al paso de la visión rígida (D) y de la ateórica (C2).

En todo el texto aparece referenciada (SP) una consideración de la relación tecnología-sociedad (A1), que se aprecia en alusiones como “*la tecnología de las comunicaciones ha producido un cambio en el mundo*” o la reseña a que “*hoy los medios de comunicación están íntimamente unidos a nuestras vidas*”. En el texto aparece, sin embargo, una ocasión desperdiciada (OD), a nuestro entender, para tratar de concienciar sobre un consumo moderado y una obtención energética a partir de recursos renovables que evite tratamientos descontextualizados (A1). La referencia que muestra explícitamente a esta ocasión alude al “*descubrimiento de potentes fuentes de energía*”. En esta misma reseña se incide (I) en la visión ateórica (C2), puesto que habla de “*descubrimiento*”.

Por otro lado, también visualizamos (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2) en referencias como “*telégrafo, teléfono, radio y televisión*”.

También va acompañado de un monitor, como en las secciones anteriores.

5.1.3.7. Análisis de la Sala Fotografía

En este espacio se puede observar la evolución de las técnicas fotográficas.

En un primer módulo denominado “**Cámaras fotográficas en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología: 1840-1990**” podemos leer:

“Con esta selección de cámaras, pretendemos mostrar la evolución de la fotografía a lo largo de más de 150 años y, paralelamente, el desarrollo de la técnica fotográfica y su aplicación científica.

La evolución de las cámaras es reflejo de la evolución de la sociedad, de la ciencia y de la industria. Las primeras cámaras, realizadas con buenas maderas, eran esmeradas obras de ebanistería. Con el tiempo se fueron introduciendo materiales menos valiosos, pero más resistentes y fiables, hasta que finalmente los plásticos permiten fabricar cámaras más baratas y asequibles para el conjunto de la población” (A1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

Se muestra (SP) en el texto la consideración histórica (E2) de la evolución fotográfica. También se aprecia la importancia del desarrollo de las cámaras en la sociedad, puesto que denota (SP) una evolución paralela entre ciencia-sociedad (A1), apreciable en la reseña “*la evolución de las cámaras es reflejo de la evolución de la sociedad*”. Además, se considera que se transmite una interrelación entre la ciencia y la tecnología que evidencia una evolución paralela y ligada. Esta consideración se señala en la alusión al “*desarrollo de la técnica fotográfica y su aplicación científica*”.

En el panel “**Los Inicios de la Fotografía**” podemos leer:

“Reproducir lo que el ojo ve ha sido siempre un anhelo humano. A lo largo de la historia han sido numerosos los intentos de reproducir la naturaleza de una forma mecánica y perdurable. Durante el s. XVIII se hicieron algunos avances mediante el fisiotrazo (un método para realizar retratos de una forma mecánica), pero no fue hasta mediados del s. XIX cuando Nicéphore Niépce (1765-1833) y Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1851) descubrieron la fotografía, fruto de un largo proceso de investigaciones científicas (E1, SP) (B1, SP) (C2, I).

En un primer momento encontraron un método para reproducir objetos por medio de sustancias sensibles a la luz, posteriormente descubrieron el método de reproducir esas imágenes por medio de la cámara oscura y finalmente el proceso de fijación mediante el cual se las hacía perdurables en el tiempo. A partir de entonces se desarrollaron nuevos métodos fotográficos: daguerrotipo, ambro-tipo, cianotipo, calotipo y finalmente el negativo de vidrio; que permitía sacar varias copias de una sola fotografía (C2, I) (G, I).

Con el desarrollo a finales del s. XIX de técnicas fotográficas asequibles y de cámaras de menor tamaño, la fotografía se hizo muy popular y fue ampliamente utilizada por las clases alta y media (no sólo por profesionales). Un paso fundamental fue el dado por Kodak con la introducción del carrete en 1888; gracias a este sistema las fotografías eran más fáciles de realizar, y tenían un revelado mas sencillo, que era posible llevar a cabo en laboratorios especializados” (A1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

Se muestra en el texto la evolución de la fotografía y de las técnicas fotográficas, saliendo al paso (SP) de una visión ahistórica (E2).

En el primer párrafo se puede dilucidar (SP) la situación problemática (E1) que condujo a esta evolución de la disciplina fotográfica, ya que se reseña que “*reproducir lo que el*

ojo ve ha sido siempre un anhelo humano". Además, se aprecia (SP) una consideración al trabajo colectivo (B1) que debe mostrar la actividad científica cuando alude a la aportación conjunta de "*Nicéphore Niépce y Louis Jacques Mandé Daguerre*". Por otro lado, al señalar el "descubrimiento" de la fotografía se incurre (I) en un reduccionismo atóxico (C2).

Se muestra (SP) la relación ciencia-sociedad (A1) por las referencias que especifican que "*la fotografía se hizo muy popular y fue ampliamente utilizada por las clases alta y media*", evitando tratamientos excesivamente descontextualizados.

Además, se muestra (SP) la importancia de la tecnología (A2) puesto que alude a sistemas tecnológicos, "*cámara fotográfica*", en continua evolución posibilitando un desarrollo de la fotografía.

El segundo párrafo nos transmite (I) un crecimiento acumulativo y lineal (G), puesto que expone que "*en un primer momento encontraron..., posteriormente descubrieron... y finalmente...*".

En el módulo "**Fotografía para Todos**" podemos leer:

"Durante la década de 1920 la fotografía se universalizó. Cualquier persona podía realizar fotos familiares, de viajes o de recuerdo. En esta época las antiguas cámaras de madera evolucionaron a los nuevos diseños o tipos: plegables, réflex para reporteros, las llamadas de cajón (las de más sencillo manejo), klapps, miniatura, detective, espía, etc. (A1, SP) (A2, SP).

Dos tipos de cámaras tuvieron un mayor desarrollo; las denominadas de 'cajón', con foco fijo y poca calidad y las plegables o 'folding', con enfoque, diafragmas y distintas velocidades, lo que las daba mayor versatilidad, así como la posibilidad de realizar buenas fotografías en condiciones muy diversas, todo ello unido a su facilidad de manejo y pequeño tamaño".

De nuevo se explicita (SP) una consideración a la visión descontextualizada (A1) al afirmar que "*cualquier persona podía utilizar las cámaras fotográficas*". Además, se referencian muchos diseños tecnológicos que entendemos avanzaron la disciplina de la fotografía, de ahí que consideramos que se manifiesta (SP) la importancia de la tecnología (A2).

El panel **“La Moda Estereoscópica”** especifica:

“A principios de s. XX y hasta los años veinte se produjo el boom de la estereoscopia (la realización de dos tomas bajo diferente ángulo de una misma imagen, que vistas con un aparato especial producen una imagen tridimensional). En estos años se vendieron gran número aparatos fotográficos y visores estereoscópicos.

Anteriormente, durante el s. XIX la estereoscopia había sido una práctica de carácter industrial, existían casas comerciales que vendían ‘postales estereoscópicas’, pero a finales de ese siglo esta tendencia se invirtió y un gran número de aficionados realizaba sus propias placas.

A partir de finales de la década de 1920 la fotografía estereoscópica pasó a ser un mero divertimento o una curiosidad poco utilizada” (E2, SP) (A1, SP)(A2, SP).

Se muestra en el panel el desarrollo histórico de la estereoscopia, motivo por el cual precisamos que sale al paso (SP) de la visión ahistórica (E2).

Se sobreentiende que el avance de la estereoscopia fue paralelo al desarrollo de *“aparatos fotográficos y visores estereoscópicos”*. De ahí que entendamos que se contribuye a mostrar (SP) una interrelación entre ciencia y tecnología (A2).

De nuevo sale al paso (SP) de incidir en la visión descontextualizada (A1) por mostrar relaciones entre tecnología-sociedad puesto que referencia el uso de la fotografía estereoscópica. Además se aprecia la demanda existente en las reseñas *“en estos años se vendieron gran número aparatos fotográficos y visores estereoscópicos”* y en *“un gran número de aficionados...”*.

En el panel dedicado a **“Las Cámaras de 35 Milímetros”** podemos leer:

“La introducción de las cámaras de 35 milímetros fue un paso fundamental para la fotografía. El desarrollo de la óptica y la mecánica permitieron la utilización de negativos de pequeño formato con una gran calidad. La imagen del negativo se podía ampliar ofreciendo calidades semejantes a los negativos de mayor tamaño, utilizados en cámaras anteriores (E, SP) (C2, SP).

La pionera en este tipo de cámaras pequeñas y de gran calidad, fue la Leica (‘Leitz Camera’), introducida a mediados de la década de 1920, por Ernst Leitz seguida por la Contax producida por Carl Zeiss. Algunas marcas copiaron, con más o menos pudor, la filosofía de esta cámara, de pequeño formato y tecnología avanzada. Debido a su gran

calidad, reducido tamaño, facilidad de manejo y a la intercambiabilidad de objetivos, fue adoptada por reporteros y fotógrafos profesionales desde un primer momento, alcanzando en poco tiempo una gran difusión” (B1, I) (C2, SP) (A1, SP) (A2, SP).

En el primer párrafo denotamos la existencia de las implicaciones de dos disciplinas científicas, óptica y mecánica, en la fotografía. Por este motivo, precisamos que sale al paso (SP) de la visión exclusivamente analítica (F). Se puede considerar también, siguiendo con los criterios amplios que venimos utilizando, que sale al paso (SP) de la atórica (C2) al hacer referencia directa al cuerpo de conocimientos en el que se basan los avances tecnológicos. Una referencia que muestra este aspecto se recoge en *“algunas marcas copiaron la filosofía de esta cámara”*.

Se incide (I) en la visión individualista (B1) por mostrar el avance tecnológico de la fotografía como obra de un individuo. Esta consideración aparece en la alusión a *“Ernst Leitz”,* y posteriormente a *“Carl Zeiss”*.

La alusión a que la cámara fue adoptada por *“reporteros y fotógrafos profesionales desde un primer momento”,* permite afirmar que sale al paso (SP) de tratamientos descontextualizados (A1) por mostrar influencias tecnología-sociedad.

De nuevo consideramos que muestra (SP) la importancia de la tecnología (A2), por detallar desarrollos en los sistemas tecnológicos de diferentes modelos de cámaras que influyen en el desarrollo de la fotografía.

En el panel **“Las Cámaras Réflex”** podemos leer:

“Un tipo diferente de cámara es la denominada cámara réflex, aquella en la que podemos ver el campo a fotografiar a través del propio objetivo. Existen principalmente dos tipos de cámaras réflex: de uno y de dos objetivos.

Las réflex de dos objetivos fueron desarrolladas por la casa Rollei, con la Rolleiflex, y por la casa Zeiss, con su cámara Contaflex. La industria fotográfica japonesa, especialmente la casa Mamiya, produjo igualmente cámaras réflex de dos objetivos de alta calidad.

Las réflex de un objetivo han sido las más populares desde los años 60 hasta la actualidad. Con ellas Japón se hizo con el mercado de la cámara fotográfica, relegando a las marcas alemanas a un segundo plano; a pesar de que este tipo de

cámaras había sido desarrollado en Alemania, con marcas como Ihagee y Zeiss, con la Exacta y la Contaflex.

Las cámaras réflex siguen siendo muy utilizadas por los profesionales de la publicidad, la moda, el reportaje, el deporte, etc., así como por aficionados” (A1, SP) (A2, SP).

Se aprecia (SP) la repercusión de este tipo de cámaras en la sociedad (A1), debido a la existencia de una demanda social de este tipo de tecnología, aspecto que se muestra en la alusión a la existencia de un “mercado de la cámara fotográfica”.

La explicitación de diferentes tipos de cámaras réflex muestra (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2).

El siguiente panel denominado “**Cámaras de Usos Especiales**” especifica:

“La fotografía tiene entre otros muchos usos, los de carácter científico. Cámaras acopladas a microscopios o telescopios son utilizadas para registrar imágenes biológicas o estelares; utilizando películas sensibles a distintas zonas del espectro se pueden estudiar objetos bajo radiaciones no visibles (ultravioleta, infrarrojo, etc.)

La fotografía es, también, un elemento esencial para trabajos de topografía y geodesia, bien mediante fotografía aérea o con cámaras terrestres fotogramétricas. El levantamiento de planos a partir de la fotografía se basa en el efecto estereoscópico, mediante el cual al visionar mediante un aparato especial dos fotografías correlativas se puede obtener la sensación de relieve. El método consiste en la toma de unos puntos fijos del terreno, que se identifican en la fotografía, con los que se obtiene una base, sobre la que se realiza el levantamiento planimétrico y altimétrico” (A1, SP) (A2, SP).

Se muestran las aplicaciones técnicas que posibilitan el desarrollo de la ciencia, como el “microscopio” o el “telescopio”. También muestra la relación entre las “técnicas fotográficas y la topografía”, señalando la importancia concedida (SP) al papel tecnológico (A2) en su contribución al desarrollo de la ciencia.

Además, el panel muestra (SP) la importancia de las cámaras fotográficas, facilitando el trabajo de geógrafos, topógrafos, evitando un tratamiento descontextualizado (A1).

5.1.3.8. Análisis de la Sala Relojes y Maquinarias

Se trata de un espacio dedicado a los relojes, a la medida del tiempo. Como se señala en la web:

“En esta exposición se presentan algunos de los relojes más importantes de una colección que ha sido muy potenciada en los últimos años con recientes adquisiciones.

La política del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología por completar lagunas temáticas ha permitido que poco a poco vayamos contando con estas máquinas complejas y, a menudo, tan sorprendentes”.

Pasamos a analizar los paneles que aparecen en este espacio. En el primero denominado **“Tiempos precisos”** se especifica:

“El reloj es un aparato que nos parece cotidiano y sencillo, pero no siempre ha sido así. A lo largo de la historia, el hombre ha intentado medir el tiempo, para lo que ha ido diseñando diferentes instrumentos, unos medían tiempo relativo o sucesos cortos, como los relojes de arena, aceite o agua; otros el tiempo real o la hora, como los relojes de sol. Pero no fue hasta la invención del reloj mecánico a finales de la Edad Media, cuando estos relojes comenzaron a ser de uso más frecuente (E1, SP).

Relojes de gran tamaño en torres y campanarios, regían la vida de la comunidad, y finalmente, la técnica permitió, que se convirtieran en objetos portátiles, hasta llegar a tenerlos de una forma casi permanente en nuestra muñeca, sin que por el momento lo hayamos sustituido por otro objeto más funcional (A1, SP) (A2, SP) (E2, SP).

El trabajo del relojero se realizaba en muy poco espacio con una mesa y muchas herramientas, cada pieza del reloj necesita un tipo de herramientas y cada operación tiene sus útiles específicos. Antes de la fabricación en serie, era el trabajo de un artesano, las piezas se realizaban y ajustaban a mano, una a una, y no eran intercambiables. Entre las máquinas utilizadas para su fabricación y reparación, estaban los diferentes tipos de tornos y fresas. Para el diseño de algunos elementos, se necesitaban amplios conocimientos de matemáticas y geometría” (A2, SP) (C2, SP).

Se especifica (SP) al inicio del texto la problemática (E1) que condujo al diseño de los diferentes relojes, que se centra en la *“medición del tiempo”*.

Por otro lado, la alusión a que *“regían la vida de la comunidad”*, muestra (SP) una salida al paso de la visión descontextualizada (A1), al señalar relaciones tecnología-

sociedad. Además, se aprecia (SP) la importancia atribuida a la tecnología (A2), en alusiones a “relojes de arena, reloj mecánico, tornos, fresas,...”.

El aspecto histórico (E2) queda contemplado (SP) en la evolución expuesta sobre el reloj.

Consideramos que al final del último párrafo contribuye a salir al paso (SP) de la atórica (C2) ya que hace referencia al cuerpo de conocimientos necesario para elaborar los instrumentos.

5.1.3.9. Análisis de la Sala Medicina

En esta sala, que en la web se denomina: “**Vivir más y mejor: nuestra meta**”, se presentan diferentes aspectos de este campo, como es la parte terapéutica, la farmacología, la salud y la higiene, la historia de la medicina, etc.

En el panel “**Medicina e Higiene**” podemos leer:

“La historia de la medicina, al igual que la de otras ciencias y técnicas, se construyó en ocasiones mediante la identificación y la enumeración de personajes ilustres y sus descubrimientos considerados señeros. Esta tendencia historiográfica del pasado ha visto notablemente disminuido el número de sus adeptos a favor de otro tipo de estudios que pretenden destapar los pensamientos, las motivaciones y otros condicionantes que envuelven a la medicina y a los profesionales de la sanidad en su devenir histórico (A2, SP) (B1, SP) (B2, SP).

La exposición se propone responder a inquietudes derivadas de este último punto de vista en la investigación. Estructurada según diferentes ámbitos de aplicación de los conocimientos médicos, en ella se ven reflejadas diferentes técnicas que discurren paralelas a problemas sociales y a corrientes de pensamiento, de modo que, conjuntamente, construyen una pequeña muestra de la historia de la medicina, especialmente desde el siglo XIX en adelante. No pretendemos fijar la atención de los visitantes sobre importantes personajes, acompañados de sus logros, sino mostrar algunos testimonios materiales de preocupaciones de los seres humanos acerca de su supervivencia y su calidad de vida” (B2, SP) (A1, SP) (E2, SP) (E1, SP).

En el texto podemos ver la intencionalidad de mostrar (SP) aspectos históricos (E2) relacionados con la disciplina médica, enfocados a abordar (SP) las “preocupaciones de

los seres humanos acerca de su supervivencia y su calidad de vida” (E1). Consideramos que podría salir al paso (SP) de la visión elitista e individualista al criticar el hecho de que muchas veces se nombran únicamente a célebres científicos (B2) y sus descubrimientos “*señeros*” (B1). Además, el panel destaca que no pretende “*fijar la atención de los visitantes sobre importantes personajes, acompañados de sus logros*”.

Se aprecia también en el texto que sale al paso (SP) de una visión descontextualizada (A1) por mostrar la relación ciencia-técnica-sociedad, como muestra la reseña “*en la medicina se ven reflejadas diferentes técnicas que discurren paralelas a problemas sociales*”.

Además, en el texto se aprecia (SP) la importancia concedida a la tecnología (A2) ya que explicita que “*la medicina, al igual que la de otras ciencias y técnicas...*”.

En un monitor similar a los demás, encontramos:

“Salud y superstición

El conocimiento de las enfermedades y las técnicas para tratarlas constituye uno de los saberes más antiguos del hombre. Ya de la prehistoria datan intervenciones quirúrgicas como la trepanación, que consistía en perforar el cráneo, para tratar tumores o hemorragias cerebrales. Y es que al ser su objeto de estudio nuestro propio cuerpo, la medicina siempre ha estado relacionada con la religión, la astrología o la pura superstición, como atestiguan los exvotos, pequeñas figuras depositadas en las iglesias con las que los enfermos intentaban procurarse el favor divino” (A1, SP).

Se aprecia (SP) la relación ciencia-sociedad (A1) al referenciar que “*el conocimiento de las enfermedades y las técnicas para tratarlas constituye uno de los saberes más antiguos del hombre*”, evitando incidir en tratamientos descontextualizados.

En otros estantes leemos:

“En todas las épocas y culturas las creencias han jugado un importante papel en la curación. Este punto de vista antropológico de la medicina ha dejado como testimonio material los amuletos y los exvotos”.

“La higiene es la ciencia que trata de la salud y de su conservación. Desde finales del S. XIX, las autoridades sanitarias han propuesto diferentes medidas para su cuidado dadas a conocer a la población mediante campañas publicitarias” (A1, SP).

Se muestran (SP) las implicaciones ciencia-sociedad (A1) en la reseña que manifiesta que *“la higiene es la ciencia que trata de la salud”*, además de la importancia de dar a conocer la necesidad de la higiene a la población.

En otra vitrina leemos: *“primeras aplicaciones de corrientes eléctricas con fines curativos”* (A1, SP).

Se denota (SP) en esta referencia una relación entre la ciencia y la sociedad (A1).

En otra vitrina leemos:

“Terapéutica farmacológica: <sustancias para curar>” donde se explica: *“contradicciones en el mundo actual sobre alimentación y medicación de la población”* (A1, SP).

Se puede apreciar (SP) en esta referencia una relación entre la ciencia y la sociedad (A1).

“Terapéutica quirúrgica”: *“...es la que trata las enfermedades por métodos manuales o con instrumentos especiales”* (A2, SP).

La alusión a una instrumentación específica permite concluir una importancia (SP) de los aspectos técnicos (A2) que inciden en el desarrollo de una determinada disciplina.

Continúa diciendo: *“La incorporación de las anestésicas, inicialmente el éter, a mediados del s. XIX, supone un paso decisivo para la cirugía. Su utilización de nuevas y mejoradas anestésicas ha permitido disminuir el dolor, realizar largas operaciones y disminuir los problemas postoperatorios. A partir de este momento, la cirugía goza de más adeptos, más prestigio social y más escuelas en España y en todo el mundo”* (A1, SP).

En este texto se referencia (SP) la relación ciencia –sociedad (A1), mostrando implicaciones de la cirugía y de sus avances sobre la sociedad.

Se observan unos carteles gráficos donde se dan consejos de higiene y alimentación, por ejemplo leemos:

“La lactancia materna: lo más eficaz en la lucha contra la mortalidad infantil” (A1, SP).

La alusión (SP) a las implicaciones ciencia-sociedad (A1) se muestran al aludir que la alimentación repercute en la salud, evitando incidir en tratamientos descontextualizados.

5.1.3.10. Análisis de la Sala Medios de Transporte y Juegos

En el panel titulado “Medios de Transporte y Juegos” podemos leer:

“Los medios de transporte han experimentado una evolución espectacular desde sus principios. Las primeras máquinas para desplazamientos individuales en las que se prescindió de animales de tracción fueron los ciclos (y sus variaciones en bicicletas y triciclos). Aunque habitualmente tratados como medio de distracción, los ciclos constituyeron un avance notable en la capacidad individual de movimiento mediante artilugios mecánicos (E1, SP).

En 1885 T. Daimler y W. Maybach recibieron la confirmación de la patente de lo que podría considerarse la primera motocicleta de la historia. El primer automóvil también nació de la mano de Daimler en 1886, en evidente competencia con Carl Friederich Benz que unos meses antes había construido un triciclo con un motor de cuatro tiempos (B1, SP) (B1, I).

Hasta 1894 Carl Benz no vio construido su famoso ‘Velo-Benz’, que fue el primer coche del mundo fabricado en serie. La evolución del automóvil es meteórica. En 1901, año en el que Emil Jellinek ponía caprichosamente el nombre de Mercedes a un coche que había hecho fabricar expresamente a Daimler, se ponía fin a la Historia Antigua del Automóvil, y se sentaron las bases de lo que hoy en día conocemos como tal. Sin embargo, los automóviles no comenzaron a ser bienes asequibles hasta que el norteamericano Henri Ford no construyó su Ford Modelo T, a partir del cual estos vehículos cobraron gran popularidad” (B1, I) (A1, SP) (A1, OD) (A2, SP) (E2, SP).

Consideramos que incide (I) en la visión individualista (B1) porque presenta las invenciones como trabajo de una sola persona pero no tiene en cuenta el equipo que ha colaborado con él. En este sentido, la única alusión al trabajo colectivo (B1) se expresa (SP) en la referencia del trabajo conjunto de “T. Daimler y W. Maybach”.

Por otro lado, se aprecia en todo el texto una consideración a la evolución histórica en torno al automóvil, lo cual nos permite afirmar que sale al paso (SP) de la visión ahistórica (E2).

Además se evidencia (SP) la repercusión social (A1) de la evolución del automóvil ya que se especifica que “*estos vehículos cobraron gran popularidad*”. Consideramos también que se ha desaprovechado una ocasión (OD) para referenciar las repercusiones negativas de la utilización del automóvil desde un punto de vista medioambiental (A1).

La referencia al proceso de fabricación y a la evolución desde el punto de vista tecnológico del automóvil permite mostrar (SP) la importancia atribuida a la tecnología (A2).

Finalmente, podemos dilucidar (SP) la situación problemática inicial (E1) que propició el posterior desarrollo desde los ciclos hasta los automóviles en la remarca que explicita y que se centra en la obtención de “*artilugios mecánicos que posibilitan un avance notable en la capacidad individual de movimiento y que prescindieran de animales de tracción*”.

Vehículos y otros elementos móviles

En esta sección se muestran diferentes vehículos (coches antiguos de paseo, de carreras, motos, etc.), con referencias a la evolución e importancia de los mismos, pero sin tener en cuenta los problemas que su uso ha generado (combustibles, agotamiento, contaminación, tráfico, contaminación acústica, etc.) (A1, OD). Se trata de la sala Juan de Rojas, que junto a los vehículos de la entrada al museo, constituyen el conjunto dedicado a los medios de transporte.

Termina aquí el análisis de cada una de las secciones de que consta el museo. Intentaremos ahora globalizar los resultados que hemos ido presentando de manera detallada.

5.1.4. RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DEL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MADRID

A continuación pasamos a sintetizar los resultados globales del análisis de este museo de acuerdo con las mismas pautas que en el Museo Interactivo de Ciencia de Málaga (cuadros 5.3 y 5.4), indicando, en una primera tabla, a título de ejemplo de la forma en que hemos procedido a recopilar los resultados, las salas del museo hemos detectado alusiones a la visión descontextualizada (ver **cuadro 5.3**); en una segunda proporcionaremos el número de veces aparecen referencias a cada una de las visiones deformadas en que en las diferentes salas del museo (ver **cuadro 5.4**).

Cuadro 5.3. Referencias a la visión descontextualizada en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i>	<i>INCIDE</i>	<i>INCIDE (por omisión)</i>
<p>A1 <i>Descontextualizada, socialmente neutra, ignora las relaciones CTSA</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción (5) - Patrimonio científico=Patrimonio histórico (7) - Medir nuestro entorno (3) - Medir el universo (3) - Entre prismas y espejos (1) - Mecánica (1) - Electricidad y magnetismo (1) - Meteorología (1) - Ciencias biomédicas, de la Tierra y Química (2) - Las Tecnologías y la industria (3) - Tecnologías de la cultura moderna (1) - Soluciones cotidianas (1) - Comunicando nuestro planeta (2) - Fotografía (7) - Relojes y maquinarias (1) - Medicina (7) - Medios de transporte y juegos (1) 		<ul style="list-style-type: none"> - Mecánica (3) - Meteorología (1) - Calor (2) - Las Tecnologías y la industria (1) - Comunicando nuestro planeta (1) - Medios de transporte y juegos (2)

Como nos muestra la tabla en la mayoría de ocasiones se cuestiona el tratamiento descontextualizado. No se han señalado incidencias directas a este reduccionismo puesto que, como hemos indicado anteriormente, es extremadamente difícil incidir por acción en la visión descontextualizada ya que para ello deberían negarse explícitamente las relaciones CTSA. Sin embargo, conviene recalcar que se han encontrado ocasiones en que no se han mostrado estas relaciones (consideradas incidencias por omisión) cuando los paneles presentaban un contenido idóneo para abordar la ciencia en su contexto. Finalmente destacamos que, de las ocasiones que cuestionan esta visión deformada, la mayoría no contemplan la totalidad de las implicaciones CTSA, obviando generalmente la dimensión ambiental.

Ésta es, pues, la forma en que hemos procedido a recoger los resultados para cada visión deformada, lo que permite dirigirse a los análisis de cada una de las salas indicadas (descritos previamente con detalle) para su verificación.

Cuadro 5.4. Resultados globales de las referencias a las visiones deformadas en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid

<i>VISIÓN</i>	<i>SP Nº de veces</i>	<i>I Nº de veces</i>	<i>OD Nº de veces</i>
A1 <i>Descontextualizada</i>	47	0	10
A2 <i>y minusvalora la tecnología</i>	66	0	0
B1 <i>Individualista</i>	13	28	0
B2 <i>Elitista</i>	3	10	0
C1 <i>Empiro-inductivista</i>	5	12	5
C2 <i>Ateórica</i>	25	13	5
D <i>Rígida, algorítmica, infalible</i>	6	3	2
E1 <i>Aproblemática</i>	17	0	4
E2 <i>Ahistórica</i>	46	0	0
F <i>Exclusivamente Analítica</i>	10	0	1
G <i>Visión acumulativa</i>	6	1	1

Como señalábamos al principio de este capítulo, se ha elegido mostrar, como segundo ejemplo, el resultado del análisis detallado de este museo ya que es uno de los visitados hasta el momento en el que hemos encontrado, globalmente, una visión más adecuada de la actividad científica y tecnológica. De hecho, la mera observación del cuadro de resultados globales (**cuadro 5.4**) nos podría hacer pensar que los resultados son incluso muy positivos, ya que son muchos los momentos en la visita al museo en los que se ha podido encontrar que sale al paso de algunas de las visiones deformadas. Sin embargo, no debemos olvidar que los criterios utilizados han permitido contabilizar todas aquellas ocasiones en que, en la forma que fuese, por muy superficial que sea, aparece alguna referencia a dichos aspectos, incluso cuando, como de hecho es frecuente en el museo, se hace de una forma en que pasa completamente desapercibido para los visitantes.

Teniendo en cuenta todo ello, en particular, es de resaltar la atención prestada en el museo a la contextualización de la ciencia y la tecnología, en el plano social fundamentalmente como ya hemos señalado, así como a la relevancia dada a la tecnología y a los aspectos históricos, saliendo al paso de una visión ahistórica de la ciencia y la tecnología.

Debemos puntualizar el significado de las cifras que aparecen en la columna “incide por omisión”. Enumeran aquellas ocasiones en que hemos echado claramente en falta referencias que hubieran resultado plenamente funcionales para salir al paso de alguna deformación. Pero en realidad, más allá de las cifras de esta columna, deberemos

considerar que un museo incide por omisión en visiones deformadas si no aparece claramente su cuestionamiento en la columna “sale al paso”. En ese sentido podemos decir que este museo incide “por omisión”, es decir, por falta de atención suficiente, en las visiones individualista y elitista, algorítmica, aproblemática, exclusivamente analítica y acumulativa lineal.

Queremos terminar los comentarios acerca de los resultados obtenidos del análisis del museo señalando que, como se habrá podido constatar en el análisis detallado realizado, el contenido del museo no está concebido para proporcionar a los visitantes una visión de la ciencia y la tecnología que salga al paso de los reduccionismos y distorsiones habituales: ello obligaría a un tipo de presentación diferente, menos incidental, de las características del trabajo científico y tecnológico. Lo que sí permite la actual presentación es poder utilizar el museo, *mediante una preparación previa de los visitantes*, que les haga *buscar* la información pertinente, para reforzar el cuestionamiento de algunas de las visiones deformadas. Dicho con otras palabras: el museo no pretende llamar la atención sobre estas cuestiones, pero su contenido permite -si los visitantes llegan con ese propósito- encontrar información que apoya concepciones no distorsionadas, aunque casi siempre de forma muy incidental, que pasa desapercibida a la generalidad de los visitantes. Es más, la mayor parte de la información “positiva” encontrada, aparece en paneles que *no forman parte del contenido permanente del museo*. De hecho en una visita posterior realizada en Mayo de 2008 pudimos constatar que muchos de dichos paneles –de los que conservamos las fotografías que tomamos en la primera visita- habían sido retirados, debido, según se nos informó, a un replanteamiento de la presentación. Hemos mantenido, sin embargo, nuestro análisis para mostrar un ejemplo lo más desfavorable posible para nuestra hipótesis de trabajo.

Una vez presentados con detalle los análisis de dos museos, se muestran a continuación los resultados globales correspondientes al conjunto de los 20 museos visitados hasta el momento. Recordamos que en los anexos puede consultarse el análisis detallado del resto de estos museos.

5.2. RESULTADOS GLOBALES OBTENIDOS EN LOS ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MUSEOS VISITADOS

Seguidamente nos detendremos en el estudio de los resultados para cada aspecto de la red de análisis por separado. Esto nos permitirá identificar las tendencias detectadas en cuanto a la transmisión o no de cada una de dichas visiones deformadas en los museos.

5.2.1. TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN DESCONTEXTUALIZADA

Las alusiones a la visión descontextualizada en los museos analizados se recogen en el **cuadro 5.5**, a partir del cual 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 5.5. Referencias a la visión descontextualizada en los museos de ciencia

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO (nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE (nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE (por omisión) (nº de veces en cada museo)</i>
A1 <i>Descontextualizada</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):20 - Museo de las ciencias (Cuenca):33 - Parque de las Ciencias (Granada):51 - Casa de la ciencia (La Coruña):19 - Domus (La Coruña):19 - MNCT (Madrid):47 - Cosmocaixa (Madrid):4 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):20 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):32 - mNACTEC (Terrassa):64 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):47 - Exposición Darwin (Valencia):4 - Museo de la Ciencia (Valladolid):46 - Museo Maloka (Bogotá):27 - Museo de las CCNN (Córdoba):10 - Museo de las CCNN (La Habana):4 - Sciencie Museum (Londres):25 - Arts et Metiers (París):36 - Sciencie Museum (Tokio):21 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - Casa de la ciencia (La Coruña):1 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Sciencie Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Sciencie Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):14 - Museo de las ciencias (Cuenca):24 - Parque de las Ciencias (Granada):24 - Casa de la ciencia (La Coruña):7 - Domus (La Coruña):12 - MNCT (Madrid):10 - Cosmocaixa (Madrid):11 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):23 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):11 - mNACTEC (Terrassa):52 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):15 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):23 - Museo Maloka (Bogotá):5 - Museo de las CCNN (Córdoba):2 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Sciencie Museum (Londres):9 - Arts et Metiers (París):0 - Sciencie Museum (Tokio):5
A2 <i>y olvida o minusvalora la tecnología</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):21 - Museo de las ciencias (Cuenca):21 - Parque de las Ciencias (Granada):71 - Casa de la ciencia (La Coruña):2 - Domus (La Coruña):3 - MNCT (Madrid):66 - Cosmocaixa (Madrid):7 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):19 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):23 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - Casa de la ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):2 - Museo de las ciencias (Cuenca):2 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - Casa de la ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):4

	-mNACTEC (Terrassa): 37 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 43 - Exposición Darwin (Valencia): 1 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 23 - Museo Maloka (Bogotá): 14 - Museo de las CCNN (Córdoba): 1 - Museo de las CCNN (La Habana): 0 - Science Museum (Londres): 3 - Arts et Metiers (París): 25 - Science Museum (Tokio): 21	-mNACTEC (Terrassa): 0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 0 - Exposición Darwin (Valencia): 0 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 0 - Museo Maloka (Bogotá): 0 - Museo de las CCNN (Córdoba): 0 - Museo de las CCNN (La Habana): 0 - Science Museum (Londres): 0 - Arts et Metiers (París): 0 - Science Museum (Tokio): 0	-mNACTEC (Terrassa): 4 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 0 - Exposición Darwin (Valencia): 0 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 1 - Museo Maloka (Bogotá): 0 - Museo de las CCNN (Córdoba): 0 - Museo de las CCNN (La Habana): 1 - Science Museum (Londres): 0 - Arts et Metiers (París): 0 - Science Museum (Tokio): 1
--	---	---	---

De acuerdo con los análisis realizados hasta aquí señalaremos que los museos de ciencia y tecnología suelen considerar sólo ciertos aspectos de las complejas relaciones CTSA. Así, pensamos que únicamente en escasas ocasiones muestran claramente las repercusiones de la actividad científico-tecnológica en la sociedad o en cuestiones ambientales. Aunque como podemos ver en el **cuadro 5.5**, el número de museos que sale al paso de esta visión es alto.

Cabe notar que las repercusiones medioambientales, en caso de tratarse, aparecen aparte, en secciones específicamente dedicadas a esta temática, 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 y de las medidas que se requieren para avanzar hacia la sostenibilidad. Es lo que ocurre, por ejemplo, en el museo Kutxaespacio de la Ciencia de San Sebastián, donde no se presta prácticamente atención a las repercusiones de la actividad científica y tecnológica e incluso en un espacio dedicado a un tema de clara implicación ambiental no se alude ni referencia este aspecto. Un panel que evidencia esta deficitaria panorámica CTSA se denomina “El famoso efecto invernadero” y se engloba dentro de la temática de la sala 2, Nave Tierra. En él se señala:

“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 radiación 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, un claro ejemplo de una ocasión excepcional que no se ha utilizado para atender a la problemática que plantea el incremento del efecto invernadero.

Por otro lado, aunque suele mostrarse la importancia de la contribución tecnológica en el conocimiento científico frecuentemente se omite una clara presentación de las relaciones ciencia-tecnología que permita salir al paso de la consideración simplista de la tecnología como mera aplicación de la ciencia. En el análisis se ha considerado la mera alusión a una actividad tecnológica como superación del reduccionismo, sin embargo, nuestra impresión es que, no sólo se omite la interrelación entre ciencia y tecnología, sino que además la idea de tecnología como ciencia aplicada persiste.

5.2.2. TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN INDIVIDUALISTA Y ELITISTA

El siguiente **cuadro, 5.6**, recoge las referencias encontradas en torno a la visión individualista y elitista. A partir de él se extraerán las tendencias observadas con respecto a esta típica distorsión de la actividad científica.

Cuadro 5.6. 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 (nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE (por omisión) (nº de veces en cada museo)</i>
B1 <i>Individualista</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):8 - Museo de las ciencias (Cuenca):5 - Parque de las Ciencias (Granada):14 - Casa de la Ciencia (La Coruña):4 - Domus (La Coruña):6 - MNCT (Madrid):13 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):2 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):7 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):14 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):37 - Exposición Darwin (Valencia):12 - Museo de la Ciencia (Valladolid):20 - Museo Maloka (Bogotá):2 - Museo de las CCNN (Córdoba):4 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):2 - Arts et Metiers (París):11 - Science Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):4 - Museo de las ciencias (Cuenca):11 - Parque de las Ciencias (Granada):39 - Casa de la Ciencia (La Coruña):5 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):28 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):6 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):12 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):5 - mNACTEC (Terrassa):108 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):31 - Exposición Darwin (Valencia):13 - Museo de la Ciencia (Valladolid):31 - Museo Maloka (Bogotá):3 - Museo de las CCNN (Córdoba):3 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):2 - Arts et Metiers (París):58 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):1 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0

<p>B2 <i>Elitista</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):2 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):3 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):4 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):4 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):3 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):10 - Exposición Darwin (Valencia):2 - Museo de la Ciencia (Valladolid):3 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):1 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):8 - Parque de las Ciencias (Granada):7 - Casa de la Ciencia (La Coruña):5 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):10 - Cosmocaixa (Madrid):1 - Museo Interactivo (Málaga):4 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):15 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):1 - mNACTEC (Terrassa):20 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):22 - Exposición Darwin (Valencia):12 - Museo de la Ciencia (Valladolid):23 - Museo Maloka (Bogotá):2 - Museo de las CCNN (Córdoba):4 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):9 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0
--------------------------------------	--	---	---

En los análisis de los distintos museos encontramos una incidencia destacada en la visión individualista, como señalamos en los resultados de los dos ejemplos de análisis de museos realizados y a la vista de los resultados globales presentados en el **cuadro 5.6**.

Se destaca también una clara incidencia de los museos en la visión elitista, algo lógico, pues se encuentra directamente relacionada con la anterior. En general, además, podemos decir que los museos visitados hasta el momento no salen al paso de estas visiones. Por el contrario, como ya se ha ido señalando en los ejemplos mostrados, se observa 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 escasas las ocasiones que hemos encontrado alguna referencia a la comunidad científica o al trabajo en equipo, o a las colaboraciones entre científicos en una investigación. Una de las pocas ocasiones en las que se alude a la comunidad científica de forma explícita es en el Museo Príncipe de Valencia. En este sentido encontramos una referencia en el espacio temporal “100 años de 100cia”, donde en un panel dedicado a Einstein se explicita:

“En este contexto debe entenderse la desigual recepción de la teoría de la relatividad en los países más desarrollados científica y técnicamente de la época, ligada en gran medida a la estructura de sus sistemas educativos y a la tradición de sus comunidades científicas”.

También en Valencia nos sorprende este panel que intenta mostrar la realidad de los científicos, cuestionando así la visión elitista:

“Los científicos son personas como las demás, con sus defectos y cualidades. Los hay extremadamente listos y con una capacidad extraordinaria para abstraerse del mundo que les rodea. Algunos poseen gran intuición, otros son nerviosos, despistados, exigentes, simpáticos, ambiciosos, inaccesibles...o todo lo contrario. Sin embargo, si algo tienen en común estos seres humanos que denominamos científicos, es su insaciable curiosidad”.

5.2.3.TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN EMPIRISTA Y ATEÓRICA

Para comentar las tendencias en torno a la visión empirista y ateórica que transmiten los museos de ciencia y tecnología partiremos de los resultados mostrados en el **cuadro 5.7**.

Cuadro 5.7. Referencias a la visión empirista y ateórica en los museos de ciencia

VISIÓN	SALE AL PASO <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE (por omisión) <i>(nº de veces en cada museo)</i>
C1 <i>Empiro-inductivista</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):8 - Museo de las ciencias (Cuenca):12 - Parque de las Ciencias (Granada):20 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):5 - MNCT (Madrid):5 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):3 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):3 - mNACTEC (Terrassa):18 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):13 - Exposición Darwin (Valencia):7 - Museo de la Ciencia (Valladolid):7 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):1 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):4 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):35 - Museo de las ciencias (Cuenca):3 - Parque de las Ciencias (Granada):91 - Casa de la Ciencia (La Coruña):29 - Domus (La Coruña):38 - MNCT (Madrid):12 - Cosmocaixa (Madrid):56 - Museo Interactivo (Málaga):5 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):33 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):27 - mNACTEC (Terrassa):44 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):56 - Exposición Darwin (Valencia):1 - Museo de la Ciencia (Valladolid):47 - Museo Maloka (Bogotá):14 - Museo de las CCNN (Córdoba):2 - Museo de las CCNN (La Habana):2 - Science Museum (Londres):1 - Arts et Metiers (París):5 - Science Museum (Tokio):2 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):1 - Parque de las Ciencias (Granada):4 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):5 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):1 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):3 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):3 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0
C2 <i>Ateórica</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):6 - Parque de las Ciencias (Granada):16 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):25 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):3 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):5 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):13 - Parque de las Ciencias (Granada):7 - Casa de la Ciencia (La Coruña):3 - Domus (La Coruña):19 - MNCT (Madrid):13 - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):11 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):2 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):4 - Parque de las Ciencias (Granada):3 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):5 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):4 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0

	-mNACTEC (Terrassa): 13 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 10 - Exposición Darwin (Valencia): 4 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 7 - Museo Maloka (Bogotá): 4 - Museo de las CCNN (Córdoba): 1 - Museo de las CCNN (La Habana): 0 - Science Museum (Londres): 0 - Arts et Metiers (París): 4 - Science Museum (Tokio): 0	-mNACTEC (Terrassa): 55 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 31 - Exposición Darwin (Valencia): 3 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 19 - Museo Maloka (Bogotá): 2 - Museo de las CCNN (Córdoba): 4 - Museo de las CCNN (La Habana): 0 - Science Museum (Londres): 0 - Arts et Metiers (París): 22 - Science Museum (Tokio): 2	-mNACTEC (Terrassa): 2 - Museo Príncipe Felipe (Valencia): 0 - Exposición Darwin (Valencia): 0 - Museo de la Ciencia (Valladolid): 1 - Museo Maloka (Bogotá): 0 - Museo de las CCNN (Córdoba): 1 - Museo de las CCNN (La Habana): 0 - Science Museum (Londres): 0 - Arts et Metiers (París): 0 - Science Museum (Tokio): 0
--	---	---	---

La elevada incidencia encontrada en la visión empiro-inductivista se relaciona con la concesión de prioridad a una observación y experimentación neutras frente a otras características básicas del trabajo científico igualmente relevantes. Normalmente, los museos se centran en enseñar montajes experimentales en vitrinas e incitar al visitante a observar y experimentar, pero sin presentar ninguna situación problemática abierta que conduzca al visitante a reflexionar y a formular sus propias hipótesis.

En escasas situaciones encontramos planteamientos de preguntas abiertas al visitante donde, en algunas ocasiones, puede considerarse, utilizando siempre criterios poco exigentes, que salen al paso de esta visión. Pero se hace en paneles o lugares que suelen pasar desapercibidos y no llaman la atención de los visitantes.

Esto lo observamos, por ejemplo, en el Museo de Tokio, donde en la sala D se reseña el siguiente contenido expositivo:

“La energía nuclear es una importante parte del sistema que da a Japón unos suministros estables de energía. Cuando oyes la palabra ‘nuclear’, llegarán a tu mente muchas preguntas, por ejemplo: ¿Qué es la energía nuclear? ¿Qué es la fisión nuclear? ¿Qué es la radiación? ¿Qué es el plasma? ¿Qué son los rayos cósmicos? ¿Son visibles? La interacción con esta exhibición te ayudará a encontrar respuestas a esta y otras preguntas”.

Respecto a la visión atórica consideramos, a la vista de los resultados obtenidos, que se incide globalmente en mayor número de ocasiones de las que se supera este reduccionismo. Esta incidencia es habitual encontrarla en los museos de ciencia puesto que transmite en numerosas ocasiones que la investigación científica es una cuestión de mero descubrimiento, obviando el cuerpo de conocimientos.

Podemos citar a título de ejemplo de cómo contribuir a la superación de esta visión reduccionista, de una forma sencilla, la referencia al respecto encontrada en el Parque de las Ciencias de Granada, que dentro de la Sala Al-Andalus y la Ciencia señalaba:

“una gran labor de documentación para elaborarlo...” en la que podemos apreciar su consideración del marco teórico existente.

También en el museo de Valladolid encontramos: “*Ciencia es un sistema de enunciados porque todo enunciado científico se funda en otro o se infiere en una teoría*” donde claramente sale al paso de la visión ateórica.

5.2.4.TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN RÍGIDA (ALGORÍTMICA, “EXACTA”, “INFALIBLE”...)

Las alusiones a la visión rígida en los museos analizados se recogen en el **cuadro 5.8**, a partir del cual se expondrán las tendencias observadas en torno a este reduccionismo.

Del análisis correspondiente a esta visión distorsionada destacamos que apenas encontramos situaciones relevantes donde los museos salgan al paso de la misma, ni tampoco en las que se incide, presentando el conocimiento tecnocientífico como riguroso e infalible. Un ejemplo de una explícita incursión se manifiesta en el panel “**Ciencias Biomédicas, Ciencias de la Tierra y Química**”, que se presenta dentro del espacio del mismo nombre ubicado en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid, donde se indica:

“la medicina,(...), ha sido una actividad científica que ha precisado de instrumental específico para la exploración, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades”.

En cualquier caso, se destaca, en la mayoría de los museos, la escasez de oportunidades tanto para considerar su cuestionamiento como su incidencia debido a que los paneles, y otros elementos del museo, obvian referencias concernientes a la ciencia y la actividad científico-tecnológica. Así, en las ocasiones en que no se manifestaba la existencia de un pensamiento divergente dentro de una investigación o bien no se evidencia explícitamente una actividad científica rígida no se consideraba una ocasión de incidencia, ni siquiera por omisión.

Cuadro 5.8. Referencias a la visión rígida en los museos de ciencia

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i> <i>(nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE</i> <i>(nº de veces en cada museo)</i>	<i>INCIDE</i> <i>(por omisión)</i> <i>(nº de veces en cada museo)</i>
D <i>Rígida,</i> <i>algorítmica,</i> <i>Infalible</i>	- Cosmocaixa (Barcelona): 4 - Museo de las ciencias (Cuenca): 5 - Parque de las Ciencias (Granada): 7	- Cosmocaixa (Barcelona): 0 - Museo de las ciencias (Cuenca): 2 - Parque de las Ciencias (Granada): 0	- Cosmocaixa (Barcelona): 1 - Museo de las ciencias (Cuenca): 2 - Parque de las Ciencias (Granada): 0

<ul style="list-style-type: none"> - Casa de la Ciencia (La Coruña):7 - Domus (La Coruña):11 - MNCT (Madrid):6 - Cosmocaixa (Madrid):1 - Museo Interactivo (Málaga):2 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):15 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa): 15 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):11 - Exposición Darwin (Valencia):17 - Museo de la Ciencia (Valladolid):15 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):2 - Arts et Metiers (París):3 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):3 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):2 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa): 7 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):7 - Exposición Darwin (Valencia):1 - Museo de la Ciencia (Valladolid):7 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):1 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):1 - Science Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Casa de la Ciencia (La Coruña):2 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):2 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa): 1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):1 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):3 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0
--	--	--

Por otro lado, queremos destacar un ejemplo de un museo que trata de salir al paso de esta visión. Así, en el módulo “**Creatividad**” de la sala “Biología” del Príncipe Felipe, se muestra una actitud frente a la ciencia y a la actividad tecnocientífica abierta y flexible. En él se expone:

“El ejercicio de la ciencia enriquece la formación de las personas con importantes valores sociales como la curiosidad, la imaginación o la creatividad. La capacidad para elaborar nuevas ideas es fundamental para el progreso de la ciencia y de cualquier actividad humana”.

5.2.5. TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN APROBLEMÁTICA Y AHISTÓRICA

Las menciones a la visión apromblemática y ahistórica en los museos analizados se recogen en el **cuadro 5.9**, a partir del cual se expondrán las tendencias observadas con respecto a este reduccionismo.

Cuadro 5.9. Referencias a la visión apromblemática y ahistórica en los museos de ciencia

VISIÓN	SALE AL PASO <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE <i>(por omisión)</i> <i>(nº de veces en cada museo)</i>
E1 <i>Aproblemática</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):4 - Museo de las ciencias (Cuenca):8 - Parque de las Ciencias (Granada):15 - Casa de la Ciencia (La Coruña):1 - Domus (La Coruña):3 - MNCT (Madrid):17 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):4 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):3 - Casa de la Ciencia (La Coruña):1 - Domus (La Coruña):2 - MNCT (Madrid):4 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):2

	<ul style="list-style-type: none"> - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):8 -mNACTEC (Terrassa):12 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):4 - Exposición Darwin (Valencia):1 - Museo de la Ciencia (Valladolid):5 - Museo Maloka (Bogotá):5 - Museo de las CCNN (Córdoba):2 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Scieencie Museum (Londres):3 - Arts et Metiers (París):12 - Scieencie Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 -mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):1 - Scieencie Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieencie Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):4 -mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):2 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieencie Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieencie Museum (Tokio):0
<p>E2 <i>Ahistórica</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):5 - Parque de las Ciencias (Granada):9 - Casa de la Ciencia (La Coruña):2 - Domus (La Coruña):2 - MNCT (Madrid):46 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):5 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):5 -mNACTEC (Terrassa):47 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):5 - Exposición Darwin (Valencia):8 - Museo de la Ciencia (Valladolid):20 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):1 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieencie Museum (Londres):1 - Arts et Metiers (París):12 - Scieencie Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 -mNACTEC (Terrassa):0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieencie Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieencie Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):1 - Museo de las ciencias (Cuenca):1 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):1 - Museo Interactivo (Málaga):2 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):2 -mNACTEC (Terrassa):1 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):1 - Museo de la Ciencia (Valladolid):1 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieencie Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieencie Museum (Tokio):1

Del análisis de los museos visitados en esta primera parte de la investigación, se puede observar una tendencia general donde se aprecia que los museos suelen salir ocasionalmente al paso de la visión aproblemática, presentando alguna situación problemática, antes de realizar o explicar un experimento, pero aún así, son muy numerosas las ocasiones en las que estas preguntas abiertas no se plantean. Podemos concluir que, en general, encontrar incidencia directa de esta visión es muy difícil puesto que presentar una visión aproblemática, en la mayoría de las ocasiones, se transmite al no mostrar de forma explícita retos pasados, presentes y futuros de la actividad científica o de forma implícita al no plantear al visitante una verdadera situación problemática que le lleve a plantear hipótesis y a diseñar experimentos. De este modo, podemos afirmar que no hemos encontrado ningún museo que haga un esfuerzo por salir al paso de esta visión. Ejemplo de ello lo encontramos en el museo de Terrassa donde en uno de sus paneles habla de la actividad científica dando por hecho que el método científico comienza por una observación. Este método, de carácter rígido, muestra por otra parte una visión aproblemática:

“(…)En ese momento se establece el método científico que se caracteriza por la práctica de la observación, la experimentación, la racionalidad y el método, lo que se hace evidente en los diferentes campos de las ciencias. Podemos afirmar que, en este momento, nace la ciencia moderna”.

Situación similar hallamos en la visión ahistórica. Hemos encontrado que dos museos de los veinte analizados, concretamente el Museo de Ciencia y Tecnología de Madrid y el Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña de Terrassa, ambos de temática similar, salen al paso de la visión ahistórica. Así pues debemos especificar que la superación de este reduccionismo es escasa.

Un ejemplo que puede ilustrar una consideración de superación del reduccionismo lo constituye el contenido del módulo “**Hemisferios de Magdeburgo 1790-1835**”, ya citado en este mismo capítulo, donde muestra una evolución histórica acerca de las ideas en torno a la existencia de vacío, del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid.

5.2.6. TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN EXCLUSIVAMENTE ANALÍTICA

El siguiente **cuadro 5.10** recoge las referencias a la visión exclusivamente analítica en los museos analizados. Seguidamente se expondrán las tendencias observadas en torno a este reduccionismo.

Cuadro 5.10. Referencias a la visión exclusivamente analítica en los museos de ciencia

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i> (nº de veces en cada museo)	<i>INCIDE</i> (nº de veces en cada museo)	<i>INCIDE</i> (por omisión) (nº de veces en cada museo)
F <i>Analítica</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):3 - Museo de las ciencias (Cuenca):2 - Parque de las Ciencias (Granada):9 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):10 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):1 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):3 - mNACTEC (Terrassa):2 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):5 - Exposición Darwin (Valencia):3 - Museo de la Ciencia (Valladolid):3 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):0 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):0 - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):0 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):0 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Barcelona):3 - Museo de las ciencias (Cuenca):3 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):1 - Cosmocaixa (Madrid):1 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):1 - mNACTEC (Terrassa):5 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):1 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):2 - Museo Maloka (Bogotá):1 - Museo de las CCNN (Córdoba):0

	- Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):3 - Science Museum (Tokio):0	- Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Science Museum (Tokio):0	- Museo de las CCNN (La Habana):0 - Science Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):1 - Science Museum (Tokio):2
--	--	--	--

En base a los primeros resultados del análisis realizado hasta el momento, podemos decir que apenas se han encontrado situaciones en las que se salga al paso de la visión exclusivamente analítica, por lo que no se tiene en cuenta la interrelación entre diferentes ámbitos científicos ni los procesos de unificación, pese a constituir momentos cumbre en el desarrollo de las ciencias.

Cabe considerar que no hemos tenido en cuenta, a la hora de anotarlos como que incide en la visión exclusivamente analítica, aquellas situaciones en que, aludiendo a diferentes ámbitos del conocimiento, no se ha mostrado una implicación entre ellas, criterio que podría considerarse como extremadamente benévolo debido a que en esos casos tampoco se ha tomado como una incisión ni una omisión. Por otro lado, y mostrando una vez más la benevolencia en nuestro análisis, en contra de nuestra primera hipótesis, hemos considerado que se salía al paso de esta visión cuando una misma investigación se abordaba desde diferentes ámbitos científicos. Ejemplo de ello lo encontramos en el museo Arts et Métiers de París:

“Los robots ya sean instrumentos científicos, útiles industriales o juguetes necesitan en su diseño los conocimientos proporcionados en múltiples disciplinas”.

5.2.7. TENDENCIAS GENERALES ENCONTRADAS CORRESPONDIENTES A LA VISIÓN ACUMULATIVA

Las alusiones a la visión acumulativa en los museos analizados se exponen en el **cuadro 5.11**, a partir del cual comentaremos las tendencias observadas en torno esta deformación.

Cuadro 5.11. Referencias a la visión acumulativa en los museos de ciencia

VISIÓN	SALE AL PASO <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE <i>(nº de veces en cada museo)</i>	INCIDE <i>(por omisión)</i> <i>(nº de veces en cada museo)</i>
G <i>Visión acumulativa, de crecimiento lineal</i>	- Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):0 - Parque de las Ciencias (Granada):1 - Casa de la Ciencia (La Coruña):0 - Domus (La Coruña):1 - MNCT (Madrid):6	- Cosmocaixa (Barcelona):0 - Museo de las ciencias (Cuenca):2 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - Casa de la Ciencia (La Coruña):1 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):1	- Cosmocaixa (Barcelona):6 - Museo de las ciencias (Cuenca):2 - Parque de las Ciencias (Granada):2 - Casa de la Ciencia (La Coruña):1 - Domus (La Coruña):0 - MNCT (Madrid):1

<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):2 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):3 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):3 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):6 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieci Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieci Museum (Tokio):0 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Madrid):0 - Museo Interactivo (Málaga):0 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):1 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):7 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):3 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):0 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):0 - Museo de las CCNN (La Habana):0 - Scieci Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):0 - Scieci Museum (Tokio):1 	<ul style="list-style-type: none"> - Cosmocaixa (Madrid):2 - Museo Interactivo (Málaga):3 - Museo de la Ciencia y el agua (Murcia):0 - Museo Kutxaespacio (San Sebastián):0 - mNACTEC (Terrassa):4 - Museo Príncipe Felipe (Valencia):6 - Exposición Darwin (Valencia):0 - Museo de la Ciencia (Valladolid):1 - Museo Maloka (Bogotá):0 - Museo de las CCNN (Córdoba):1 - Museo de las CCNN (La Habana):3 - Scieci Museum (Londres):0 - Arts et Metiers (París):1 - Scieci Museum (Tokio):1
---	---	---

Por lo que se refiere a la visión acumulativa, en la mayoría de ocasiones no se alude a ningún tipo de remodelación profunda en el ámbito de la ciencia y la tecnología, encontrándose numerosas ocasiones que no se aprovechan para evitar incidir en ella (ver **cuadro 5.11**). Del mismo modo, apenas se explicita la existencia de crisis ni cambios de paradigmas, sino que más bien se muestra una evolución acumulativa y lineal del conocimiento tecnocientífico.

Un ejemplo de situación en la que un museo incida en dicha visión se aprecia en la exposición del módulo **“100 años de 100cia”** del Museo Príncipe Felipe de Valencia, donde se reseñan referencias que muestran algún aspecto de interés ocurrido durante 100 años de recorrido histórico hasta el momento actual sin ninguna alusión a revoluciones científicas, ni a períodos de estancamiento transmitiendo por tanto una visión global de crecimiento lineal del conocimiento.

Además, en el parque de Ciencias de Granada, nos encontramos:

“Los planetas se mueven alrededor del Sol siguiendo unas trayectorias que Copérnico intuyó, Kepler descubrió y Newton explicó: cuanto más cerca del Sol se encuentra un planeta, más deprisa gira (...)”.

Este panel intuye un crecimiento acumulativo de la ciencia puesto que muestra al visitante cómo profundizando, ampliando cada vez más en la consecución del objetivo (que no es otro que la obtención de una respuesta al movimiento de los planetas alrededor del Sol) no considera las crisis o los diferentes modelos que fracasaron.

5.2.8. RESULTADOS GLOBALES ENCONTRADOS CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE VISIONES DEFORMADAS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

A continuación se presenta el **cuadro 5.12**, en el que 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, 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.

Podemos constatar así 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 ocasiones “positivas” (que “salen al paso” de la visión descontextualiza) y mucho más bajos para las ocasiones en que refuerzan dicha visión. Ello no supone, como ya hemos señalado reiteradamente, que las abundante referencias al contexto permitan a los visitantes formarse una idea adecuada de estas relaciones: a menudo se trata de referencias muy incidentales, apenas 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; Vilches et al.,2007).

Las carencias son mucho más claras por lo que se refiere a, por ejemplo, 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. Y algo semejante puede decirse, del resto de las distorsiones socialmente aceptadas.

En definitiva, podemos señalar que el análisis de los museos de ciencia y tecnología visitados, parece indicar que, en general dichos museos no están contribuyendo a la alfabetización científica de la ciudadanía, ya que en su mayor parte transmiten, por acción y, sobre todo, por omisión, una imagen distorsionada y empobrecida de la actividad científica y tecnológica.

Debemos insistir en que la incidencia por omisión no queda reflejada en las cifras proporcionadas en la última columna. Es obvio que si únicamente 7 museos incluyen contenidos que permitan cuestionar la visión, muy extendida, de un crecimiento lineal de los conocimientos científicos, olvidando insistir en la importancia de las crisis y

revoluciones científicas (ver datos correspondientes a **G**), debemos concluir que se incide, por omisión, en dicha visión.

Cuadro 5.12. Referencias a la totalidad de visiones deformadas en los museos de ciencia

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i>	<i>INCIDE</i>	<i>INCIDE POR OMISIÓN (Ocasiones claramente desaprovechadas)</i>
A1 <i>Descontextualizada</i>	Número de museos: 19 Promedio de veces por museo: 26 (Máximo: 64. Mínimo: 0)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 1. Mínimo: 0)	Número de museos: 17 Promedio de veces por museo: 12 (Máximo: 52. Mínimo: 0)
A2 <i>y minusvalora la tecnología</i>	Número de museos: 19 Promedio de veces por museo: 20 (Máximo: 71. Mínimo: 0)	Número de museos: 0 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 0. Mínimo: 0)	Número de museos: 9 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 4. Mínimo: 0)
B1 <i>Individualista</i>	Número de museos: 17 Promedio de veces por museo: 8 (Máximo: 37. Mínimo: 0)	Número de museos: 20 Promedio de veces por museo: 18 (Máximo: 108. Mínimo: 1)	Número de museos: 3 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 2. Mínimo: 0)
B2 <i>Elitista</i>	Número de museos: 12 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 10. Mínimo: 0)	Número de museos: 19 Promedio de veces por museo: 7 (Máximo: 23. Mínimo: 0)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 1. Mínimo: 0)
C1 <i>Empiro-inductivista</i>	Número de museos: 14 Promedio de veces por museo: 5 (Máximo: 20. Mínimo: 0)	Número de museos: 20 Promedio de veces por museo: 25 (Máximo: 91. Mínimo: 1)	Número de museos: 7 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 5. Mínimo: 0)
C2 <i>Ateórica</i>	Número de museos: 13 Promedio de veces por museo: 5 (Máximo: 25. Mínimo: 0)	Número de museos: 17 Promedio de veces por museo: 10 (Máximo: 55. Mínimo: 0)	Número de museos: 7 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 5. Mínimo: 0)
D <i>Rígida, algorítmica, Infalible</i>	Número de museos: 16 Promedio de veces por museo: 6 (Máximo: 17. Mínimo: 0)	Número de museos: 12 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 7. Mínimo: 0)	Número de museos: 8 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 3. Mínimo: 0)
E1 <i>Aproblemática</i>	Número de museos: 18 Promedio de veces por museo: 5 (Máximo: 17. Mínimo: 0)	Número de museos: 2 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 1. Mínimo: 0)	Número de museos: 10 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 4. Mínimo: 0)
E2 <i>Ahistórica</i>	Número de museos: 16 Promedio de veces por museo: 8 (Máximo: 47. Mínimo: 0)	Número de museos: 0 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 0. Mínimo: 0)	Número de museos: 10 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 2. Mínimo: 0)
F <i>Analítica</i>	Número de museos: 13 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 10. Mínimo: 0)	Número de museos: 1 Promedio de veces por museo: 0 (Máximo: 1. Mínimo: 0)	Número de museos: 12 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 5. Mínimo: 0)
G <i>Visión acumulativa</i>	Número de museos: 7 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 6. Mínimo: 0)	Número de museos: 8 Promedio de veces por museo: 1 (Máximo: 7. Mínimo: 0)	Número de museos: 14 Promedio de veces por museo: 2 (Máximo: 6. Mínimo: 0)

Y debemos señalar también, para terminar, que estos resultados son coincidentes con los obtenidos en otras investigaciones acerca de la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica y el análisis de las visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología transmitidas en la educación científica (Guilbert y Meloche, 1993; McComas, 1998a; Fernández et al., 2002 y 2005; Gil-Pérez et al., 2005a). Nos remitimos, a este respecto, a las amplias referencias bibliográficas proporcionadas en el capítulo 3.

Tras presentar en este capítulo los resultados obtenidos del análisis de los museos de ciencia y tecnología debemos remarcar que nuestro propósito no es otro que el de utilizar los museos de ciencias como herramienta para alfabetizar científicamente a la sociedad. Creemos firmemente que pese a las conclusiones obtenidas en esta primera parte de la investigación podemos utilizar las oportunidades que nos proporcionan los museos para transmitir una visión realista de lo que es la ciencia y la actividad científica. En el siguiente capítulo describiremos los diseños experimentales para testear la segunda hipótesis.

Referencias Bibliográficas en este capítulo 5

GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.

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.

GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, Nos. 3-5 July 2005.

GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *TEA. Tecne, Episteme y Didaxis*, 12, pp. 98-112.

McCOMAS, W. F. (1998a). The nature of science in science education. Rationales and In W.F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

VILCHES, A., SEGARRA, A., REDONDO, L., LÓPEZ, J., GIL PÉREZ, D., FERREIRA, C. y CALERO, M. (2007). Respuesta educativa a la situación de emergencia planetaria: necesidad de planteamientos y acciones globales. *Investigación en la Escuela*, 63, 5-16.

CAPÍTULO 6

**DISEÑOS EXPERIMENTALES
PARA LA PUESTA A PRUEBA
DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

En este capítulo presentaremos los diseños experimentales utilizados para someter a prueba la segunda hipótesis que, recordemos, hemos formulado así:

“Los museos de ciencia y tecnología pueden ser una herramienta importante para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y contribuir así a generar actitudes más favorables hacia la cultura científica”

Como ya hemos señalado, existe una abundante investigación educativa acerca de la naturaleza de la ciencia. Inicialmente las investigaciones iban encaminadas a esclarecer la visión sobre la naturaleza de la ciencia por parte del alumnado. Los resultados permitieron concluir que los estudiantes tenían una visión muy pobre y distorsionada de la misma, fruto, en buena medida, de la forma en que se enseñan las materias científicas (Fernández, 2000). Por ello nuevas investigaciones se dirigieron a evaluar los conocimientos y concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia, considerando que unas concepciones epistemológicas correctas constituyen un requisito para una práctica docente que no contribuya a la visión deformada y empobrecida generalmente adquirida (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990; Bell y Pearson, 1992; Gil, 1993b; Bloom, 1989; Brickhouse, 1989; Désautels y Larochelle, 1998b; Brickhouse y Bodner, 1992; Briscoe, 1991; Gallagher, 1991; King, 1991; Koulaidis y Ogborn, 1989; Fernández, 2000; Fernández et al., 2002; Acevedo, 2008).

Sin embargo, algunos autores mostraron que una adecuada comprensión sobre la naturaleza de la ciencia por parte del profesorado no garantizaba una mejora en las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia (Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Herron, Lamb y Morris, 2003).

Posteriores investigaciones se centraron en la práctica docente, asumiendo que si los estudiantes se involucraban en actividades científicas escolares podían mejorar su comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Lederman, Wade y Bell, 1998; Meichtry, 1992).

Así, involucrar al alumnado en investigaciones guiadas puede mejorar las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia, pero realizar este tipo de actividades no resulta eficaz sin disponer de suficientes oportunidades para reflexionar de manera explícita sobre la naturaleza de la ciencia (Flick y Lederman, 2004; Kim et al., 2005); esto es, los estudiantes (y profesorado en formación) se deben implicar en debates que les inviten a reflexionar acerca de lo que dicen, escriben y hacen durante sus indagaciones (Acevedo, 2008), sacando así a la luz y analizando críticamente sus concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia y de la tecnología (Fernández et al., 2002; Gil-Pérez et al., 2005; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira-Gauchía, 2010; Ferreira-Gauchía, Vilches y Gil Pérez, 2012).

Con este mismo propósito proponemos aquí un nuevo instrumento: el análisis crítico, por el propio alumnado, del contenido de los museos de ciencia y tecnología. Esta actividad, en la que los y las estudiantes desempeñan el papel de personas expertas, constituye un elemento motivador para reflexionar y profundizar, explícita y colectivamente, en la naturaleza de la actividad tecnocientífica, facilitando el cuestionamiento de la visión tópica adquirida por impregnación social y reforzada -por acción u omisión- por la propia enseñanza. En el capítulo 2 expusimos diferentes reduccionismos y distorsiones, estrechamente vinculados, que impregnan la visión socialmente aceptada de la actividad tecnocientífica, perjudicando el aprendizaje, dificultando la familiarización con la cultura científica y generando desinterés hacia los estudios científicos. Por todo ello resulta esencial sacar a la luz estos reduccionismos y favorecer su superación. Y entendemos que los museos pueden utilizarse como una herramienta particularmente eficaz para el logro de visiones idóneas acerca de la actividad tecnocientífica.

Pero, ¿de qué forma pueden contribuir los contenidos museísticos a la adquisición de visiones no deformadas?

Por un lado, pensamos que algunos contenidos de los museos de ciencia y tecnología pueden utilizarse como un instrumento complementario para ejemplificar aspectos

esenciales de la actividad tecnocientífica. Por otro lado, entendemos que el contenido de los museos puede aprovecharse incluso cuando contribuyen a transmitir, por acción u omisión, una imagen simplista de la tecnociencia, como ya hemos visto que suele suceder. La estrategia que hemos diseñado para su puesta a prueba consiste, como ya hemos avanzado, en poner al alumnado en situación de analizar críticamente el contenido de algún museo o sección del mismo, con objeto de valorar en qué medida salen al paso de las visiones deformadas -previamente sacadas a la luz y puestas en cuestión- o inciden en ellas por acción u omisión.

Presentamos a continuación los diseños experimentales concebidos, atendiendo a las consideraciones precedentes, para someter a prueba la segunda hipótesis.

6.1. DISEÑO PARA EL APROVECHAMIENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE LOS MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA CONTRIBUIR A LA SUPERACIÓN DE VISIONES DISTORSIONADAS

A pesar de las tendencias generales observadas, en algunos museos podemos encontrar aportaciones concretas positivas que conviene aprovechar, pues evitan o contribuyen a superar visiones deformadas de la Ciencia y la tecnología. El diseño consistirá en la detección y catalogación de estas aportaciones puntuales positivas de museos que han hecho un esfuerzo por salir al paso de alguna de las visiones deformadas.

Cabe esperar que estos ejemplos de *buenas prácticas* puedan ser aprovechados, con una preparación previa, en la superación de visiones deformadas y por tanto a una mejor comprensión de las características básicas de las actividades tecnocientíficas, al ilustrar de forma adecuada, a través de los contenidos que exponen, el tratamiento dado a los aspectos tecnocientíficos. Así, por ejemplo, la dimensión histórica es ampliamente considerada en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid, saliendo así al paso de la visión ahistórica, y por tanto dogmática, de los conocimientos científicos. En otros casos, como el correspondiente al Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña encontramos algunas salas o secciones cuya estructura favorece la familiarización con aspectos clave de la ciencia como, concretamente, las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA), saliendo al paso de visiones descontextualizadas. En el capítulo 7 presentaremos ejemplos de estas buenas prácticas, de indudable interés para contribuir a la superación de reduccionismos y distorsiones que dificultan la adquisición y disfrute de la cultura científica.

Sin embargo, entendemos que los contenidos museísticos pueden aprovecharse incluso cuando transmitan una imagen simplista de la tecnociencia. Nuestro siguiente diseño concebido para someter a prueba la segunda hipótesis permite aprovechar incluso estos aspectos reduccionistas en la percepción de la cultura científica.

6.2. DISEÑOS PARA LA PUESTA A PRUEBA DE ACTIVIDADES BASADAS EN LA UTILIZACIÓN DE LOS MUSEOS PARA CONTRIBUIR A CONSTRUIR UNA VISIÓN NO DEFORMADA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

De acuerdo con lo señalado hasta aquí, el diseño concebido se apoya en los siguientes instrumentos básicos:

- un programa de actividades para cuestionar colectivamente las visiones deformadas que dificultan la comprensión, apropiación y disfrute de la cultura científica y
- la visita de un museo para analizar en qué medida sus contenidos inciden en dichas visiones deformadas o contribuyen a cuestionarlas.
- Un cuestionario de evaluación donde tanto el alumnado como el profesorado en formación valorarán el interés de las actividades desarrolladas en torno al museo virtual.

De acuerdo con la hipótesis enunciada esperamos que esta actividad en torno al contenido de los museos visitados despierte el interés del alumnado y ayude a afianzar el cuestionamiento de las concepciones-obstáculo acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología.

Pasamos, en primer lugar, a describir el programa de actividades utilizado previamente a la visita al museo.

6.2.1. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA CUESTIONAR LAS VISIONES DEFORMADAS DE LA CIENCIA

El programa de actividades diseñado pretende aproximar al alumnado (y al profesorado en formación al cual también se destina la actividad) a la naturaleza del trabajo científico. Transcribimos a continuación el programa de actividades diseñado (**cuadro 6.1**), comentando las actividades propuestas:

Cuadro 6.1. Programa de actividades para cuestionar las visiones deformadas de la ciencia

Aproximación al trabajo científico

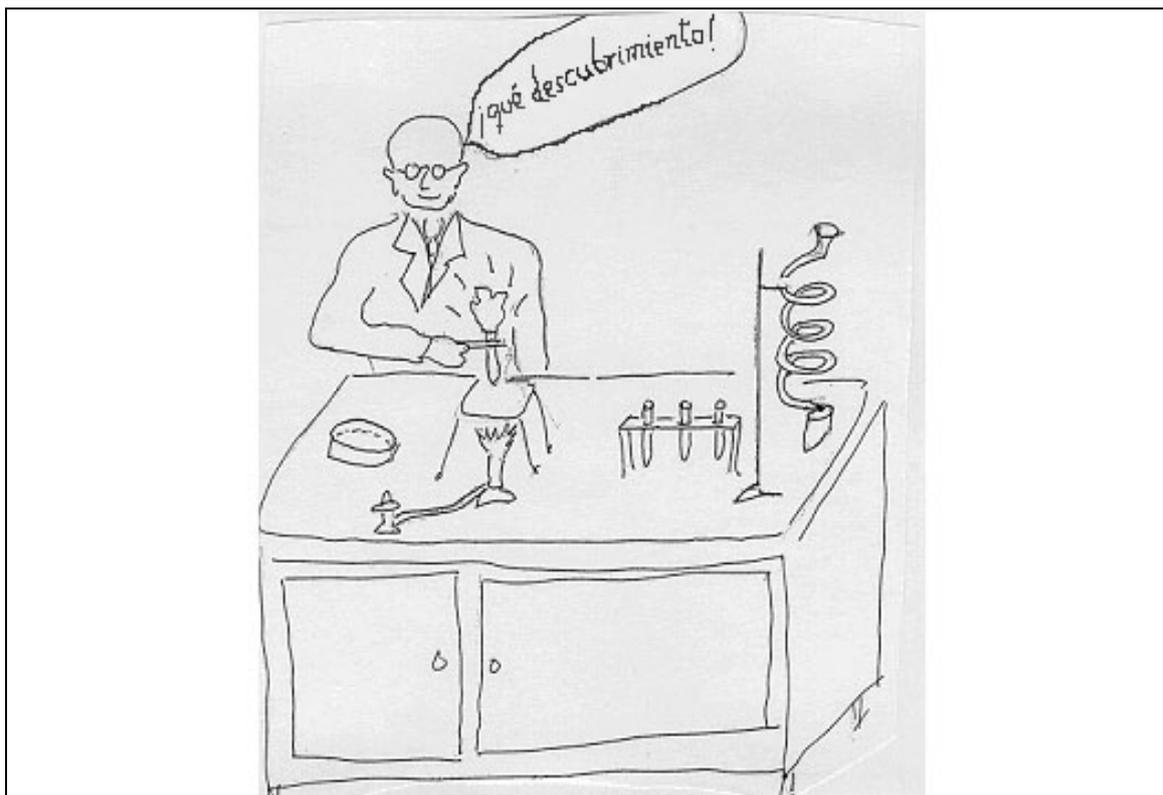
Para iniciar el estudio de las características del trabajo científico, conviene poner en común las ideas que tenemos acerca de en qué consiste hacer ciencia y salir al paso de posibles confusiones. Para ello podemos comenzar planteándonos la siguiente actividad:

A.1. *Enumerar las distintas actividades que nos parezcan características del trabajo científico.*

Comentarios A.1. En esta primera actividad cada equipo de estudiantes procede a la enumeración tentativa solicitada. Conviene insistir en que no se trata de “contestar correctamente a algo que deben saber”, sino de exponer lo que, en principio, les parece que es característico del trabajo científico. El trabajo inicial de cada equipo es recoger todo aquello que a uno o más de sus componentes les parezca importante, aunque no haya acuerdo general. Seguidamente se pueden reproducir los listados en la pizarra y organizar una primera discusión, dirigida por el profesor o la profesora, para ir clarificando ideas y favorecer la discusión de posibles olvidos y distorsiones. Ello permite sacar a la luz las visiones deformadas que hemos descrito en el capítulo 2.

Esta discusión inicial se profundiza en la siguiente actividad, tomada de Fernández et al. (2005) que permite ver “en acto” las deformaciones más comunes.

A.2. *El dibujo que se adjunta intenta ilustrar en qué consiste hacer ciencia. Comentad dicho dibujo indicando lo que os parezca correcto, incorrecto o lo que echáis a faltar.*



Comentarios A.2. Cómo señalan Fernández et al. (2005) y hemos constatado reiteradamente al proponer esta actividad, los equipos de estudiantes detectan sin dificultad bastantes distorsiones:

- *visión individualista y elitista* (se representa un único investigador, varón, ...)
- *visión descontextualizada* (no se dice nada acerca del posible interés y relevancia de la investigación, sus posibles repercusiones... y el lugar de trabajo parece una auténtica torre de marfil absolutamente aislada... ¡ni siquiera se dibuja una ventana!). Las relaciones CTSA son pues ignoradas y ni siquiera se hace mención alguna a la tecnología
- *visión aproblemática* (no se indica que se esté investigando algún problema)
- *visión empiro-inductivista* (su actividad parece reducirse a la observación y experimentación en busca del descubrimiento feliz... no se representa ni un libro que permita pensar en el uso del cuerpo de conocimientos)

Poco más puede decirse de lo que aparece en el dibujo, pero conviene insistir en solicitar la detección de posibles ausencias que supongan incidir, por omisión, en otras visiones deformadas. Ello permite referirse a otras distorsiones empobrecedoras:

- *Visión rígida, algorítmica, infalible* (nada se dice, por ejemplo, de posibles revisiones y replanteamientos de la investigación)
- *Visión exclusivamente analítica* (no se plantea la posible vinculación del problema abordado a diferentes campos de la ciencia, ni la conveniencia de un tratamiento interdisciplinar...)

- *Visión acumulativa lineal* (ninguna mención de cómo el nuevo conocimiento afecta al cuerpo de conocimientos vigente)

El objetivo de este programa de actividades no es únicamente, claro está, dar a conocer y cuestionar las distorsiones que afectan a la imagen de la actividad científica, sino contribuir a su superación. El dibujo presentado, una vez analizado, puede dar pie a una reflexión acerca de las rectificaciones necesarias para proporcionar una imagen más real y, sin duda, más rica e interesante. Esto es lo que plantea la siguiente actividad:

A.3. *Modificad el dibujo proporcionado, añadiendo los elementos gráficos y ‘bocadillos’ (frases pronunciadas) que consideréis convenientes para enriquecer la visión de la actividad científica que se muestra y acercarla a lo que es realmente hacer ciencia.*

Comentarios A.3. Los equipos modifican el dibujo saliendo al paso, con relativa facilidad, de las distorsiones detectadas. Así, agregan algún investigador o investigadora más, incluyendo mujeres y jóvenes investigadores en formación, cuestionando así las visiones individualistas y elitistas. Por lo que se refiere a la visión rígida dibujan una papelerera de la que desborden papeles arrugados o incorporan algún “bocadillo” con comentarios acerca de las numerosas revisiones que ha exigido el trabajo. Y rectifican la idea de una mera acumulación lineal de conocimientos haciendo exclamar a algunas de las personas investigadoras una frase del tipo “¡Si se confirman estos resultados será necesario revisar la teoría vigente!”, etc., etc.

El conjunto de las aportaciones de los equipos permite llegar a resultados como el que muestra la figura:



Se puede aprovechar uno de estos dibujos rectificadas para proponer una actividad de refuerzo como la siguiente:

A.4. *Comparad el primer dibujo con el que ahora se incluye -corregido por un equipo de estudiantes- e indicad las principales diferencias.*

Comentarios A.4. Es conveniente plantear ahora una reflexión acerca de los cambios experimentados por sus concepciones acerca del trabajo científico y tecnológico:

A.5. *¿Qué cambios han experimentado vuestras ideas acerca de lo que es el trabajo científico?*

Comentarios Finales. Conviene señalar que la clarificación que se está realizando de la naturaleza de la ciencia debe permitir al profesorado reconocer que el rechazo de muchos estudiantes hacia los estudios científicos está justificado y constituye una prueba de su capacidad crítica que debe ser valorada: porque a menudo *estamos enseñando mal*, estamos proporcionando una imagen deformada y empobrecida de las ciencias que difícilmente puede interesar a nadie. Pero permite también comprender que eso puede y debe

cambiar, porque la actividad científica es realmente apasionante y resulta absurdo que aparezca como algo que da ganas de huir. Insistiremos en ello al presentar, en el siguiente capítulo, los resultados de las actividades propuestas, es decir, del diseño concebido, que se completa ahora con la visita a un museo y el análisis de sus contenidos, lo que da ocasión a los equipos de estudiantes de desempeñar el papel de investigadores interesados en la contribución de los museos de ciencia y tecnología a la cultura científica.

¡Y ahora hagamos ciencia! Nos remitimos al resto del curso para el estudio científico de las diferentes problemáticas que se irán planteando.

Una vez finalizado el programa de actividades se procede a describir la actividad diseñada en torno al museo virtual.

6.2.2. APROVECHAMIENTO DE LOS MUSEOS PARA PROFUNDIZAR EN LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La visita a un museo que ahora se propone para analizar sus contenidos -y *presentar los resultados a las personas responsables del museo u otros expertos*- reúne una serie de requisitos que pueden favorecer un mayor interés del alumnado y contribuir a consolidar sus nuevas concepciones acerca de la naturaleza de la ciencia, así como actitudes más favorables hacia los estudios científicos. En efecto, tiene el atractivo de una actividad fuera del aula y, sobre todo, no constituye un mero ejercicio escolar, sino una *investigación* que, además, tiene un propósito práctico: presentar los resultados del análisis a personas expertas para contribuir a la mejora. Esta perspectiva de *elaborar un producto* constituye una de las motivaciones más eficaces para lograr la implicación del alumnado (Freinet, 1976).

Es cierto que no siempre es posible desplazarse a un museo accesible y menos aún que sus responsables tomen en consideración el informe elaborado por los estudiantes, pero hay formas de superar en alguna medida las dificultades. El producto elaborado -su análisis crítico- puede ir dirigido a la comunidad de educadores y educadoras en ciencias (a quienes ciertamente puede serles útil) o a estudiantes de otros centros, etc. Lo importante es que los alumnos y alumnas trabajen con la perspectiva de elaborar un producto de interés real, más allá del simple ejercicio escolar.

En cuanto a la dificultad de visitar un museo próximo, una alternativa que puede presentarse como ventajosa es utilizar fotos tomadas en varios museos y preparar con ellas un “museo virtual”. Es lo que ha hecho nuestro equipo utilizando fotos, apenas

retocadas, tomadas en el Palais de la Découverte (París), Musée des Arts et Métiers (París), Museo de Galileo (Florencia), Science Museum (Londres), Museo Cosmocaixa (Barcelona), etc., y haciendo “visitar” dicho museo mediante una presentación en PowerPoint. A continuación presentaremos las salas que conforman dicho museo virtual. Como se verá, con un conjunto de simplemente ocho diapositivas se puede “construir” un museo, de forma práctica y accesible, que puede dar lugar a una rica reflexión, en el que aparecen referencias a diversas visiones de la ciencia frecuentemente detectadas en los museos (y que reflejan en algunos casos visiones empobrecidas y en otros visiones más adecuadas, próximas a las características de la actividad científica y tecnológica).

En cada caso indicaremos posibles comentarios críticos acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología que cabe esperar realicen los equipos, reforzando así su distanciamiento de las visiones estereotipadas.

Diapositivas 1 y 2. Entrada al museo



Podría pensarse que estas dos diapositivas son innecesarias, puesto que no presentan aún ningún contenido, pero ambas contribuyen a hacer más realista la idea de visita. Permiten apreciar que se trata de edificios amplios y a menudo imponentes lo que indica la importancia que les concede la sociedad.

La primera diapositiva, además, sí da alguna información relevante, al haber colocado en el frontispicio “Science & Technology”, lo que sugiere que se va a considerar la contextualización de la ciencia y la tecnología, presentando la interrelación entre ambas.

Además el cartel “Free admission” hace pensar en el esfuerzo por presentar una ciencia accesible, capaz de interesar a un público diverso y de contribuir así a la alfabetización científica de la ciudadanía.

Diapositiva 3. La ciencia en vivo. Ver y realizar experimentos



En esta sala se ofrece una visión empirista de la actividad científica, al destacar “*Ver y realizar experimentos*” como forma de hacer ciencia. Esperamos además que bastantes estudiantes hagan comentarios acerca de la visión individualista y elitista, puesto que se muestra a un único individuo, hombre, haciendo experimentos -seguramente sorprendentes y difícilmente accesibles- ante un público pasivo.

Diapositiva 4. Grandes descubrimientos científicos: Sala de la Revolución Copernicana



Esta sala ejemplifica el cuestionamiento de la visión acumulativa-lineal presentando el conflicto entre el modelo geocéntrico y heliocéntrico y refiriéndose a él como Revolución Copernicana. Sin embargo, en lo que recoge la diapositiva no hay referencias a la condena que sufrieron las nuevas ideas, es decir, se dejan de lado las relaciones CTS. Por otra parte, al aparecer como sala de “descubrimientos científicos”, puede reforzar en el visitante la visión empirista y atórica que atribuye los conocimientos a descubrimientos fruto de la observación y experimentación. Por último, al centrarse exclusivamente en la figura de Copérnico puede considerarse que incurre en la concepción individualista y elitista del trabajo científico.

Diapositiva 5. Grandes descubrimientos científicos: Sala del evolucionismo



Los contenidos de esta sala resultan controvertidos y pueden dar lugar a comentarios muy diversos. Al igual que en la sala anterior aparece la idea de “descubrimiento

científico” de claras connotaciones empiristas y ateóricas. Además al referirse a Charles Darwin de forma aislada puede reforzarse también la visión individualista y elitista. Por otra parte, se trata de una sala dedicada a una de las mayores revoluciones científicas, pero ello no aparece suficientemente destacado en las imágenes presentadas ni hay referencias a los debates ideológicos o a la inclusión de “El origen del hombre” en el Index Librorum Prohibitorum, lo que apunta a una visión descontextualizada que concede escasa atención a las relaciones CTS. Finalmente cabe destacar la relación mostrada entre la biología y la antropología con la paleontología (estudio de los fósiles) lo que viene a cuestionar una visión exclusivamente analítica.

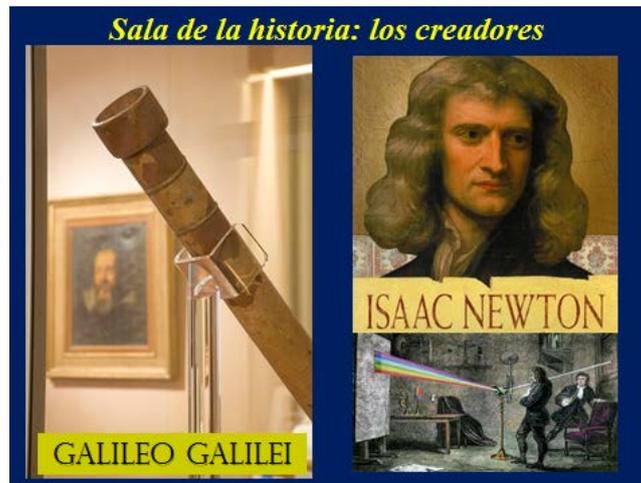
Diapositiva 6. Salas de tecnología: Aplicaciones de la ciencia



De nuevo este conjunto de salas se presta a comentarios muy diversos e incluso contradictorios. Por una parte puede verse la atención a la incidencia de la tecnociencia en la vida de los seres humanos, es decir, a las relaciones CTS, lo que supone un claro cuestionamiento de las visiones descontextualizadas. Sin embargo esta contextualización es muy limitada: no hay referencia alguna a, por ejemplo, la degradación ambiental que ha acompañado a los desarrollos tecnocientíficos mostrados. Y por otra parte se reduce explícitamente la tecnología a “aplicaciones de la ciencia”.

En cualquier caso, lo importante es que este contenido, junto con el resto de diapositivas, va a permitir la reflexión y el debate, ayudando a profundizar en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología y combatiendo reduccionismos simplistas.

Diapositiva 7. Sala de la historia: los creadores



La simple referencia a la historia de la ciencia supone ya un hecho positivo, pues evita interpretaciones dogmáticas de los conocimientos como algo inamovible. Sin embargo no encontramos en esta sala (ni en las otras seleccionadas) referencia a las dificultades y fracasos que precedieron la construcción de los conocimientos hoy aceptados. Se incide así, por omisión, en una visión infalible, exacta (y por tanto rígida, algorítmica) de la actividad científica.

En ambas secciones mostradas (dedicadas respectivamente a los trabajos de Galileo y de Newton) podría verse una valoración del papel de la técnica en el desarrollo científico (lentes, telescopio, prismas ópticos), rompiendo con el habitual reduccionismo que ve la tecnología como simple aplicación de la ciencia y olvida el papel esencial de la técnica en la construcción de los conocimientos científicos.

Por otra parte, la sección dedicada a Newton parece sugerir un trabajo colectivo (algo a valorar dado que esta característica raramente aparece en los museos), pero es obvio que al centrar la historia en “los creadores” se incide en la visión individualista y elitista.

Diapositiva 8. Antes de salir del museo: panel del método científico



Resulta fácil detectar en este diagrama bastantes de las distorsiones y empobrecimientos típicos: desde el carácter rígido, algorítmico, de etapas a seguir ordenadamente, a la visión empirista (todo comienza con la observación) o a la descontextualizada (no hay referencia alguna a las relaciones CTSA).

Una vez expuestos los contenidos del museo virtual diseñado procederemos a describir con algún detalle cómo organizar la tarea de investigación por parte del alumnado y también, como ya hemos señalado, del profesorado en formación.

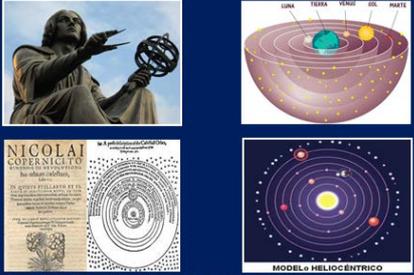
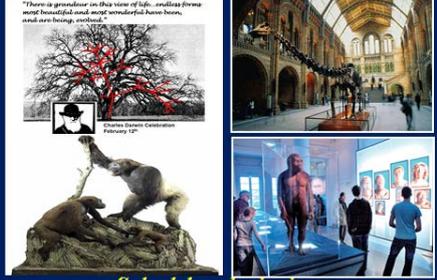
6.2.3. DISEÑO DE LA VISITA A UN MUSEO VIRTUAL E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE SUS RESULTADOS

La hoja de ruta que hemos diseñado para aprovechar un museo virtual con objeto de contribuir a una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología consiste, resumidamente, en las siguientes fases:

- Propuesta de la “visita”, cuyo objetivo es que los equipos de estudiantes (o profesores en formación) analicen el contenido del museo virtual (preparado con materiales de diversos museos reales) con el propósito de estudiar la imagen de la tecnociencia que proporcionan sus contenidos por acción u omisión. Conviene insistir en la importancia de este análisis, tanto desde el punto de vista personal (ayudará a afianzar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología) como social (los resultados del análisis serán dados a conocer a responsables de museos de ciencia y tecnología, así como a profesorado que organiza visitas a los mismos con su alumnado).

- El profesor o profesora pone en marcha la visita virtual del museo, actuando como guía pero sin entrar en analizar los contenidos, tan solo describiéndolos y aclarando posibles dudas de los y las estudiantes.
- Una segunda visita (durante la cual el docente guarda silencio) está destinada a que en cada equipo se comenten los contenidos de cada sala desde el punto de vista de la imagen de la ciencia que ofrecen por acción u omisión.
- Se procede seguidamente a una puesta en común, moderada por el profesor. Esta fase la consideramos de especial importancia puesto que va a permitir un debate crítico y fundamentado y detectar, por nuestra parte, las principales dificultades del grupo para poder intervenir y aclarar posibles confusiones, facilitando el asentamiento de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia. En esta puesta en común pueden aparecer conflictos en las valoraciones de los equipos. Estas diferencias deben ser aclaradas, pero son, a menudo, más aparentes que reales. Así, por ejemplo, hay equipos que pueden ver en la sala del evolucionismo (diapositiva 5) el cuestionamiento de la visión acumulativa lineal, puesto que el evolucionismo constituye una revolución científica. Algún equipo, sin embargo, puede considerar que esta sala incide en dicha distorsión porque no ven indicaciones explícitas de que se trata, efectivamente, de una profunda revolución en los conocimientos. Conviene hacer ver que ambas valoraciones son adecuadas y solo aparentemente contradictorias, siempre que se expliquen suficientemente. La consecuencia de estas valoraciones es que el contenido de esta sala exige un estudio más profundo para determinar en qué medida sale al paso de esta grave distorsión o incide en ella por defecto. En todo caso, ambas respuestas, una vez explicadas, son válidas para nuestro estudio, puesto que muestran la atención de los estudiantes a esta concepción-obstáculo.
- Para la evaluación de en qué medida el trabajo realizado ha permitido a cada participante superar las concepciones obstáculo y, por tanto, lograr una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, se pueden utilizar diversos instrumentos: desde proponer el análisis de algún texto escolar a pedir la elaboración de un diagrama que refleje la actividad científica sin incurrir en defectos como los que afectan al presentado en la diapositiva 8 (Fernández, 2000). Es posible también utilizar la propia visita virtual. A tal fin se puede proponer una sesión de trabajo consistente en pasar a cada participante una fotocopia de las salas de un museo virtual para su análisis individual (ver **cuadro 6.2**).

Cuadro 6.2. Selección de las salas de un museo virtual para su análisis individual

<p>La ciencia en vivo</p>  <p>Ver y realizar experimentos</p>	<p>Grandes descubrimientos científicos</p>  <p>Sala de la Revolución Copernicana</p>
<p>Grandes descubrimientos científicos</p>  <p>Sala del evolucionismo</p>	<p>Salas de tecnología</p>  <p>Aplicaciones de la ciencia</p>
<p>Sala de la historia: los creadores</p>  <p>GALILEO GALILEI</p> <p>ISAAC NEWTON</p>	<p>ANTES DE SALIR DEL MUSEO</p> <p>Recuerda para llegar a hacer ciencia</p>  <p>Panel del método científico</p> 

- Conviene posponer esta fase de análisis individual para mejor constatar la durabilidad de los cambios logrados en las concepciones de los estudiantes. Esta evaluación se realiza mediante una red de análisis que ha sido discutida colectivamente hasta lograr la familiarización de los participantes (**cuadro 6.3**).

Cuadro 6.3. Red de análisis de la imagen de la ciencia y la tecnología transmitida por el museo

<i>VISIÓN</i>	<i>SALE AL PASO</i> (Describir cómo en cada caso)	<i>INCIDE</i> (Describir cómo en cada caso)	<i>IGNORA</i> (Incide por omisión)
A1 <i>Descontextualizada</i> Socialmente neutra, ignora las relaciones CTSA			
A2 Y olvida o minusvalora la tecnología como simple aplicación de la ciencia			
B1 <i>Individualista</i> Ignora el papel del trabajo colectivo			
B2 <i>Elitista</i> Supuesta obra de genios aislados			
C1 <i>Empiro-inductivista</i> Considera a la observación/experimentación como origen de la investigación Minusvalora el papel esencial de las hipótesis			
C2 <i>Ateórica</i> Ignora el cuerpo de conocimientos			
D <i>Rígida, algorítmica, infalible</i> Olvida el carácter tentativo de la ciencia y el papel del pensamiento divergente			
E1 <i>Aproblemática</i> <i>Ergo dogmática y cerrada</i> No destaca los problemas origen de la investigación			
E2 <i>Ahistórica</i>			
F <i>Exclusivamente Analítica</i> Olvida los procesos de unificación			
G <i>Visión acumulativa, de crecimiento lineal</i> Ignora las crisis, las remodelaciones profundas			

- Por último se recoge la valoración de la actividad, realizada por los propios asistentes mediante los cuestionarios que presentamos en los cuadros 6.4 y 6.5, destinados a ser cumplimentados individual y anónimamente.

Esta hoja de ruta seguida es igualmente válida cuando se realiza una visita real a un museo para analizar algunas salas que por su interés faciliten la reflexión y profundización de conocimientos propuesta.

Cuadro 6.4. Cuestionario de evaluación de la visita a un museo de ciencia y tecnología destinado al alumnado

<p><i>1. Valora de 0 a 10 en qué medida el trabajo de la visita al museo en su conjunto (incluyendo la preparación previa y la discusión posterior) te ha ayudado a comprender mejor la naturaleza de la ciencia y la tecnología</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>2. Valora de 0 a 10 el interés de la preparación previa de la visita</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>3. Valora de 0 a 10 haber hecho la visita como miembro de un equipo de investigadores que estudia el contenido del museo....</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>4. Valora de 0 a 10 el trabajo posterior de puesta en común de los análisis realizados</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>5. Otros comentarios, críticas y sugerencias</i></p>

Cuadro 6.5. Cuestionario de evaluación de la visita a un museo de ciencia y tecnología destinado al profesorado en formación

<p><i>1. Valora de 0 a 10 en qué medida el trabajo realizado en torno a la visita al museo ha resultado útil para profundizar en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>2. Valora de 0 a 10 el interés de la preparación previa de la visita</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>3. Valora de 0 a 10 la conveniencia de que los estudiantes realicen la visita con un objetivo (por ejemplo una tarea de análisis de los contenidos del museo)</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>
<p><i>4. Valora de 0 a 10 la necesidad de un trabajo posterior de puesta en común de los análisis realizados</i> <input type="checkbox"/></p> <p>Posibles comentarios y sugerencias:</p>

El cuestionario destinado al alumnado (**cuadro 6.4**) intenta evaluar el interés suscitado por la actividad, mientras que el destinado al profesorado en formación (**cuadro 6.5**) busca además del interés de la actividad en su conjunto, también conocer su valoración del procedimiento diseñado para contribuir a mejorar las concepciones de los

estudiantes acerca de la naturaleza de la actividad tecnocientífica así como profundizar en el papel de los museos de ciencia y tecnología, como herramientas de la educación no formal, que contribuyen a mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Entendemos que este diseño facilita y enriquece la puesta a prueba de la segunda hipótesis, dado que, por una parte, posibilita su realización en clase, adaptándonos a la limitación horaria existente, permitiendo trabajar con varios grupos de alumnos y en el momento más conveniente, sin depender de una determinada fecha de realización de la visita que ha de ser necesariamente programada con anterioridad.

Evidentemente siempre que sea posible conviene proceder a una visita real de algún museo de ciencia y tecnología, lo que tiene una notable capacidad motivadora, aunque, como hemos señalado, este diseño tiene también sus limitaciones cuando la visita hay que repetirla con varios grupos. En todo caso, si se realiza la visita (cosa realmente recomendable) conviene hacer fotografías de los paneles para su utilización posterior en clase, seleccionando las más convenientes, tal como hemos hecho con el museo virtual.

Y se puede pensar en otros diseños como pedir sugerencias de modificaciones concretas al alumnado o profesorado en formación en las diferentes salas y paneles que se seleccionen para que aquello que está contribuyendo por acción u omisión a una o varias visiones deformadas deje de hacerlo.

Quedan expuestos así algunos de los diferentes diseños concebidos para poner a prueba la segunda hipótesis que orienta la investigación, que esperamos contribuya a poner de manifiesto cómo la utilización de los museos puede ser muy útil como herramienta para la enseñanza de las ciencias, concretamente para ahondar en la superación de las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología generalmente aceptadas.

Pasaremos seguidamente a mostrar, en el capítulo 7, los resultados obtenidos con la puesta a prueba de algunos de los diseños presentados.

Referencias Bibliográficas en este capítulo 6

ABD-EL-KHALICK, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary. Science courses: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233.

ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.

ACEVEDO, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm> (Acceso el 10 de febrero de 2013). Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

AGUIRRE, J. M., HAGGERTY, S. M. y LINDER, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390.

BELL, B. F. y PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), pp. 349-361.

BLOOM, J. W. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, 11(4), 401-415.

BRICKHOUSE, N. W. (1989). The teaching of philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.

BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 471-485.

BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices: A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.

DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998b). *About the epistemological posture of science teachers*. In: Tiberghien A., Jossem L. y Barojas J. (Eds), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (ICPE Books).

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València.

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-GAUCHÍA, C., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2012). Concepciones docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la educación tecnológica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (2), pp. 253-272.

FLICK, L. y LEDERMAN, N. G. (Eds.) (2004). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

FREINET, C. (1976). *La enseñanza de las ciencias*. Barcelona: Laia.

GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.

GIL, D. (1993b). 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., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science, *Science & Education*, 14:309-320.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pág. 51-71. ISBN 0-9507510-5-0.

HERRON, S., LAMB, T. y MORRIS, L. (2003). Explicit instruction for enhancing teachers understanding of the nature of science: is it explicit enough? Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.

KIM, B. S., KO, E. K., LEDERMAN, N. G. y LEDERMAN, J. S. (2005). A developmental continuum of pedagogical content knowledge for nature of science instruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7).

KING, B. B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 135-141.

KOULAUDIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.

LEDERMAN, N. G., WADE, P. D. y BELL, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: a historical perspective. *Science & Education*, 7(6), 595-615.

MEICHTRY, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.

CAPÍTULO 7

**RESULTADOS EXPERIMENTALES
PARA LA PUESTA A PRUEBA
DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS**

En este capítulo mostraremos los resultados obtenidos al aplicar los diseños elaborados para someter a prueba la validez de los museos de ciencia y/o tecnología como instrumento de formación ciudadana para proporcionar una imagen más adecuada de la tecnociencia, cuando se diseña una estrategia adecuada para ello.

En primer lugar mostraremos ejemplos de *buenas prácticas* de indudable interés para contribuir a la superación de visiones distorsionadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología que dificultan la comprensión y disfrute de la cultura científica.

Y en segundo lugar expondremos resultados referidos al uso de los museos como instrumento de formación motivador y ventajoso para mejorar las percepciones del alumnado y profesorado en formación acerca de la actividad y cultura científica.

7.1. EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS DE LOS MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA CONTRIBUIR A LA SUPERACIÓN DE VISIONES DISTORSIONADAS

En el capítulo 2 expusimos los diferentes reduccionismos que impregnan a la actividad tecnocientífica en todos los ámbitos educativos y que contribuyen al desinterés y rechazo hacia los itinerarios científicos (Fernández et al., 2002; Gil-Pérez et al., 2005_b; Gil-Pérez, Vilches y Ferreira-Gauchía, 2010; Ferreira, Vilches y Gil-Pérez, 2012). En este sentido, tal como han mostrado los resultados presentados en el capítulo 5, los museos de ciencia y tecnología también transmiten, en general, visiones deformadas. No obstante hemos encontrado museos que han hecho un esfuerzo por salir al paso de alguna de las visiones deformadas y hemos observado ciertas mejoras en algunos museos de ciencias al repetir la visita un tiempo después. Consideramos que estos ejemplos positivos pueden ser aprovechados, con una preparación previa, para contribuir a una mejor comprensión de algunas características de las actividades tecnocientíficas. A continuación mostraremos ejemplos de *buenas prácticas* de algunos

de los museos, que podrían utilizarse en una visita con alumnos y alumnas, puesto que entendemos que contribuyen a presentar las cuestiones científico-tecnológicas de forma más acorde a su naturaleza.

En la visita realizada al **Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña** (mNACTEC) en febrero de 2008 nos encontramos con el acceso restringido a un sector de sus salas expositivas, perteneciente a la Sala Enérgica que se encontraba todavía incompleto y en fase de desarrollo. En una visita posterior realizada un año después ya era posible acceder al contenido de dicho sector, denominado “*Los combustibles fósiles y el medio ambiente*”, cuyas aportaciones se incluyen en el análisis presente en el **anexo 11**.

Si nos centramos en los cuestionamientos de la visión descontextualizada, desde el punto de vista ambiental, que aparecen en este espacio, apreciamos una atención notable con respecto al resto de salas del museo. Por tanto podemos utilizar esta sección para mostrar la importancia de un desarrollo científico-tecnológico que contribuya a la sostenibilidad, relacionando así el avance de la ciencia y la tecnología con el medio ambiente y las condiciones de vida de los seres humanos. Describimos a continuación el contenido de este apartado adjuntando algunas fotografías tomadas en el mismo museo para detallar de forma más precisa el mensaje que se desea transmitir.

En un primer panel, “**El cambio climático y el CO₂. Los combustibles fósiles y el medio ambiente**”, se alude a la vinculación entre “emisiones de gases a la atmósfera” y “cambio climático” como se muestra en la imagen adjunta:

EJEMPLO 7.1: Panel “El cambio climático y el CO₂. Combustibles fósiles y medio ambiente”



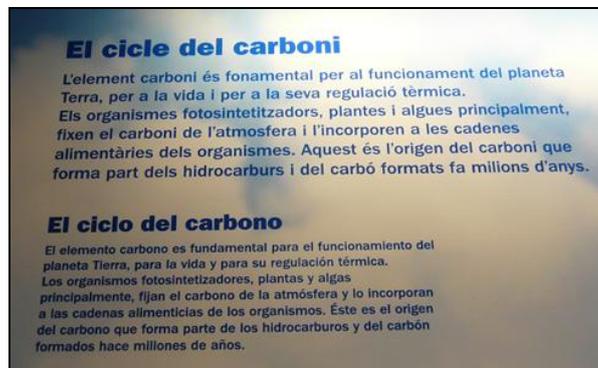
“En el proceso de combustión del gas, el carbón y el petróleo, se producen siempre emisiones de gases a la atmósfera. Según la composición química del combustible, estas emisiones pueden ser más o menos contaminantes y pueden ocasionar efectos relacionados con el cambio climático.

El calentamiento del Ártico

Las emisiones de carbono de los últimos años han incrementado de forma exponencial las concentraciones de CO₂ y la temperatura del aire”.

A continuación se menciona el ciclo del carbono:

EJEMPLO 7.2: Panel “El ciclo del carbono”

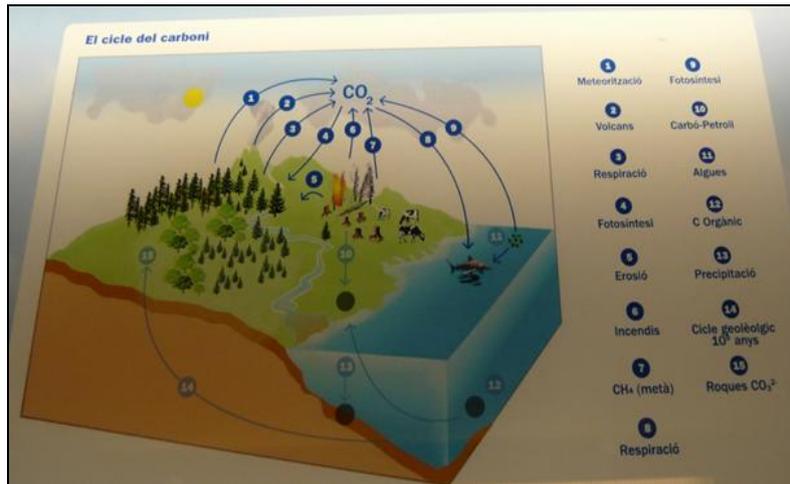


“El elemento carbono es fundamental para el funcionamiento del planeta Tierra, para la vida y para su regulación térmica.

Los organismos fotosintetizadores, plantas y algas principalmente, fijan el carbono de la atmósfera y lo incorporan a las cadenas alimenticias de los organismos. Éste es el origen del carbono que forma parte de los hidrocarburos y del carbón formados hace millones de años”.

Se representa a continuación un esquema del ciclo del carbono natural, así como el ciclo del carbono modificado por el hombre, donde las aportaciones de CO₂ a la atmósfera incluyen efectos, no sólo geológicos y bióticos, sino también bioquímicos, químicos, agro-industriales y los procedentes de los combustibles fósiles. Además se deposita mayoritariamente como carbonatos en los océanos.

EJEMPLO 7.3: Panel “El ciclo del carbono”

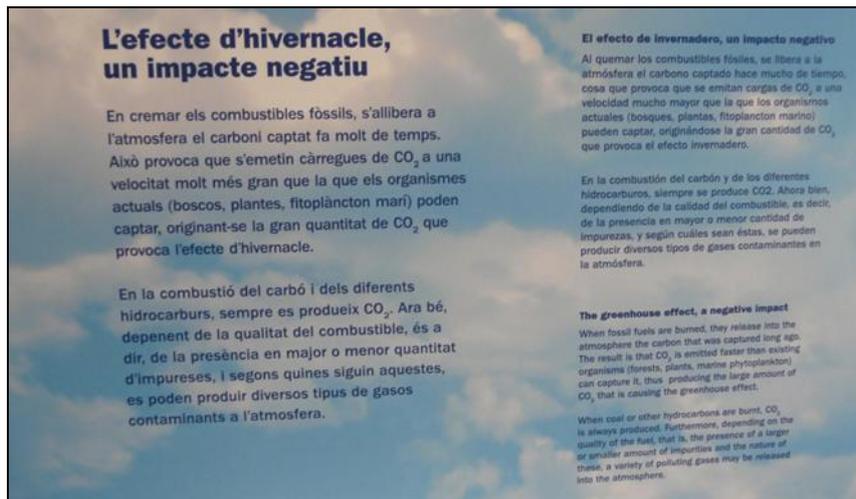


EJEMPLO 7.4: Panel “Ciclo del carbono modificado por el hombre”



Dentro del panel, “El efecto invernadero, un impacto negativo” se explica la vinculación entre la combustión de combustibles fósiles y el incremento del efecto invernadero:

EJEMPLO 7.5: Panel “El efecto invernadero, un impacto negativo”



“Al quemar los combustibles fósiles, se libera a la atmósfera el carbono captado hace mucho tiempo, cosa que provoca que se emitan cargas de CO₂ a una velocidad mucho mayor que la que los organismos actuales (bosques, plantas, fitoplancton marino) pueden captar, originándose la gran cantidad de CO₂ que provoca el efecto invernadero.

En la combustión del carbón y de los diferentes hidrocarburos, siempre se produce CO₂. Ahora bien, dependiendo de la calidad del combustibles, es decir, de la presencia en mayor o menor cantidad de impurezas, y según cuáles sean éstas, se pueden producir diversos tipos de gases contaminantes en la atmósfera”.

Por cierto, el título y el contenido del panel pueden dar lugar a confusiones pues parecen dar a entender que el efecto invernadero tiene efectos negativos, cuando sabemos que sin él la vida de los seres humanos y muchas otras especies sería imposible. Es preciso clarificar que lo negativo es el incremento de dicho efecto.

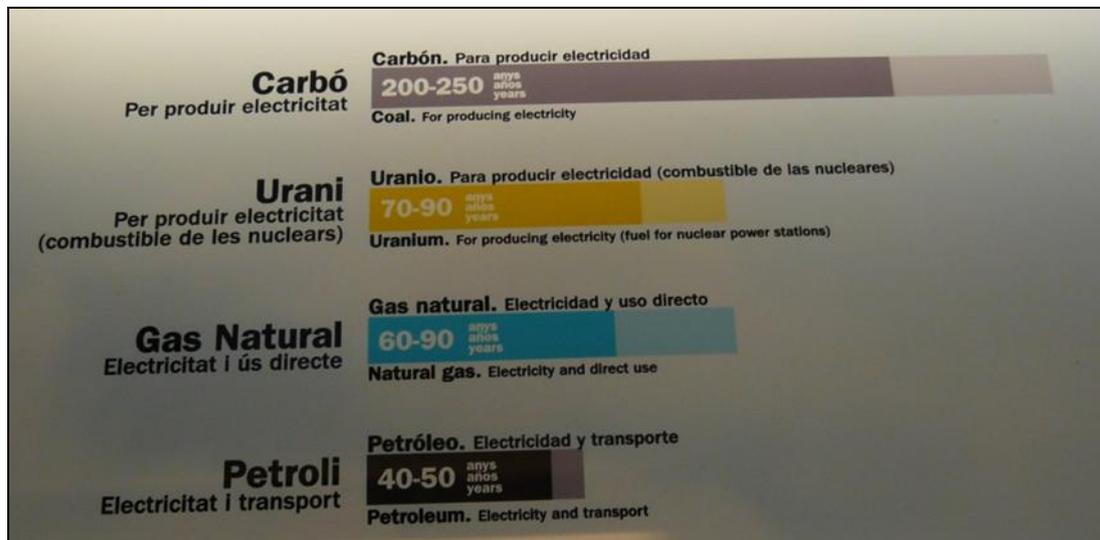
Se continúa reflexionando acerca de la problemática asociada al agotamiento de recursos naturales y sobre la promoción de las energías renovables y se acompaña de una comparativa del tiempo estimado para el agotamiento de recursos como carbón, uranio, gas natural y petróleo.

EJEMPLO 7.6: Comparativa de recursos

Actualment es creu que en 38 anys s'exhauriran les reserves de petroli, mentre que les de gas natural ho faran d'aquí uns 60 anys. Pel que fa a les reserves de carbó, es calcula que encara n'hi ha per uns centenars d'anys. L'inevitable esgotament d'aquests recursos fa pensar que cal que els països industrialitzats es preparin per canviar d'hàbits i usar les fonts d'energies renovables tant com sigui possible.

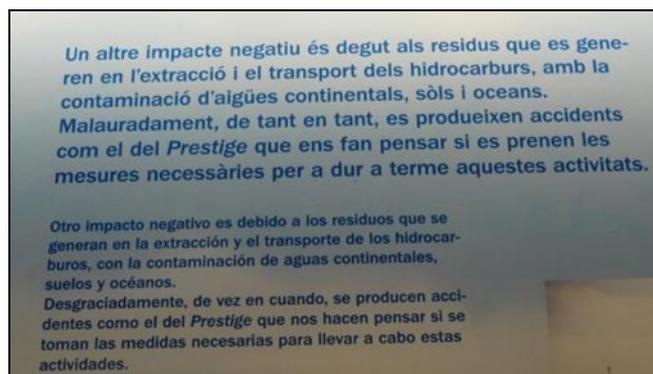
Actualmente se cree que en 38 años se agotarán las reservas de petróleo, mientras que las de gas natural lo harán dentro de unos 60 años. Con respecto a las reservas de carbón, se calcula que todavía queda para unos centenares de años. El inevitable agotamiento de estos recursos hace pensar que es necesario que los países industrializados se preparen para cambiar de hábitos y usar las fuentes de energías renovables tanto como sea posible.

“Actualmente se cree que en 38 años se agotarán las reservas de petróleo, mientras que las de gas natural los harán dentro de unos 60 años. Con respecto a las reservas de carbón, se calcula que todavía queda para unos centenares de años. El inevitable agotamiento de estos recursos hace pensar que es necesario que los países industrializados se preparen para cambiar de hábitos y usar las fuentes de energías renovables tanto como sea posible”.



De nuevo se hace referencia al impacto ambiental, asociado en esta ocasión a “accidentes” petrolíferos señalando:

EJEMPLO 7.7: Impacto ambiental y transporte de hidrocarburos

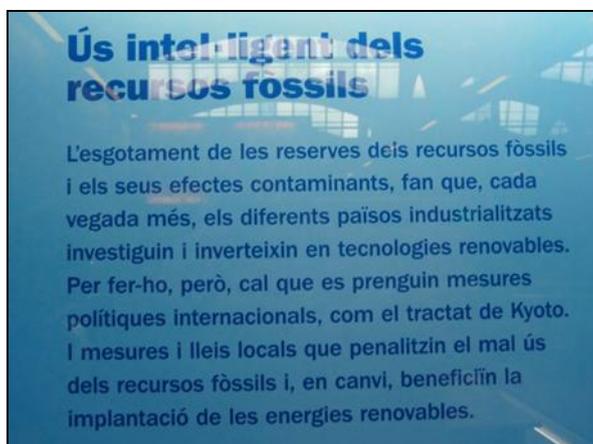


“Otro impacto negativo es debido a los residuos que se generan en la extracción y el transporte de los hidrocarburos, con la contaminación de aguas continentales, suelos y océanos.

Desgraciadamente, de vez en cuando, se producen accidentes como el del ‘Prestige’ que nos hacen pensar si se toman las medidas necesarias para llevar a cabo estas actividades”.

El panel dedicado al **“Uso inteligente de los recursos fósiles”** se muestra la importancia de la reducción de emisiones contaminantes exponiendo:

EJEMPLO 7.8: Panel “Uso inteligente de recursos fósiles”

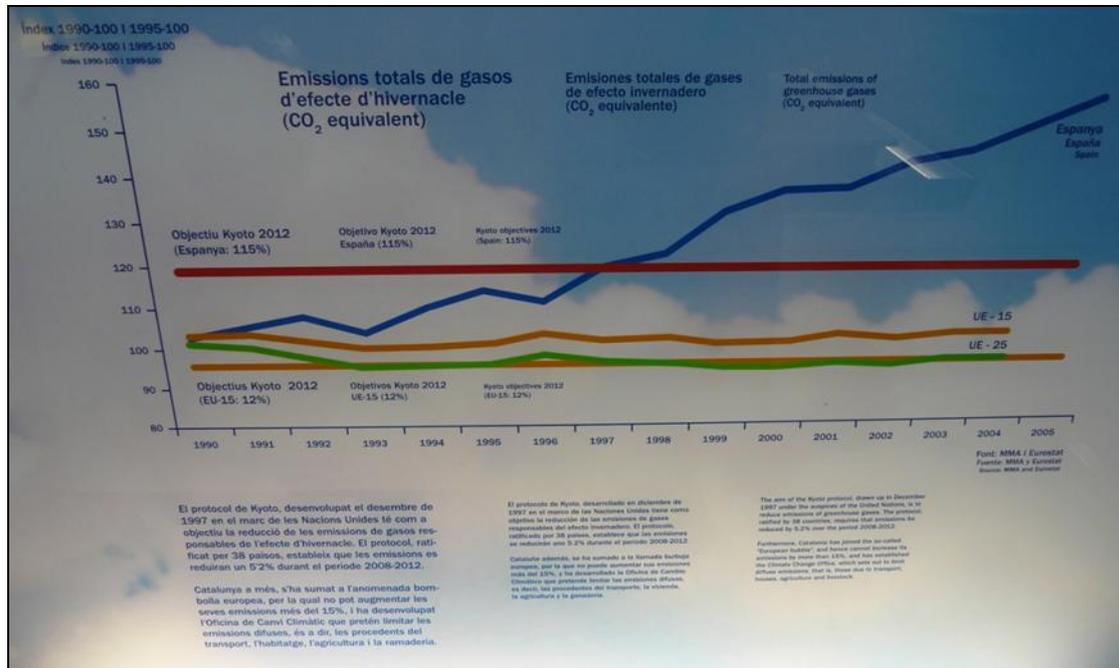


“El agotamiento de las reservas de los recursos fósiles y sus efectos contaminantes hacen que, cada vez más, los diferentes países industrializados investiguen e inviertan en tecnologías renovables. Para hacerlo, sin embargo, es necesario que se tomen medidas políticas internacionales, como el tratado de Kyoto. Y medidas y leyes locales que penalicen el mal uso de los recursos fósiles y, en cambio, beneficjen la implantación de las energías renovables”.

Se incluye, como muestra la siguiente fotografía, una comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad (carbón, gas natural, nuclear,

fotovoltaica, biomasa, geotérmica, eólica, solar térmica e hidráulica) y concluye que “hay que apostar por otras formas de generar electricidad”.

EJEMPLO 7.9: Panel “Emisiones totales de gases de efecto invernadero”

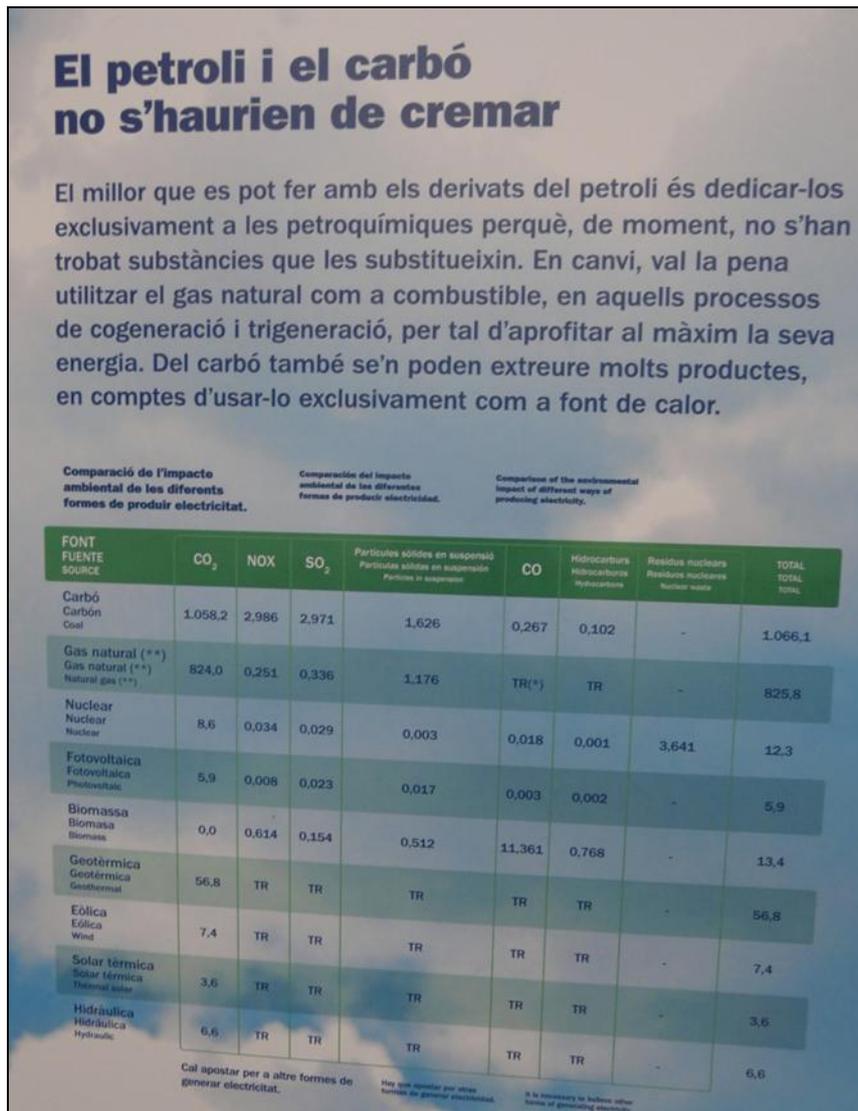


“El protocolo de Kyoto, desarrollado en diciembre de 1997 en el marco de las Naciones Unidas tiene como objetivo la reducción de las emisiones de gases responsables del efecto invernadero. El protocolo, ratificado por 38 países, establece que las emisiones se reducirán un 5'2% durante el período 2008-2012.

Cataluña además, se ha sumado a la llamada burbuja europea, por la que no puede aumentar sus emisiones más del 15%, y ha desarrollado la Oficina de Cambio Climático que pretende limitar las emisiones difusas, es decir, las procedentes del transporte, la vivienda, la agricultura y la ganadería”.

El siguiente panel “**El petróleo y el carbón no se tendrían que quemar**” se incluye de nuevo una tabla de una comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad (carbón, gas natural, nuclear, fotovoltaica, biomasa, geotérmica, eólica, solar térmica e hidráulica) insistiendo de nuevo en la conveniencia de promover otras formas de obtener electricidad más sostenibles.

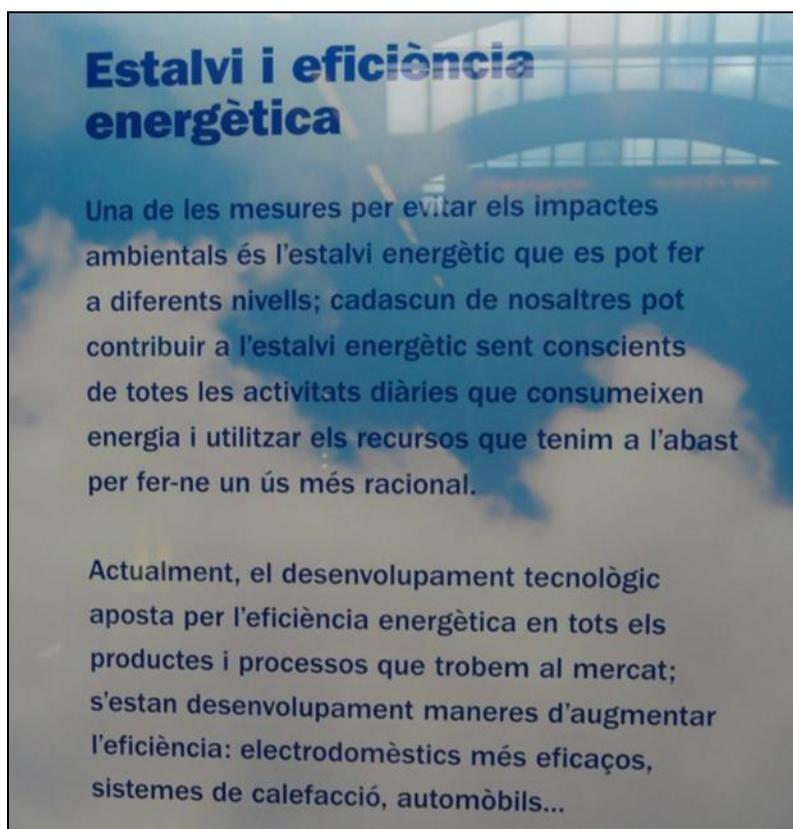
EJEMPLO 7.10: Panel “El petróleo y el carbón tendrían que quemarse”



“Lo mejor que se puede hacer con los derivados del petróleo es dedicarlos exclusivamente a las petroquímicas porque, de momento, no se han encontrado sustancias que los sustituyan. Sin embargo, vale la pena utilizar el gas natural como combustible, en aquellos procesos de cogeneración y trigeneración, con el fin de aprovechar al máximo su energía. Del carbón también se pueden extraer muchos productos, en vez de usarlo exclusivamente como fuente de calor”.

Continuamos con el apartado “Ahorro y eficiencia energética”, en cuyo panel se apuesta por secundar el ahorro energético:

EJEMPLO 7.11: Panel “Ahorro y eficiencia energética”



“Una de las medidas para evitar los impactos ambientales es el ahorro energético que se puede hacer en diferentes niveles; cada uno de nosotros puede contribuir al ahorro energético siendo conscientes de todas las actividades diarias que consumen energía y utilizar los recursos que tenemos al alcance para hacer el uso más racional.

Actualmente, el desarrollo tecnológico apuesta por la eficiencia energética en todos los productos y procesos que encontramos en el mercado; se están desarrollando maneras de aumentar la eficiencia: electrodomésticos más eficaces, sistemas de calefacción, automóviles...”.

Además en el mismo panel aparece un dibujo que simula un bloque de apartamentos, bajo el cartel **“La hipoteca del planeta”**, donde se presentan acciones concretas para luchar contra el cambio climático desde el ahorro individual.

EJEMPLO 7.12: Panel “La hipoteca del planeta”



1: La mejor orientación de la fachada principal es hacia el sur y es necesario evitar los ventanales y paredes medianeras al oeste.

2: Persianas, toldos y aleros ayudan a regular la insolación que entra en la casa.

3: Con cristales dobles en las ventanas puedes llegar a ahorrar, en invierno, un 25% del consumo eléctrico.

4: Una temperatura interior de 19°C a 21°C proporciona una buena sensación de confort. Por la noche, con 15°C es suficiente.

5: Por eso va bien tener termostatos o relojes programables y en cada radiador una llave regulable.

6: Para ventilar la casa en invierno, con diez minutos es suficiente y mejor a mediodía.

7: Bajando las persianas en las noches de invierno reducirás el calor que se escapa.

8: Hay que escoger la habitación donde harás más vida en verano o en invierno, en función de la orientación del edificio y la posibilidad de ventilarla en verano.

9: Forrando con aislante térmico la caja de la persiana por dentro, evitas pérdidas de calor.

10: Es esencial un buen aislamiento térmico. Hay que informarse de las características de la vivienda antes de adquirirla.

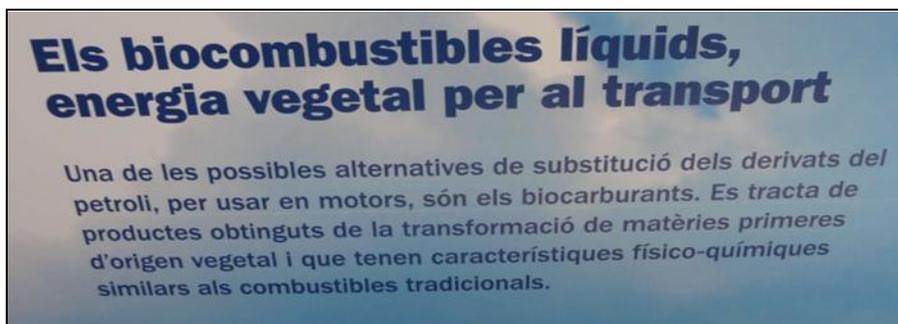
11: Los aparatos de climatización más eficientes tienen una etiqueta de energía de categoría ‘A’, y los que menos, la ‘G’.

12: ...pero un ventilador consume mucho menos y son más saludables.

13: Las calefacciones centralizadas de gas son las más eficientes y económicas. Puntualmente se pueden utilizar estufas de gas”.

El panel denominado “**Los biocombustibles líquidos, energía vegetal para el transporte**” se dedican a hablar del “Biogás”, “Bioetanol” y “Biodiésel” donde se evita incidir en tratamientos descontextualizados al buscar “*alternativas de sustitución de los derivados del petróleo*”:

EJEMPLO 7.13: Panel “Los biocombustibles líquidos, energía vegetal para el transporte”



“Una de las posibles alternativas de sustitución de los derivados del petróleo, para usar en motores, son los biocarburantes. Se trata de productos obtenidos de la transformación de materias primas de origen vegetal y que tienen características físico-químicas similares a los combustibles tradicionales”.

Así, entendemos que la evolución de este museo ha permitido que ahora salga al paso, con numerosos ejemplos, de la visión descontextualizada, tomando en consideración las relaciones CTSA. Sin embargo, esta innovación se presenta en un apartado restringido del museo (en el espacio “*Los combustibles fósiles y el medio ambiente*” casi exclusivamente), sin mostrar una ciencia contextualizada social y ambientalmente en todos los espacios del museo, tarea que es imprescindible para salir eficazmente al paso de una visión descontextualizada.

Algo similar se ha producido en el **Museo Kutxaespacio de la Ciencia de San Sebastián** donde hemos encontrado un nuevo espacio en una segunda visita realizada en 2011. La imposibilidad de ampliación del museo ha requerido la eliminación de contenidos museísticos anteriores. Concretamente se eliminan los espacios “*Sabías que*”, “*Vida artificial*” y “*Materiales sorprendentes*”. El nuevo espacio integrante de la exposición permanente del museo se denomina “*Gaia*”.

El contenido de este espacio se desenvuelve en torno al medioambiente y se divide en dos partes: una primera, en la que a cada visitante se le entrega una tarjeta que le servirá para activar los módulos interactivos y audiovisuales. Además le permitirá responder a unas preguntas para darle a conocer el grado de sostenibilidad de su comportamiento.

Concretamente se le pregunta directamente al visitante sobre su consumo energético para, al finalizar la visita, recoger una serie de recomendaciones para disminuir dicho consumo. La segunda parte presenta diferentes espacios ambientales de Guipúzcoa.

De nuevo, al igual que ocurría con el mNACTEC, se realiza un mayor cuestionamiento de la visión descontextualizada, y aunque dicho tratamiento aparece en un sector aislado y no integrado en todo el contenido del museo, constituye un avance en el propósito de mostrar mejor las cuestiones tecnocientíficas.

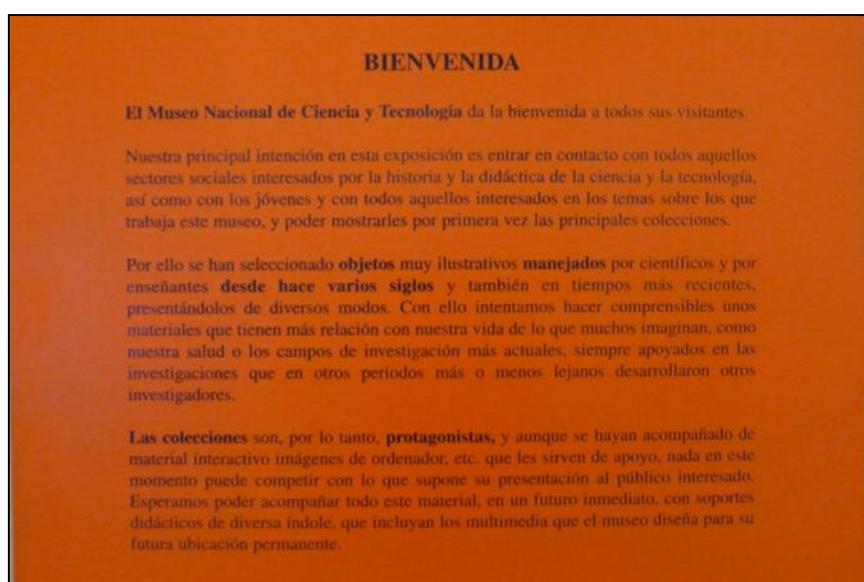
Ejemplos como la evolución de estos museos de ciencia y tecnología permiten constatar que el actual interés social que genera la preocupación por el medioambiente se refleja en los contenidos museísticos, hecho que no sucedía hace pocos años. Esto ofrece la posibilidad de su aprovechamiento para tratar aspectos incluidos en nuestra red de análisis (**cuadro 4.1**) y en particular aquellos de clara repercusión medioambiental.

En el **Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid** no encontramos relaciones científico-tecnológicas con el medio ambiente aunque recordemos que este museo sí proporcionaba una atención correcta a otros aspectos esenciales de la actividad científica y tecnológica, contemplados en la red de análisis, tales como la evolución histórica de los conocimientos.

Recordemos que salir al paso de una visión ahistórica implica contemplar la evolución de los conocimientos científicos incluyendo referencias, por ejemplo, a los obstáculos que fue preciso vencer. La superación de esta visión deformada facilita además mostrar la existencia de grandes crisis en el desarrollo de las ciencias, el carácter hipotético y tentativo de las mismas, las limitaciones de las teorías, los problemas frontera y los pendientes de solución, etc. En definitiva contribuye a dar una imagen más real de la tecnociencia, evitando visiones dogmáticas y descontextualizadas (Solbes, Vilches y Gil-Pérez, 2001). Gracias a este tratamiento histórico este museo consigue superar en numerosas ocasiones visiones empobrecidas y podemos considerarlo un ejemplo útil para contribuir a dar una imagen adecuada de la ciencia y tecnología. Las referencias históricas y por ende las relaciones ciencia-tecnología-sociedad en este museo son una constante, aunque no contempla aspectos ambientales. A modo de ejemplo presentaremos algunos paneles que lo constatan, disponiendo del análisis detallado en el **anexo 6**.

En primer lugar destacamos el cartel de **“Bienvenida”** en el que podemos confirmar la relación entre la historia de la ciencia y las relaciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad. Una declaración de intenciones, que en definitiva es lo que vamos a encontrar a lo largo de la visita al museo y cuyo objetivo es *“hacer comprensibles unos materiales que tienen más relación con nuestra vida de lo que muchos imaginan, como nuestra salud o los campos de investigación más actuales, siempre apoyados en las investigaciones que en otros periodos más o menos lejanos desarrollaron otros investigadores”*.

EJEMPLO 7.14: Panel “Bienvenida”



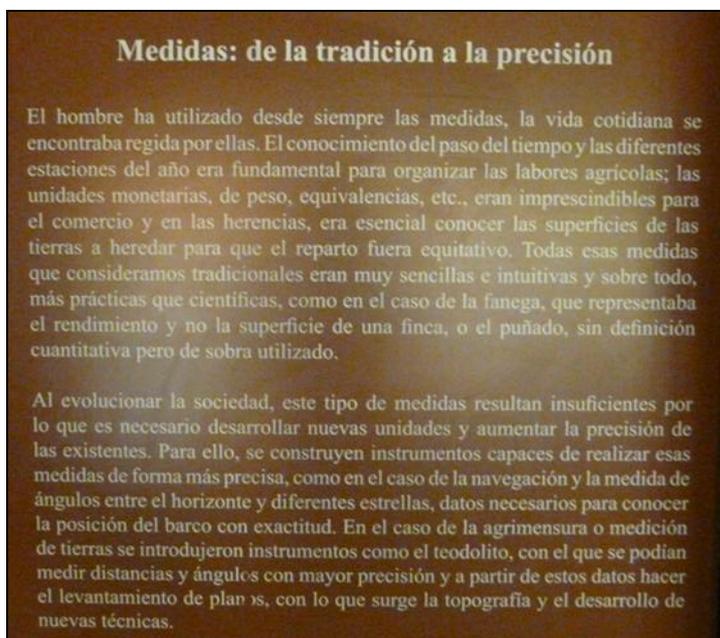
“Nuestra principal intención es entrar en contacto con todos aquellos sectores sociales que tengan interés por la historia y la didáctica de la ciencia y de la tecnología, así como con los jóvenes y con todos aquellos interesados en los temas que trabaja este museo, y poder mostrarles por primera vez las principales colecciones.

Por ello se han elegido objetos muy ilustrativos, manejados por científicos y por enseñantes desde hace varios siglos y también en tiempos más recientes, presentándolos de diversos modos. Con ellos intentamos hacer comprensibles unos materiales que tienen más relación con nuestra vida de lo que muchos imaginan, como nuestra salud o los campos de investigación más actuales, siempre apoyados en las investigaciones que en otros periodos más o menos lejanos desarrollaron otros investigadores.

Las colecciones son, por lo tanto, protagonistas, y aunque se hayan acompañado de material interactivo, imágenes de ordenador, etc. que les sirven de apoyo, nada en este momento puede competir con lo que supone su presentación al público interesado. Esperamos poder acompañar todo este material, en un futuro inmediato, con soportes didácticos de diversa índole, que incluyan los multimedia que el museo diseña para su futura ubicación permanente”.

Mostramos a continuación el panel “**Medidas: de la tradición a la precisión**” donde podemos observar cómo un tratamiento histórico precisa mostrar las relaciones CTS así como un cuestionamiento de la visión aproblemática.

EJEMPLO 7.15: Panel “Medidas: de la tradición a la precisión”



“El hombre ha utilizado desde siempre las medidas, la vida cotidiana se encontraba regida por ellas. El conocimiento del paso del tiempo y las diferentes estaciones del año era fundamental para organizar las labores agrícolas. Las unidades monetarias, de peso, equivalentes, etc... eran imprescindibles para el comercio y en las herencias era esencial conocer las superficies de las tierras a heredar para que el reparto fuera equitativo. Todas esas medidas que consideramos tradicionales eran muy sencillas e intuitivas y, sobre todo, más prácticas que científicas como en el caso de la fanega que representaba el rendimiento y no la superficie de una finca o el puñado sin definición cuantitativa pero de sobra utilizado.

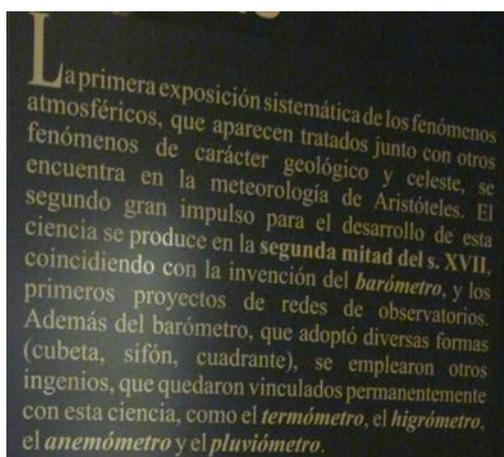
Al evolucionar la sociedad este tipo de medidas resultan insuficientes por lo que es necesario desarrollar nuevas unidades y aumentar la precisión de las existentes. Para ello se construyen instrumentos capaces de realizar esas medidas más precisas como en el caso de la navegación y la medida de ángulos entre el horizonte y diferentes estrellas, datos necesarios para conocer la posición del barco con exactitud. En el caso de la agrimensura o medición de tierras se introdujeron instrumentos como el teodolito, con el que se podían medir distancias y ángulos con mayor precisión y a partir de estos datos hacer el levantamiento de planos, con lo que surge la topografía y el desarrollo de nuevas técnicas”.

Observamos la relación entre la ciencia y la sociedad en referencias tales como “*al evolucionar la sociedad es necesario desarrollar nuevas unidades*”. También se corrobora que sale al paso de la visión aproblemática ya que explica cuáles fueron las

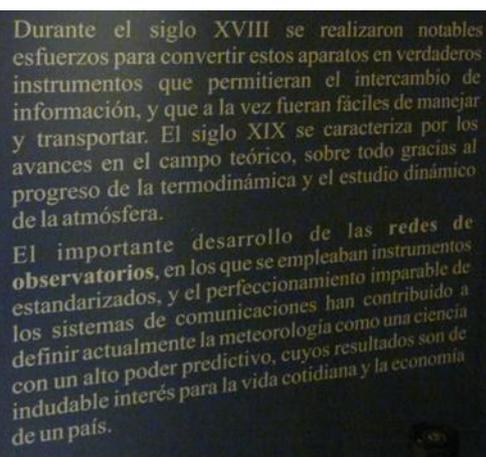
causas que provocaron la construcción de nuevos instrumentos, basadas en “*aumentar la precisión de las medidas existentes*”. Por otro lado, la referencia que afirma que con la obtención de datos más precisos a partir de instrumentos más precisos “*surge la topografía y el desarrollo de nuevas técnicas*” expresa la evolución paralela y ligada de la topografía y la técnica.

El siguiente panel seleccionado, “**Cierzos, estíos y nevadas**”, expone:

EJEMPLO 7.16: Panel “Cierzos, estíos y nevadas”



La primera exposición sistemática de los fenómenos atmosféricos, que aparecen tratados junto con otros fenómenos de carácter geológico y celeste, se encuentra en la meteorología de Aristóteles. El segundo gran impulso para el desarrollo de esta ciencia se produce en la segunda mitad del s. XVII, coincidiendo con la invención del *barómetro*, y los primeros proyectos de redes de observatorios. Además del *barómetro*, que adoptó diversas formas (cubeta, sifón, cuadrante), se emplearon otros ingenios, que quedaron vinculados permanentemente con esta ciencia, como el *termómetro*, el *higrómetro*, el *anemómetro* y el *pluviómetro*.



Durante el siglo XVIII se realizaron notables esfuerzos para convertir estos aparatos en verdaderos instrumentos que permitieran el intercambio de información, y que a la vez fueran fáciles de manejar y transportar. El siglo XIX se caracteriza por los avances en el campo teórico, sobre todo gracias al progreso de la termodinámica y el estudio dinámico de la atmósfera.

El importante desarrollo de las **redes de observatorios**, en los que se empleaban instrumentos estandarizados, y el perfeccionamiento imparable de los sistemas de comunicaciones han contribuido a definir actualmente la meteorología como una ciencia con un alto poder predictivo, cuyos resultados son de indudable interés para la vida cotidiana y la economía de un país.

“La primera exposición sistemática de los fenómenos atmosféricos, que aparecen tratados junto con otros fenómenos de carácter geológico y celeste, se encuentra en la meteorología de Aristóteles. El segundo gran impulso para el desarrollo de esta ciencia se produce en la segunda mitad del s. XVII, coincidiendo con la invención del barómetro, y los primeros proyectos de redes de observatorios. Además del barómetro, que adoptó diversas formas (cubeta, sifón, cuadrante), se emplearon otros ingenios, que quedaron vinculados permanentemente con esta ciencia, como el termómetro, el higrómetro, el anemómetro y el pluviómetro.”

Durante el s. XVIII se realizaron notables esfuerzos para convertir estos aparatos en verdaderos instrumentos que permitieran el intercambio de información, y que a la vez fueran fáciles de manejar y transportar. El s. XIX se caracteriza por los avances en el campo teórico, sobre todo gracias al progreso de la termodinámica y el estudio dinámico de la atmósfera.

El importante desarrollo de las redes de observatorios, en los que se empleaban instrumentos estandarizados, y el perfeccionamiento imparable de los sistemas de comunicaciones han contribuido a definir actualmente la meteorología como una ciencia con un alto poder predictivo, cuyos resultados son de indudable interés para la vida cotidiana y la economía de un país”.

De nuevo se tiene muy en cuenta el desarrollo de esta parte de la ciencia a lo largo de la historia. También consideramos que se da mucha importancia en todo el texto al

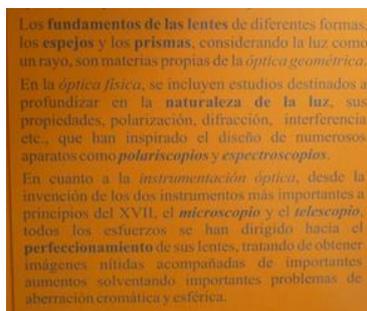
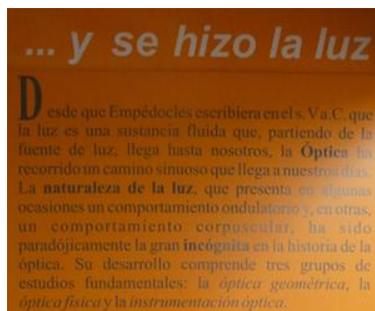
desarrollo de la tecnología y a su implicación en el desarrollo del conocimiento, como se demuestra en las reseñas que explicitan que “*el gran impulso para el desarrollo de esta ciencia coincide con la invención del barómetro*” o en el que se afirma que “*estos ingenios quedaron vinculados permanentemente con esta ciencia*”.

En el segundo párrafo la alusión a que “*los avances en el campo teórico se debieron al progreso de la termodinámica y al estudio dinámico de la atmósfera*” muestra las contribuciones teóricas a partir de las cuales se pudo desarrollar, cuestionando una visión atórica. Además, se muestra la realización de “*notables esfuerzos*” para lograr mejoras técnicas. Consideramos pues que sale al paso de la visión rígida puesto que se aprecia una ciencia no infalible.

En el último párrafo sale al paso de la visión descontextualizada por referirse a la “*meteorología como una ciencia de indudable interés para la vida cotidiana y la economía de un país*”.

El siguiente ejemplo “**...y se hizo la luz**” expone:

EJEMPLO 7.17: Panel “... y se hizo la luz”



“Desde que Empédocles escribiera en el s. V a. de C. que la luz es una sustancia fluida que, partiendo de la fuente de luz, llega hasta nosotros, la Óptica ha recorrido un camino sinuoso que llega a nuestros días. La naturaleza de la luz, que presenta en algunas ocasiones un comportamiento ondulatorio y, en otras, un comportamiento corpuscular, ha sido paradójicamente la gran incógnita en la historia de la óptica. Su desarrollo comprende tres grupos de estudios fundamentales: la óptica geométrica, la óptica física y la instrumentación óptica.

Los fundamentos de las lentes de diferentes formas, los espejos y los prismas, considerando la luz como un rayo, son materias propias de la óptica geométrica.

En la óptica física, se incluyen estudios destinados a profundizar en la naturaleza de la luz, sus propiedades, polarización, difracción, interferencia etc., que han inspirado el diseño de numerosos aparatos como polariscopios y espectroscopios.

En cuanto a la instrumentación óptica, desde la invención de los dos instrumentos más importantes a principios del s. XVII, el microscopio y el telescopio, todos los esfuerzos se han dirigido hacia el perfeccionamiento de sus lentes, tratando de obtener imágenes nítidas acompañadas de importantes aumentos solventando importantes problemas de aberración cromática y esférica”.

En este panel se muestra la atención a la evolución de la Óptica como ámbito científico, evidenciando una contextualización histórica.

En la consideración de que *“la Óptica ha recorrido un camino sinuoso”* se denota la existencia de dificultades encontradas en su construcción como ciencia. Por este motivo, entendemos que sale al paso de la visión acumulativa y lineal.

Por otro lado, se presenta como *“la gran incógnita en la historia de la óptica”* el conocimiento de la naturaleza de la luz. En este sentido, determinamos que sale al paso de la visión aproblemática.

Finalmente, en la alusión a una disciplina como la *“instrumentación óptica”*, así como la alusión a que *“los estudios en óptica física han inspirado el diseño de numerosos aparatos como polariscopios y espectroscopios”* muestran las interrelaciones entre la disciplina científica (óptica) y la actividad tecnológica.

Finalmente, sale al paso de la visión aproblemática, puesto que expone que el perfeccionamiento de las lentes del microscopio y el telescopio venía motivado por la pretensión de resolver *“problemas de aberración cromática y esférica”*.

A continuación presentamos como ejemplo el panel **“Medicina e Higiene”** dispuesto en la Sala Medicina, bajo el lema *Vivir más y mejor: nuestra meta*.

EJEMPLO 7.18: Panel “Medicina e Higiene”

La Historia de la Medicina, al igual que la de otras ciencias y técnicas, se construyó en ocasiones mediante la identificación y la enumeración de personajes ilustres y sus descubrimientos considerados señeros. Esta tendencia historiográfica del pasado ha visto notablemente disminuido el número de sus adeptos en favor de otro tipo de estudios que pretenden destapar los pensamientos, las motivaciones y otros condicionantes que envuelven a la medicina y a los profesionales de la sanidad en su devenir histórico.

La exposición se propone responder a inquietudes derivadas de este último punto de vista en la

investigación. Estructurada según cuatro ámbitos diferentes de aplicación de los conocimientos médicos, en ella se ven reflejadas diferentes técnicas que discurren paralelas a problemas sociales y a corrientes de pensamiento, de modo que conjuntamente construyen una pequeña muestra de la historia de la medicina, especialmente desde el siglo XIX en adelante.

No pretendemos fijar la atención de los visitantes sobre importantes personajes acompañados de sus logros, sino mostrar algunos testimonios materiales de preocupaciones de los seres humanos acerca de su supervivencia y su calidad de vida.

“La historia de la Medicina, al igual que la de otras ciencias y técnicas, se construyó en ocasiones mediante la identificación y la enumeración de personajes ilustres y sus descubrimientos considerados señeros. Esta tendencia historiográfica del pasado ha visto notablemente disminuido el número de sus adeptos a favor de otro tipo de estudios que pretenden destapar los pensamientos, las motivaciones y otros condicionantes que envuelven a la medicina y a los profesionales de la sanidad en su devenir histórico.

La exposición se propone responder a inquietudes derivadas de este último punto de vista en la investigación. Estructurada según diferentes ámbitos de aplicación de los conocimientos médicos, en ella se ven reflejadas diferentes técnicas que discurren paralelas a problemas sociales y a corrientes de pensamiento, de modo que, conjuntamente, construyen una pequeña muestra de la historia de la medicina, especialmente desde el siglo XIX en adelante. No pretendemos fijar la atención de los visitantes sobre importantes personajes, acompañados de sus logros, sino mostrar algunos testimonios materiales de preocupaciones de los seres humanos acerca de su supervivencia y su calidad de vida”.

En el texto podemos ver la intencionalidad de mostrar aspectos históricos relacionados con la disciplina médica, enfocados a abordar las *“preocupaciones de los seres humanos acerca de su supervivencia y su calidad de vida”*. Además se critica el hecho de que muchas veces se nombran únicamente a célebres científicos y sus descubrimientos *“señeros”* destacando que no pretende *“fijar la atención de los visitantes sobre importantes personajes, acompañados de sus logros”*.

Se aprecia también en el texto que sale al paso de una visión descontextualizada por mostrar la relación ciencia-técnica-sociedad, como muestra la reseña *“en la medicina se ven reflejadas diferentes técnicas que discurren paralelas a problemas sociales”*.

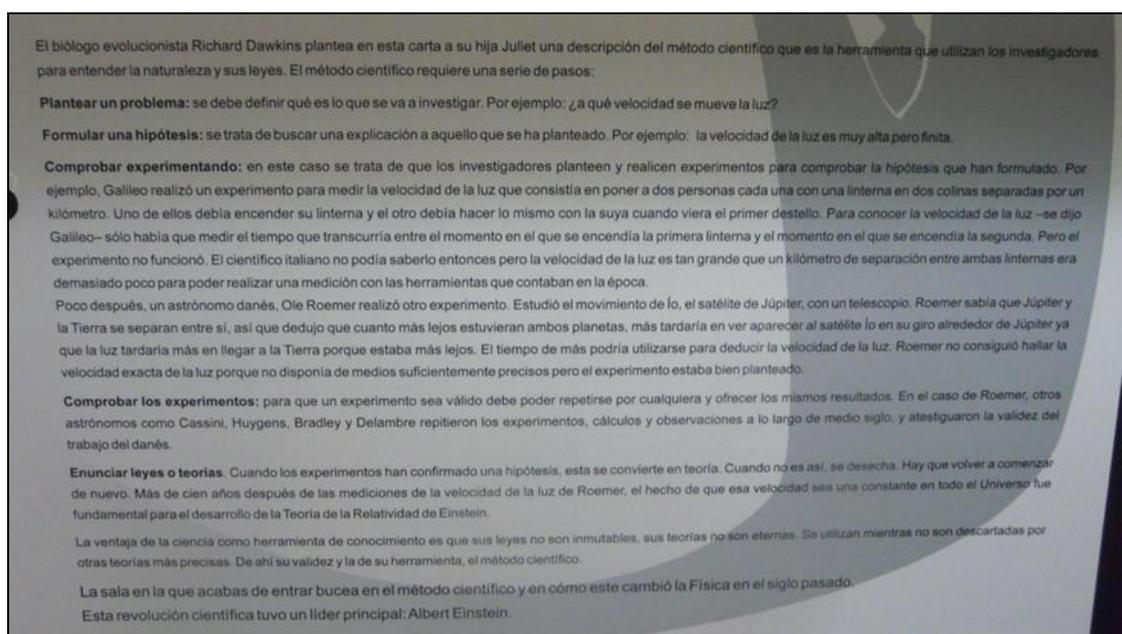
Una vez más se aprecia la importancia concedida a la tecnología al tratar conjuntamente *“ciencias y técnicas...”*.

Hemos podido observar en estos ejemplos que determinados museos, por su contenido o su estructura, favorecen la correcta transmisión de aspectos concretos de la actividad tecnocientífica.

Así, por ejemplo, transmiten una adecuada interrelación ciencia-tecnología el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid (MNCT) y el Parque de las Ciencias de Granada. Por otro lado el aspecto histórico es ampliamente considerado en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MNCT) de Madrid y el Museo de la Ciencia y la Técnica (mNACTEC) de Cataluña (Terrassa).

De hecho en la mayor parte de los museos podemos encontrar algún panel que nos permita afianzar concepciones correctas aunque incida directamente en otras, posibilitando su análisis crítico por parte del alumnado. Por ejemplo, en el **Museo de Ciencias de Valladolid** podemos encontrar un panel que detalla el “método científico”, considerado de interés ya que forma parte de los contenidos de la asignatura de Física y Química dentro de la Educación Secundaria Obligatoria así como en los contenidos de la asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo de Bachillerato. Concretamente presentamos el panel introductorio de la Sala Einstein, puesto que es uno de los que más explícitamente trata la forma en que trabajan los científicos. En él podemos ver que se presenta un método científico rígido a la par que puede transmitir una visión individualista de la ciencia. No obstante, como podrá apreciarse, sale claramente al paso de otras visiones empobrecidas, pudiendo aprovecharse para afianzar concepciones correctas y constituyendo ejemplos de *buenas prácticas*.

EJEMPLO 7.19: Panel “Introducción”



“El biólogo evolucionista Richard Dawkins plantea en esta carta a su hija Juliet una descripción del método científico que es la herramienta que utilizan los investigadores para entender la naturaleza y sus leyes. El método científico requiere una serie de pasos .

Plantear un problema: se debe definir qué es lo que se va a investigar. Por ejemplo, ¿a qué velocidad se mueve la luz?

Formular una hipótesis: se trata de buscar una explicación a aquello que se ha planteado. Por ejemplo: la velocidad de la luz es muy alta pero finita.

Comprobar experimentando: en este caso se trata de que los investigadores planteen y realicen experimentos para comprobar la hipótesis que han formulado. Por ejemplo, Galileo realizó un experimento para medir la velocidad de la luz que consistía en poner a dos personas cada una con una linterna en dos colinas separadas por un kilómetro. Uno de ellos debía encender su linterna y el otro debía hacer lo mismo con la suya cuando viera el primer destello. Para conocer la velocidad de la luz- se dijo Galileo- sólo había que medir el tiempo que transcurría entre el momento en el que se encendía la primera linterna y el momento en el que se encendía la segunda. Pero el experimento no funcionó. El científico italiano no podía saberlo entonces pero la velocidad de la luz es tan grande que un kilómetro de separación entre ambas linternas era demasiado poco para poder realizar una medición con las herramientas que contaban en la época.

Poco después, un astrónomo danés, Ole Roemer realizó otro experimento. Estudió el movimiento de Io, el satélite de Júpiter, con un telescopio. Roemer sabía que Júpiter y la Tierra se separan entre sí, así que dedujo que cuanto más lejos estuvieran ambos planetas, más tardaría en ver aparecer al satélite Io en su giro alrededor de Júpiter ya que la luz tardaría más en llegar a la Tierra porque estaba más lejos. El tiempo de más podría utilizarse para deducir la velocidad de la luz. Roemer no consiguió hallar la velocidad exacta de la luz porque no disponía de medios suficientemente precisos pero el experimento estaba bien planteado.

Comprobar los experimentos: para que un experimento sea válido debe poder repetirse por cualquiera y ofrecer los mismos resultados. En el caso de Roemer, otros astrónomos como Cassini, Huygens, Bradley y Delambre repitieron los experimentos, cálculos y observaciones a lo largo de medio siglo y atestiguaron la validez del trabajo del danés.

Enunciar leyes o teorías. Cuando los experimentos han confirmado una hipótesis, ésta se convierte en teoría. Cuando no es así, se desecha. Hay que volver a comenzar de nuevo. Más de cien años después de las mediciones de la velocidad de la luz de Roemer, el hecho de que esa velocidad sea una constante en todo el Universo fue fundamental para el desarrollo de la Teoría de la Relatividad de Einstein.

La ventaja de la ciencia como herramienta de conocimiento es que sus leyes no son inmutables, sus teorías no son eternas. Se utilizan mientras no son descartadas por otras teorías más precisas. De ahí su validez y la de su herramienta, el método científico.

La sala en la que acabas de entrar bucea en el método científico y en cómo éste cambió la Física del siglo pasado.

Esta revolución científica tuvo un líder principal: Albert Einstein”.

Muestra una relación ciencia-tecnología al utilizar el telescopio como herramienta para avanzar en ciencia. Sale al paso de la visión empirista al presentar el papel orientador y de “predicción” de la hipótesis (entendida como una “suposición de lo que podría ser cierto”).

Se presenta la situación problemática como origen de una investigación, evitando transmitir la visión aproblemática. La presentación de una formulación de hipótesis como tentativas de respuesta a la situación problemática planteada cuestiona la visión empirista. La alusión a que el *“el experimento no funcionó”* y a que Ole Roemer *“no consiguió hallar la velocidad exacta de la luz”* evita incurrir en una concepción rígida de progreso lineal, infalible, de la actividad científica.

Se alude al trabajo de *“astrónomos como Cassini, Huygens, Bradley y Delambre”*, cuestionando la visión individualista, y se señala que *“repitieron los experimentos, cálculos y observaciones a lo largo de medio siglo y atestiguaron la validez del trabajo del danés”* lo que sale nuevamente al paso de una visión rígida e infalible. También cuestiona la visión ateorica al mostrar que Einstein se apoya en otras investigaciones para desarrollar la Teoría de la Relatividad.

Al afirmar que *“La ventaja de la ciencia como herramienta de conocimiento es que sus leyes no son inmutables”* se cuestionan las visiones rígida y acumulativa.

Como vemos se realizan cuestionamientos bastante interesantes; no obstante, deja la sensación de que existen numerosas ocasiones desperdiciadas para hablar de las relaciones CTSA, puesto que los desarrollos científico-tecnológicos tienen una dimensión social y medioambiental que puede y debe ser explicitada. Por otro lado, echamos en falta la referencia al papel de las comunidades científicas, aunque sí se habla del trabajo en grupo. Consideramos también que se trata de una ocasión idónea para comentar la posible relación con otros campos científicos que conlleva el establecimiento de una nueva teoría. Por tanto un panel de estas características puede ser utilizado para el trabajo en clase, más concretamente para reafirmar los contenidos asimilados sobre visiones deformadas de la ciencia. Se les puede pedir a los alumnos que analicen y modifiquen este panel para que dé una imagen más adecuada de la ciencia y la tecnología. Para ello una de las tareas que deberá realizar el alumnado es indagar en la historia de la ciencia para reflejar una realidad que posibilitará salir al paso de algunas visiones deformadas. Por ejemplo, se puede realizar una reconstrucción histórica de cómo determinó Roemer la velocidad de la luz, las dificultades que encontró o sus enfrentamientos con Cassini (jefe del grupo de investigación de Roemer).

Todos estos ejemplos nos permiten constatar que los museos de ciencia y tecnología se pueden utilizar para contribuir a transmitir una mejor percepción global de la naturaleza tecnocientífica, hecho que apoya nuestra segunda hipótesis.

A continuación presentaremos los resultados de las actividades basadas en el uso de un museo de ciencias para la adquisición por parte del alumnado y futuros profesores y profesoras de concepciones adecuadas sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología.

7.2. RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES BASADAS EN LA UTILIZACIÓN DE UN MUSEO VIRTUAL PARA CONTRIBUIR A CONSTRUIR UNA VISIÓN NO DEFORMADA DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Diferentes investigaciones han sugerido que una forma innovadora para preparar adecuadamente al profesorado de ciencias y mejorar el aprendizaje en ciencias consiste en realizar conexiones entre la educación formal y la no reglada de la ciencia (McGinnis et al., 2012; Anderson, Lawson y Mayer-Smith, 2006).

Debido a que los objetivos de la educación científica informal a menudo se centran en los resultados afectivos, los entornos informales de ciencia tienen un potencial único para favorecer actitudes positivas y aumentar el interés en ciencia. Una investigación, centrada en las concepciones de la ciencia, mostró que profesorado en formación consideraba que los métodos utilizados en la enseñanza de las ciencias resultaban aburridos. Sin embargo, después de participar en un curso de ciencias que incluía una experiencia de visita debidamente preparada a un museo de ciencia, más del 90% de los futuros profesores y profesoras indicaron tener un mayor interés por la ciencia (Kelly, 2000).

Por este motivo, para la comprensión y superación de las visiones deformadas de la ciencia por parte del alumnado, tal como se ha descrito en el capítulo anterior, se ha diseñado una tarea de investigación que gira en torno a la utilización de los museos de ciencia y tecnología. Más concretamente hemos diseñado un programa de actividades a desarrollar en el aula, cuyo contenido se amplía con la incorporación de un museo virtual (**cuadro 6.1**) que pretende desarrollar el pensamiento crítico del alumnado en torno a los diferentes reduccionismos y concepciones erróneas. En primer lugar mostraremos ejemplos sobre las actividades iniciales de formación. Seguidamente presentamos el museo virtual diseñado, junto con los resultados del análisis para cada uno de los grupos a los que se ha destinado la actividad. Dicho museo virtual está

apoyado, como se ha explicado en el capítulo 6, en una serie de imágenes obtenidas de diferentes museos de ciencia, con el objetivo de reafirmar concepciones adecuadas acerca de la ciencia y la tecnología.

Este programa ha estado dirigido a:

- Cuatro grupos de la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo (CCMC) de 1º de Bachillerato, dos de ellos del IES Benlliure de Valencia, otro del IES La Garrigosa de Meliana (Valencia) y por último un grupo del IES Les Dunes de Guardamar del Segura (Alicante). Se escoge la asignatura de CCMC, no solo por su flexibilidad sino porque el temario contempla un tema dedicado a las relaciones CTSA, idóneo para realizar este tipo de actividades. Además esta asignatura pretende tratar cuestiones científicas en la totalidad del alumnado de ese nivel, independientemente del itinerario docente escogido. Resulta extraordinariamente preocupante por ello que la nueva reforma educativa española contemple la posibilidad de supresión de materias como esta que constituye una ocasión privilegiada para contribuir a una visión adecuada de la actividad científica y tecnológica, esencial para la formación de una ciudadanía responsable y preparada para la toma de decisiones.
- Un grupo de futuros profesores y profesoras de Secundaria, licenciados en Física y Química dentro de la asignatura “Aprendizaje y Enseñanza de la Física y la Química” del Máster en Profesorado de Secundaria (Física y Química) en el tema de aspectos axiológicos y relaciones CTSA, cursado entre 2011-2012. El objetivo perseguido con la participación de estos futuros docentes es conocer su valoración de la actividad, detectar posibles inconvenientes y, en definitiva, lograr un instrumento realmente útil para ayudar al alumnado a superar las concepciones distorsionadas acerca de la actividad científica.

La relación de colectivos que han realizado la actividad es la siguiente:

Tabla 7.1. Muestra de alumnos y profesores en formación que realizan la visita a un museo virtual

Colectivo implicado	Número de participantes
IES BENLLIURE BACHILLER DE HUMANIDADES	29
IES BENLLIURE BACHILLER DE CIENCIAS	25
IES LA GARRIGOSA BACHILLER DE CIENCIAS	28

IES LES DUNES BACHILLER DE CIENCIAS	34
TOTAL ALUMNOS	116
PROFESORES EN FORMACIÓN DE EDUCACIÓN SECUNDARIA	27

Pasamos a describir los resultados que se obtienen y las tendencias observadas tras realizar el programa de actividades.

7.2.1. DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE ACTIVIDADES DESTINADO A MEJORAR LA PERCEPCIÓN ACERCA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Comenzaremos realizando una descripción cualitativa del desarrollo del programa de actividades presentado en el capítulo 6 (**cuadro 6.1**), al que se irán incorporando comentarios de su desarrollo y ejemplos de algunas aportaciones realizadas por los estudiantes en las distintas actividades propuestas. Recordemos que la primera actividad quedaba planteada de la forma:

“A.1. Enumerar las distintas actividades que nos parezcan características del trabajo científico”.

Comentarios A.1. Al tratarse de alumnos de 1º de Bachillerato, algunos de ellos ya tienen una idea de la actividad científica repleta de visiones deformadas que se aleja notoriamente de la forma como se construyen y evolucionan los conocimientos de ciencias (McComas, 1998a; Fernández, 2000). En esta actividad, esperamos encontrar muestras de estas concepciones. Un ejemplo lo constituye:

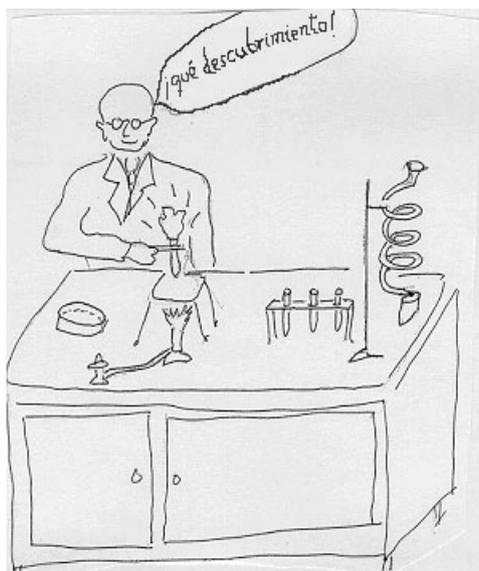
EJEMPLO 7.20: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

1. Encontrar una duda sobre la que experimentar.
2. Observación de la duda y recaudación de información sobre ella.
3. Elaboración de una hipótesis válida. A partir de dicha hipótesis, creación de un experimento que pueda demostrarla.
4. Llevar a cabo el experimento. Si no confirma la hipótesis, elaborar una nueva que confirme el experimento.
5. Una vez la hipótesis pueda ser confirmada empíricamente, elaboración de una teoría científica.

- “1. Encontrar una duda sobre la que experimentar.
2. Observación de la duda y recaudación de información sobre ella.
3. Elaboración de una hipótesis válida. A partir de dicha hipótesis, creación de un experimento que pueda demostrarla.
4. Llevar a cabo el experimento. Si no confirma la hipótesis, elaborar una nueva que confirme el experimento.
5. Una vez la hipótesis pueda ser confirmada empíricamente, elaboración de una teoría científica”.

En la siguiente actividad, se pide a los equipos que realicen un análisis crítico de lo que muestra el dibujo como un ejemplo de investigación en marcha:

“A.2. El dibujo que se adjunta intenta ilustrar en qué consiste hacer ciencia. Comentad dicho dibujo indicando lo que no os parezca correcto o lo que echáis a faltar”.



Comentarios A.2. El enunciado de la actividad favorece que se sitúen críticamente frente a lo que muestra el dibujo y a partir de ahí, una imagen que a priori les parecía representativa de qué es hacer ciencia les genera dudas sobre sus concepciones. Es en este momento cuando empiezan a reflexionar sobre aspectos más idóneos de la actividad científica. Reproducimos a continuación algunos ejemplos:

EJEMPLO 7.21: Estudiantes de 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

No nos parece correcto :
- el estereotipo de científico , (porque es un hombre , calvo , con bata blanca , gafas , en un laboratorio ...) .

“... ”

No nos parece correcto: el estereotipo de científico (porque es un hombre, calvo, con bata blanca, gafas, en un laboratorio...)”.

En este dibujo :

- **Sobra :**
 - los estereotipos (aspecto físico, edad, indumentaria ...)
 - material innecesario (instrumentos que no están en uso) .
- **Falta :**
 - gente especializada (de todas edades, etnias, sexos ...)
 - ambiente adecuado para el trabajo (aire libre, laboratorio ...)
 - instrumentos específicos
 - medidas de seguridad (extintores, ventilación, guantes, gafas ...)
 - apuntes, informes, esquemas ...
 - equipo tecnológico (ordenadores, por ejemplo)

“En este dibujo

Sobra: los estereotipos (aspecto físico, edad, indumentaria...); material innecesario (instrumentos que no están en uso)

Falta: gente especializada (de todas las edades, etnias, sexos...); ambiente adecuado para el trabajo (aire libre, laboratorio...); instrumentos específicos, medidas de seguridad (extintores, ventilación, guantes, gafas...); apuntes, informes, esquemas...; equipo tecnológico (ordenadores, por ejemplo)”.

La siguiente actividad propone:

“A.3. *Modificad dicho dibujo añadiendo los elementos y textos que consideréis convenientes para enriquecer la visión de la actividad científica que se muestra y acercarla a lo que penséis que es realmente hacer ciencia*”.

Comentarios A.3. Se realiza una modificación del dibujo acorde a sus ideas en torno a la ciencia. Les permite una vez más profundizar en la reflexión sobre la ciencia. Un ejemplo de ello sería:

EJEMPLO 7.22: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



Como puede apreciarse, el equipo ha enriquecido la situación introduciendo varios investigadores e investigadoras, libros, hablando de los objetivos de la investigación, etc., saliendo al paso, en alguna medida, de algunos estereotipos (visiones individualista, elitista, apromblemática, atórica). Y aunque sigue siendo una

transformación insuficiente, supone un notable paso adelante y prepara al alumnado a seguir profundizando en la siguiente actividad:

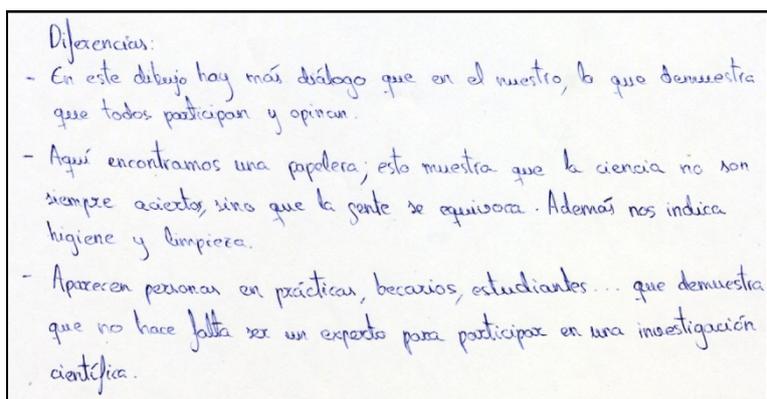
“A.4. Comparad el primer dibujo con el que ahora se incluye -corregido por un equipo de estudiantes- e indicad las principales diferencias”.

Comentarios A.4. Esta actividad les ha servido para percatarse de aspectos que ellos no han nombrado. En ella se incluía el siguiente dibujo corregido:



Entre sus comentarios podemos citar:

EJEMPLO 7.23: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“Diferencias:

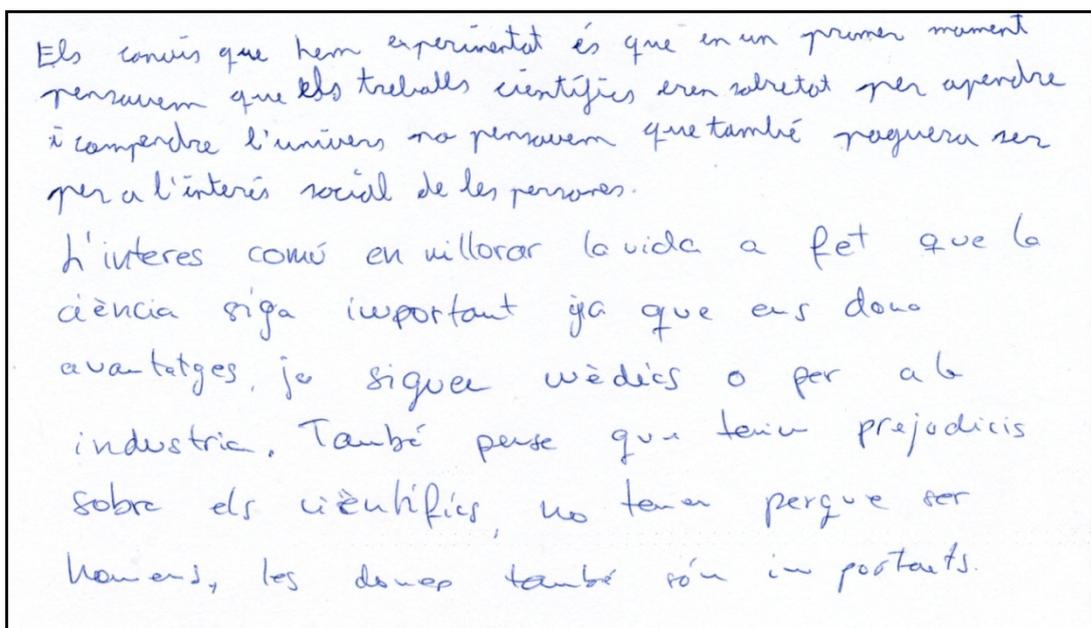
- En este dibujo hay más diálogo que en el nuestro, lo que demuestra que todos participan y opinan.
- Aquí encontramos una papetera; esto demuestra que la ciencia no son siempre ciertos, sino que la gente se equivoca. Además nos indica higiene y limpieza.
- Aparecen personas en prácticas, becarios, estudiantes... que demuestra que no hace falta ser un experto para participar en una investigación científica”.

Finalmente se invita a reflexionar en torno a:

“A.5. ¿Qué cambios han experimentado vuestras ideas acerca de lo que es el trabajo científico?”.

Comentarios A.5. Esta cuestión recoge su opinión personal, y en sus comentarios se refleja que realmente no se habían planteado las ideas que podían tener sobre la actividad científica. Efectivamente reconocen que tenían una imagen empobrecida de la ciencia antes de reflexionar sobre ellas en clase. Como ejemplo citamos:

EJEMPLO 7.24: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



Els canvis que hem experimentat és que en un primer moment
pensem que els treballs científics eren sobretot per aprendre
i comprendre l'univers no pensem que també poguera ser
per a l'interès social de les persones.
L'interès comú en millorar la vida a fet que la
ciència siga important ja que ens dona
avantatges, ja siguin mèdics o per a la
indústria. També pense que tenir prejudicis
sobre els científics, no tenen perquè ser
hombres, les dones també són importants.

“Los cambios que hemos experimentado son que en un primer momento pensamos que los trabajos científicos eran sobre todo para aprender y comprender el universo, no pensábamos que también pudieran ser para el interés social de las personas.

El interés común en mejorar la vida ha hecho que la ciencia sea importante ya que nos proporciona ventajas, ya sean médicas o para la industria. También pensamos que tenemos prejuicios sobre los científicos, no tienen porqué ser hombres, las mujeres también son importantes”.

En este momento el alumnado se siente preparado para poder abordar la siguiente actividad, que les proponemos como una tarea de análisis de un museo virtual (que presentamos ya en el capítulo 6) construido con fotografías tomadas en museos reales.

Siguiendo el diseño presentado en el capítulo 6 propondremos una “visita” al museo cuyo objetivo es el análisis del contenido del mismo con el propósito de estudiar la imagen de la tecnociencia que proporciona. Recordemos que se realizará una primera “visita” acompañada por el profesor que actuará como mero guía sin analizar los contenidos. Seguidamente se realizará una nueva visita donde cada equipo por separado comentará los contenidos del museo para posteriormente realizar una puesta en común moderada por el profesor. Finalmente, y pasado un tiempo, se realizará un análisis individual con la red construida a este propósito (**cuadro 6.3**) para determinar en qué medida el museo sale al paso o incide en cada una de las visiones deformadas estudiadas. Este análisis evaluará en qué medida el trabajo realizado ha permitido a cada

participante superar las concepciones erróneas sobre la ciencia y la tecnología. Presentamos a continuación los resultados de este análisis por parte del alumnado.

7.2.2. RESULTADOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE UN MUSEO VIRTUAL

En este apartado mostraremos cuáles han sido las respuestas por parte del alumnado tras el análisis de las seis últimas diapositivas del museo virtual. Como ya se señaló en el capítulo 6 al presentar el diseño concebido, se les proporcionan las imágenes de esas seis últimas diapositivas (numeradas ahora de 1 a 6) para que las estudien y completen después la red de análisis (**cuadro 6.3**). En cada casilla de la red de análisis marcarán el número de la diapositiva según salga al paso, incida o incurra por omisión, justificando en cada caso su valoración.

A modo de ejemplo presentamos la actividad completa desarrollada por parte de una alumna:

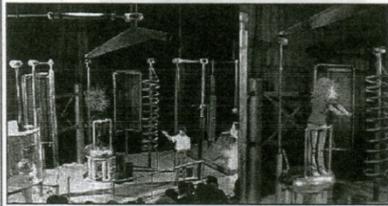
EJEMPLO 7.25(1): Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

Judit A. G.

* En la 2 y la 3 se ignora la historia, es decir, omite o incide en la ahistórica porque ignora las dificultades que tuvieron esos hombres para llegar a esas conclusiones que afirman.

1

La ciencia en vivo

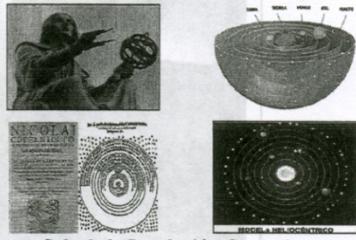


Ver y realizar experimentos

En esta imagen se observa una visión empirista (incide) porque se base en la experimentación pero en ningún momento aparece la hipótesis en la que se basa. Además ignora el cuerpo de conocimientos necesarios para realizarlos o los problemas que hacen que se planteen el experimento.

2

Grandes descubrimientos científicos



Sala de la Revolución Copernicana

Lo primario de todo es que incide en la visión ahistórica por los "descubrimientos": estos no existen como tal. Además también incide en la elitista e individualista porque aparece Copérnico como un genio. Aún así, ignorando lo de "Copérnico", sale al paso de la acumulativa por hace referencia a la Revolución que supuso el modelo heliocéntrico.

3

Grandes descubrimientos científicos

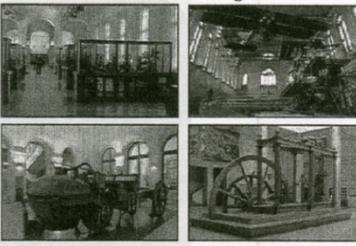


Sala del evolucionismo

Aquí vuelve a incidir en la ahistórica porque expone "descubrimientos", que ignora el cuerpo de conocimientos. Por otra parte, incide en la elitista e individualista porque hace referencia a Darwin como un genio sin hacer mención al grupo colectivo con el que trabajó.

4

Salas de tecnología



Aplicaciones de la ciencia

Si hay una sala que clasifica la tecnología es que incide en la descontextualizada porque no las relaciona (la ciencia y la tecnología) cuando realmente siempre están unidas; la tecnología no es una aplicación o subproducto de la ciencia.

EJEMPLO 7.25(2): Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

→ Esta imagen incide claramente de nuevo, en la visión elitista e individualista que pone a Newton y Galileo como genios que trabajan solos o se les ocurren las ideas a ellos mismos siempre (aunque a Newton se le ve en la imagen trabajando con una pasiona). Aparecen como "creadores".

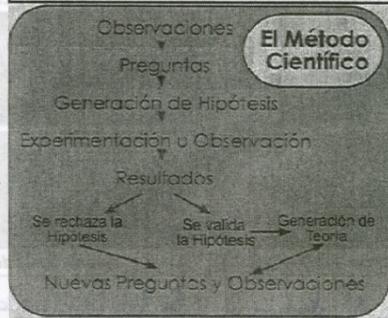
Sala de la historia: los creadores



6

ANTES DE SALIR DEL MUSEO

Recuerda para llegar a hacer ciencia



Panel del método científico

Incide en la rígida porque el método científico no es una serie de pasos. No obstante sale al paso de la empirista porque se generan hipótesis. Incide también en la individualista porque los resultados no se comunican a otros grupos los resultados. Ignora la necesidad de un problema (visión¹ apoblemática). Ignora también la relación de la ciencia con la sociedad. →

También ignora el cuerpo de conocimientos que es necesario para poder realizar la investigación (visión ateorica). Por otra parte tampoco establece uniones entre distintos campos de la ciencia, es decir, ignora la analítica.

EJEMPLO 7.25(3): Transcripción de las respuestas de la estudiante de 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

Diapositiva 1

“En esta imagen se observa una visión empirista (incide) porque se basa en la experimentación pero en ningún momento aparece la hipótesis en la que se basa. Además ignora el cuerpo de conocimientos necesario para realizarlos o los problemas que hace que se plantee el experimento”.

Diapositiva 2

“Lo primero de todo es que incide en la atórica por los descubrimientos, éstos no existen como tal. Además incide en la elitista e individualista porque aparece Copérnico como un genio. Aún así, ignorando lo de ‘Copernicana’, sale al paso de la acumulativa porque hace referencia a la Revolución que supuso el modelo heliocéntrico”.

Diapositiva 3

“Aquí vuelve a incidir en la atórica porque expone ‘descubrimientos’, que ignora el cuerpo de conocimientos. Por otra parte incide en la elitista e individualista porque hace referencia a Darwin como un genio sin hacer mención al grupo colectivo con el que trabajó.

En la 2 y en la 3 se ignora la historia, es decir, omite o incide en la ahistórica porque ignora las dificultades que tuvieron esos hombres para llegar a esas conclusiones que afirman”.

Diapositiva 4

“Si hay una sala que clasifica la tecnología es que incide en la descontextualizada porque no las relaciona (ciencia y tecnología) cuando realmente siempre están unidas; la tecnología no es una aplicación o subapartado de la ciencia”.

Diapositiva 5

“Esta imagen incide claramente, de nuevo, en la visión elitista e individualista que pone a Newton y Galileo como genios que trabajan solos o se les ocurren las ideas a ellos mismos siempre (aunque a Newton se le ve en la imagen trabajando con una persona). Aparecen como ‘creadores’”.

Diapositiva 6

“Incide en la rígida porque el método científico no es una serie de pasos. No obstante sale al paso de la empirista porque se generan hipótesis. Incide también en la individualista porque los resultados no se transmiten a otros grupos. Ignora la necesidad de un problema (visión aproblemática). Ignora también la relación de la ciencia con la sociedad. También ignora el cuerpo de conocimientos que es necesario para poder realizar la investigación (visión atórica). Por otra parte tampoco establece uniones entre distintos campos de la ciencia, es decir, ignora la analítica”.

EJEMPLO 7.25(4): Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

Red de análisis de la imagen de la ciencia y la tecnología transmitidas por el museo			
VISIÓN	SALE AL PASO (Describir cómo en cada caso)	INCIDE (Describir cómo en cada caso)	IGNORA (Incide por omisión)
A1 <i>Descontextualizada</i> Socialmente neutra, ignora las relaciones CTSA		4	6
A2 Y olvida o minusvalora la tecnología como simple aplicación de la ciencia		4	
B1 <i>Individualista</i> Ignora el papel del trabajo colectivo		5, 2, 3, 6	
B2 <i>Elitista</i> Supuesta obra de genios aislados		5, 2, 3	
C1 <i>Empiro-inductivista</i> Considera a la observación/experimentación como origen de la investigación Minusvalora el papel esencial de las hipótesis	6	1	
C2 <i>Ateórica</i> Ignora el cuerpo de conocimientos		2, 3	1, 6
D <i>Rígida, algorítmica, infalible</i> Olvida el carácter tentativo de la ciencia y el papel del pensamiento divergente	6	6	
E1 <i>Aproblemática</i> Ergo dogmática y cerrada No destaca los problemas origen de la investigación			6, 1
E2 <i>Ahistórica</i>		2, 3	
F <i>Exclusivamente Analítica</i> Olvida los procesos de unificación			6
G <i>Visión acumulativa, de crecimiento lineal</i> Ignora las crisis, las remodelaciones profundas	2		

Este ejemplo muestra un análisis bastante acertado por parte de una alumna que destaca por su sencillez a la hora de encontrar aspectos de la red de análisis en las diapositivas señalando aquellos que considera más evidentes en cada caso. Aunque difiere en algunos aspectos de nuestro análisis, detallado en el capítulo 6, queremos señalar que lo

consideramos igualmente válido y constata que en particular esta actividad ha servido para entender las visiones deformadas de la ciencia y la tecnología en su totalidad.

A continuación analizaremos el cuestionamiento o no de las diferentes visiones deformadas por parte del alumnado en las seis últimas diapositivas integrantes del museo virtual. Para ello revisaremos cada análisis individual, visión por visión, y anotaremos aquellas que el alumnado haya detectado y explicado de una forma correcta aunque no coincida con el que nosotros hemos realizado en el capítulo 6. Así, consideramos igualmente correcto decir que el museo sale al paso de una visión ahistórica porque “se muestran las contribuciones de Galileo”, que señalar que se incide en dicha distorsión porque “no se dice nada de la persecución de la inquisición, que dificultó la difusión de las nuevas ideas”. Lo que importa es que en ambos casos se está considerando la importancia de la evolución histórica de los conocimientos.

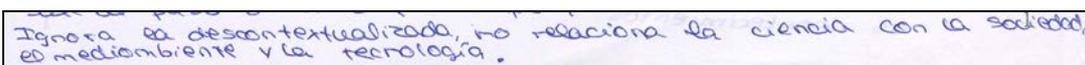
Realizaremos unas tablas para cada grupo donde se muestran las visiones que cada alumno ha comprendido con los porcentajes generales de la clase de acierto de cada visión y nuestra valoración acompañada de algunos ejemplos.

7.2.2.1. VISIONES CUESTIONADAS POR ESTUDIANTES DE BACHILLER DE HUMANIDADES DEL IES BENLLIURE

A continuación mostraremos los resultados de los análisis de los 29 alumnos de Bachiller de Humanidades del Benlliure. Consideramos este grupo de especial interés puesto que en un principio han sido reacios a estudiar una asignatura de ciencias y pensamos que realizar este tipo de actividad ha supuesto para ellos un punto de inflexión en la actitud por esta asignatura. Procedemos a detallar los resultados que hemos obtenido en este grupo.

Comencemos por tratar la *visión descontextualizada*. Entendemos que se trata de un reduccionismo de fácil comprensión para el alumnado. No obstante sólo un 45% ha hecho referencia al mismo en el análisis del museo virtual. Un porcentaje que consideramos a priori bajo. Las razones que encontramos para explicarlo es que aunque se podría haber hecho mención a este simplismo en prácticamente la totalidad de las diapositivas, se encontraba presente de forma implícita, a diferencia de otras visiones deformadas, que se dejaban entrever de una forma más directa. El alumnado que ha referenciado esta distorsión lo ha hecho mayoritariamente en las diapositivas 1 y 6. Como ejemplo de cuestionamiento de este reduccionismo citamos:

EJEMPLO 7.26: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



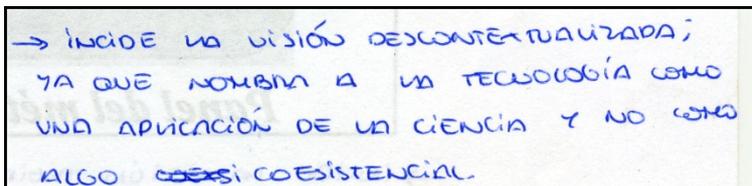
“Ignora la descontextualizada, no relaciona la ciencia con la sociedad, el medioambiente y la tecnología”

SARA P.B.

Este ejemplo corresponde a la diapositiva 6 donde la alumna considera, de forma certera, que el “método científico” debe mostrar las relaciones CTSA.

Nos referimos a continuación a la *visión que minusvalora la tecnología*. Este reduccionismo aparece específicamente en la diapositiva 4 correspondiente a la “sala de la tecnología”, lo que facilita su detección por parte del alumnado. De hecho el 97% de los análisis mencionan de una u otra forma la existencia de este simplismo.

EJEMPLO 7.27: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“Incide la visión descontextualizada, ya que nombra a la tecnología como una aplicación de la ciencia y no como algo coexistencial”

CARLA R. L

En este ejemplo, referido a la diapositiva 4, la alumna encuentra una incidencia en esta visión puesto que se trasmite que la tecnología es un simple subproducto de la ciencia.

Vamos a comentar el tratamiento dado a la *visión individualista*. La transmisión de una visión del trabajo científico como actividad individual es señalada por la casi totalidad de los miembros de este grupo (97%) en diferentes diapositivas integrantes del museo virtual. Un ejemplo podría ser:

EJEMPLO 7.28: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

“Incide en la individualista ya que ignora el trabajo de más científicos que colaboran con Copérnico”

GEMMA E. M.

Este ejemplo se refiere a la diapositiva 1 donde la alumna considera que se está transmitiendo una visión individualista al considerar que el desarrollo de esta actividad científica se debería dar de manera colectiva.

Nos referimos seguidamente a la *visión elitista*. Esta distorsión, estrechamente ligada a la anterior, es percibida por un 97% de alumnos que entienden su naturaleza. Esta visión sigue la misma tónica que la individualista y los alumnos de este grupo han encontrado referencias a este reduccionismo en diferentes diapositivas aunque existía una, la diapositiva 5, que incurría de forma clara en esta visión. Señalamos como ejemplo:

EJEMPLO 7.29: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

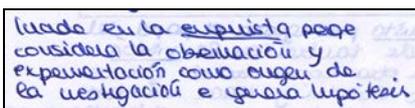
“B1, B2. Incide porque no habla del trabajo de más científicos, sólo de él, como si fuese un genio ...”

ALBA G. L.

Este ejemplo corresponde a la diapositiva 2 donde la alumna considera elitista la imagen inmortalizada en una escultura dedicada a Copérnico.

Entendemos que el simplismo *empero-inductivista* aparece claramente en la primera diapositiva al destacar exclusivamente ‘ver y realizar experimentos’ y casi la totalidad de los alumnos, un 90%, así lo indican. También encontramos referencias a esta deformación en la diapositiva 6 en la que se presenta el “método científico”. Un ejemplo lo constituye:

EJEMPLO 7.30: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



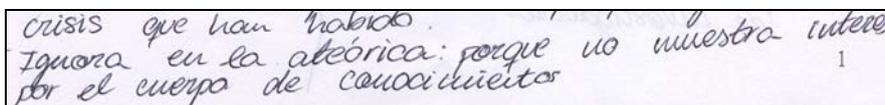
“Incide en la empirista porque considera la observación y experimentación como origen de la investigación e ignora hipótesis”

LAURA F. B.

Este ejemplo corresponde diapositiva 1 “La ciencia en vivo” donde la alumna muestra la incidencia en la visión empirista al dar importancia a la observación y experimentación neutras.

Pasamos a tratar la *visión atórica*. Un 69% de los alumnos muestran haber comprendido lo que supone este reduccionismo, la mayoría de ellos en las diapositivas 2 y 6. En esta última diapositiva referida al método científico se percatan fácilmente de la ausencia del cuerpo de conocimientos en el esquema. Un ejemplo sería:

EJEMPLO 7.31: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



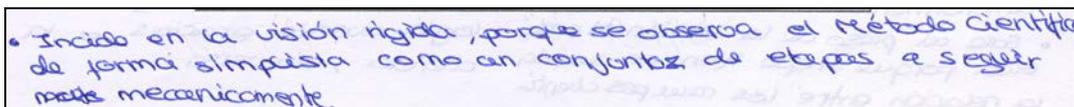
“Ignora la atórica porque no muestra interés por el cuerpo de conocimientos”

LAURA P. F.

Este ejemplo corresponde a la diapositiva 6, el método científico, donde la alumna indica la importancia del cuerpo de conocimientos en una investigación científica.

Describimos los resultados obtenidos para la *visión rígida*. Esta visión es claramente detectada por el alumnado de este grupo, ya que se hace referencia explícita en el ‘método científico’ de la diapositiva 6. Concretamente el 93% de los alumnos la identifican correctamente, siendo un ejemplo:

EJEMPLO 7.32: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



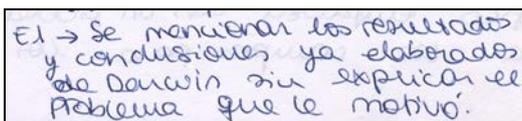
“Incidio en la visión rígida, porque se observa el Método Científico de forma simplista como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente”

CONCHÍN A. G.

Este ejemplo corresponde a la diapositiva 6 donde la alumna percibe que se muestra un método rígido e infalible basado en una receta, en un conjunto de pasos a seguir mecánicamente.

Analizamos el tratamiento dado a la *visión aproblemática*. La mayoría de los alumnos identifican este simplismo en la imagen transmitida de la ciencia por parte del museo virtual. Un 72% comprende su naturaleza; la mayor parte de ellos señalan en la diapositiva 6 la ausencia de una situación problemática aunque otros encuentran en otras diapositivas algún motivo para criticar esta concepción como el ejemplo que citamos a continuación:

EJEMPLO 7.33: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“E1. Se mencionan los resultados y conclusiones ya elaborados de Darwin sin explicar el problema que le motivó”

ANA A. E.

Ejemplo correspondiente a la diapositiva 3 donde la alumna percibe la ausencia de referencias a la situación problemática que originó la investigación de Darwin.

Pasamos a detallar las referencias a la *visión ahistórica*. Un 66% del alumnado se refiere a esta deformación, por ejemplo echando a faltar una mayor atención a los problemas de Galileo o Darwin con la jerarquía eclesiástica:

EJEMPLO 7.34: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

“E2: incide puesto que no pone los problemas que tuvo con la Iglesia ...”

FEDERICO M. C.

Ejemplo correspondiente a la diapositiva 3 donde el alumno indica la importancia de señalar los aspectos históricos, concretamente los obstáculos encontrados por Darwin, cuyos libros sobre el evolucionismo fueron incluidos en el *Index Librorum Prohibitorum*.

Nos centramos ahora en la mención a la *visión exclusivamente analítica*. Resulta, en general, de especial dificultad la detección de la transmisión de este simplismo incluso entre profesorado en formación pues implica considerar las interconexiones entre los diferentes campos. No obstante, el 59% toma en consideración la existencia de este reduccionismo. Un ejemplo lo constituye:

EJEMPLO 7.35: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

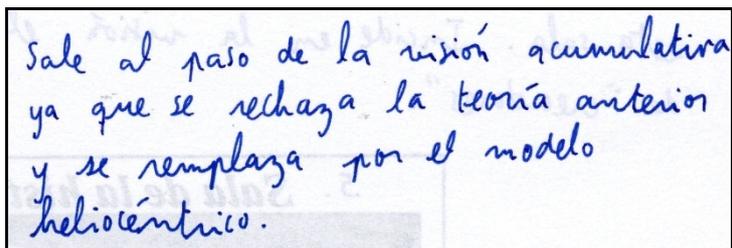
“Analítica: Aquí relaciona diferentes campos científicos, como la paleontología y la biología”

NADIR R. M.

Ejemplo de la diapositiva 3 donde el alumno relaciona de una forma certera el estudio de los fósiles con la biología mostrando un cuestionamiento de la visión exclusivamente analítica.

Finalmente por lo que respecta a la *visión acumulativa* encontramos que, en general, al igual que la visión exclusivamente analítica, es especialmente difícil de comprender, además de prestarse a confusión con la visión rígida. Queremos asimismo señalar que esta dificultad se aprecia en la totalidad de los grupos. Sin embargo, tras el tratamiento realizado, el 52% de los alumnos son capaces de identificar esta deformación y cuestionarla a través de las imágenes del museo virtual. Un ejemplo sería:

EJEMPLO 7.36: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



Sale al paso de la visión acumulativa
ya que se rechaza la teoría anterior
y se reemplaza por el modelo
heliocéntrico.

“Sale al paso de la visión acumulativa ya que se rechaza la teoría anterior y se reemplaza por el modelo heliocéntrico”

MARÍA B. M.

En este ejemplo correspondiente a la diapositiva 2 (acerca de la revolución copernicana) la alumna hace alusión a la sustitución de una teoría por otra afirmando que se sale al paso de una concepción de crecimiento lineal, acumulativo, de los conocimientos científicos.

Pasamos a mostrar los resultados globales que se obtienen para el grupo de alumnos del Bachiller de Humanidades del IES Benlliure. En primer lugar mostraremos cuántos alumnos del grupo han comprendido correctamente la naturaleza de las visiones deformadas. En segundo lugar presentaremos una segunda tabla donde señalaremos el número de visiones que cada alumno ha sido capaz de comprender. Finalmente comentaremos las tendencias observadas tras realizar este grupo el análisis del museo virtual.

Tabla 7.2. Visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por el Bachiller de Humanidades del IES Benlliure del curso 2011-2012. (N=29)

Visión	Nº de alumnos que han comprendido y cuestionado las visiones deformadas	Porcentaje de alumnos que comprenden las visiones % (sd)
<i>Visión descontextualizada (A1)</i>	13	45 (9)
<i>Visión que minusvalora la tecnología (A2)</i>	28	97 (3)
<i>Visión individualista (B1)</i>	28	97 (3)
<i>Visión elitista (B2)</i>	28	97 (3)
<i>Visión empirista (C1)</i>	26	90 (6)

<i>Visión ateorica (C2)</i>	20	69 (9)
<i>Visión rígida (D)</i>	27	93 (5)
<i>Visión aproblemática (E1)</i>	21	72 (8)
<i>Visión ahistórica (E2)</i>	19	66 (9)
<i>Visión analítica (F)</i>	17	59 (9)
<i>Visión acumulativa lineal (G)</i>	15	52 (9)

Tabla 7.3. Número de visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por alumno en el Bachiller de Humanidades del IES Benlliure del curso 2011-2012. (N=29)

Nº visiones comprendidas por alumno	≥10	≥ 8	≥ 6
Nº de alumnos	9	19	27
% de alumnos (sd)	31 (9)	66 (9)	93 (5)

Como podemos ver en los resultados podemos concluir que el grupo ha comprendido bastante bien las visiones deformadas de la ciencia. Debemos reconocer que este grupo suponía un reto para nosotros puesto que era reactivo en principio a una asignatura de ciencias, ya que se trataba de un grupo de Bachillerato de Humanidades, no obstante, estuvo implicado durante toda la actividad y estamos satisfechos con los resultados. Como podemos observar en la **tabla 7.3**, sólo existen dos alumnos en este grupo que han detectado correctamente menos de 6 visiones distorsionadas del conjunto de las 11 estudiadas. Cabe destacar, pues, el elevado porcentaje de alumnos que han cuestionado más de la mitad de las visiones deformadas tratadas.

7.2.2.2. VISIONES CUESTIONADAS POR ESTUDIANTES DE BACHILLER DE CIENCIAS DEL IES BENLLIURE

Este grupo, compuesto por 25 alumnos y alumnas de la modalidad de ciencias, se ha caracterizado por su enorme motivación e implicación durante toda la actividad. Consideramos que la visita al museo virtual ha sido un éxito en lo que se refiere al cuestionamiento de las visiones deformadas de la ciencia. Prueba de ello son los

resultados que a continuación presentamos y los ejemplos que podemos ver en el **anexo 21**.

Del mismo modo que en grupo anterior, mostraremos de forma global en una primera tabla cuántos alumnos del grupo han comprendido correctamente la naturaleza de las diferentes visiones deformadas. A continuación incluiremos una segunda tabla donde señalaremos el número de visiones que cada alumno ha sido capaz de identificar y cuestionar. Comentaremos seguidamente las tendencias observadas tras realizar este grupo el análisis del museo virtual.

Tabla 7.4. Visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por el Bachiller de Ciencias del IES Benlliure del curso 2011-2012. (N=25)

Visión	Nº de alumnos que han comprendido y cuestionado las visiones deformadas	Porcentaje de alumnos que comprenden las visiones % (sd)
<i>Visión descontextualizada (A1)</i>	18	72 (9)
<i>Visión que minusvalora la tecnología (A2)</i>	25	100 (.)
<i>Visión individualista (B1)</i>	25	100 (.)
<i>Visión elitista (B2)</i>	25	100 (.)
<i>Visión empirista (C1)</i>	24	96 (4)
<i>Visión atórica (C2)</i>	20	80 (8)
<i>Visión rígida (D)</i>	25	100 (.)
<i>Visión apromática (E1)</i>	25	100 (.)
<i>Visión ahistórica (E2)</i>	20	80 (8)
<i>Visión analítica (F)</i>	17	68 (9)
<i>Visión acumulativa lineal (G)</i>	22	88 (6)

Tabla 7.5. Número de visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por alumno en el Bachiller de Ciencias del IES Benlliure del curso 2011-2012. (N=25)

Nº visiones comprendidas por alumno	≥10	≥ 8	≥ 6
Nº de alumnos	18	25	25
% de alumnos (sd)	72 (9)	100 (.)	100 (.)

Como podemos ver en las tablas los resultados obtenidos en este grupo son excelentes, ya que han comprendido prácticamente todas las visiones deformadas. Destacamos que ningún alumno ha mostrado el conocimiento de menos de 8 reduccionismos de los 11 analizados. Recordemos que eso no significa necesariamente que no hayan entendido los 3 reduccionismos restantes, puede ser también que no hayan encontrado ocasiones en las diapositivas para referirse a ellos.

7.2.2.3. VISIONES CUESTIONADAS POR ESTUDIANTES DE BACHILLER DE CIENCIAS DEL IES LA GARRIGOSA

Se trata de un grupo de 28 alumnos que presenta, en principio, inquietudes en torno a las disciplinas científicas. Sin embargo, suelen rechazar en un primer momento aquellas actividades que requieran algo más que su simple asimilación memorística. No obstante, la realización de esta actividad les ha resultado motivadora y a medida que se ha ido desarrollando ha aumentado su interés, propiciado por sentirse como auténticos investigadores. Ejemplos de ello los podemos encontrar en el **anexo 22**.

A continuación mostraremos los resultados que se obtienen para el grupo de alumnos del Bachiller de Ciencias del IES La Garrigosa. Al igual que en los dos grupos anteriores presentaremos dos tablas de resultados y explicaremos las tendencias generales.

Tabla 7.6. Visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por el Bachiller de Ciencias del IES La Garrigosa del curso 2011-2012. (N=28)

Visión	Nº de alumnos que han comprendido y cuestionado las visiones deformadas	Porcentaje de alumnos que comprenden las visiones % (sd)
<i>Visión descontextualizada (A1)</i>	23	82 (7)
<i>Visión que minusvalora la tecnología (A2)</i>	28	100 (.)
<i>Visión individualista (B1)</i>	28	100 (.)
<i>Visión elitista (B2)</i>	25	89 (6)
<i>Visión empirista (C1)</i>	26	93 (5)
<i>Visión ateorica (C2)</i>	22	79 (8)
<i>Visión rígida (D)</i>	26	93 (5)
<i>Visión aproblemática (E1)</i>	22	79 (8)

<i>Visión ahistórica (E2)</i>	25	89 (6)
<i>Visión analítica (F)</i>	12	43 (9)
<i>Visión acumulativa lineal (G)</i>	20	71 (9)

Tabla 7.7. Número de visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por alumno en el Bachiller de Ciencias del IES La Garrigosa del curso 2011-2012. (N=28)

Nº visiones comprendidas por alumno	≥10	≥ 8	≥ 6
Nº de alumnos	14	26	28
% de alumnos (sd)	50 (9)	93 (5)	100 (.)

Este grupo presentaba dificultades iniciales a la hora de poder identificar y comprender las visiones deformadas. No obstante, queremos resaltar su esfuerzo e interés por implicarse en la superación de los reduccionismos. Esta puntualización resulta fundamental a la vista de los resultados puesto que constata que una actividad con estas características favorece la implicación y el interés en el tratamiento de cuestiones científicas, y esto es un requisito imprescindible para el aprendizaje.

Como podemos observar la totalidad del grupo es capaz de detectar y cuestionar al menos seis de las visiones deformadas. Al igual que sucede en otros grupos, comentados con anterioridad, la visión exclusivamente analítica es el reduccionismo que les resulta de mayor dificultad, posiblemente porque desconocen relaciones entre diferentes campos científicos.

7.2.2.4. VISIONES CUESTIONADAS POR ESTUDIANTES DE BACHILLER DE CIENCIAS DEL IES LES DUNES

El grupo del IES Les Dunes está formado por 34 alumnos. Consideramos que se trata de un alumnado académicamente muy heterogéneo debido a que algunos de ellos proceden de Ciclos Formativos, con lo que partimos de un nivel base diferente. En el **anexo 23** recogemos ejemplos de la actividad realizada con este grupo.

Vamos a mostrar los resultados que se obtienen para este grupo. Nuevamente recogemos los resultados obtenidos en sendas tablas. Comentaremos además las tendencias observadas tras realizar este grupo el análisis del museo virtual.

Tabla 7.8. Visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por el Bachiller de Ciencias del IES Les Dunes del curso 2012-2013.(N=34)

Visión	Nº de alumnos que han comprendido y cuestionado las visiones deformadas	Porcentaje de alumnos que comprenden las visiones % (sd)
<i>Visión descontextualizada (A1)</i>	24	71 (8)
<i>Visión que minusvalora la tecnología (A2)</i>	33	97 (3)
<i>Visión individualista (B1)</i>	33	97 (3)
<i>Visión elitista (B2)</i>	34	100 (.)
<i>Visión empirista (C1)</i>	33	97 (3)
<i>Visión ateorica (C2)</i>	32	94 (4)
<i>Visión rígida (D)</i>	29	85 (6)
<i>Visión aproblemática (E1)</i>	28	82 (7)
<i>Visión ahistórica (E2)</i>	15	44 (9)
<i>Visión analítica (F)</i>	23	68 (8)
<i>Visión acumulativa lineal (G)</i>	25	74 (8)

Tabla 7.9. Número de visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por alumno en el Bachiller de Ciencias del IES Les Dunes del curso 2012-2013. (N=34)

Nº visiones comprendidas por alumno	≥10	≥ 8	≥ 6
Nº de alumnos	16	31	32
% de alumnos (sd)	47 (9)	91 (5)	94 (4)

En este grupo se han observado las mismas tendencias que en los casos anteriores en lo referente a la comprensión de las visiones deformadas y, por tanto, podemos considerarlo exitoso. En la visión ahistórica encontramos un 44% del alumnado que ha comprendido la naturaleza de este simplismo. En un principio sorprende este bajo

porcentaje, al compararlo con el obtenido en otros grupos. Sin embargo, remarcamos que en muchas ocasiones explican esta visión cuando identifican la visión apromblemática, a la cual está muy vinculada. En este sentido consideramos sus argumentaciones igualmente válidas. Destacamos que sólo 2 alumnos de los 34 no han entendido más de 6 visiones deformadas. Por otra parte el grupo en general se ha implicado mucho y nos ha resultado satisfactorio trabajar con ellos y además han mostrado su interés por profundizar en el tema.

7.2.2.5. VISIONES CUESTIONADAS POR LOS ESTUDIANTES QUE ANALIZAN EL MUSEO VIRTUAL. RESULTADOS GLOBALES

Hasta aquí hemos analizado los resultados obtenidos en cada grupo, observando las mismas tendencias generales, aunque con las particularidades de cada uno de ellos, suponemos que consecuencia de diferentes aspectos académicos. Mostramos finalmente los resultados obtenidos en la totalidad de alumnos que han realizado la actividad centrada en el análisis del museo virtual.

Tabla 7.10. Visiones deformadas comprendidas y cuestionadas por los alumnos que analizan el museo virtual. (N=116)

Visión	Nº de alumnos que han comprendido y cuestionado las visiones deformadas	Porcentaje de alumnos que comprenden las visiones % (sd)
<i>Visión descontextualizada (A1)</i>	78	67 (4)
<i>Visión que minusvalora la tecnología (A2)</i>	114	98 (1)
<i>Visión individualista (B1)</i>	114	98 (1)
<i>Visión elitista (B2)</i>	112	97 (2)
<i>Visión empirista (C1)</i>	109	94 (2)
<i>Visión ateorica (C2)</i>	94	81 (4)
<i>Visión rígida (D)</i>	107	92 (3)
<i>Visión apromblemática (E1)</i>	96	83 (3)
<i>Visión ahistórica (E2)</i>	79	68 (4)
<i>Visión analítica (F)</i>	69	59 (5)
<i>Visión acumulativa lineal (G)</i>	82	71 (4)

Tabla 7.11. Número de visiones deformadas comprendidas y cuestionadas los alumnos que analizan el museo virtual. (N=116)

Nº visiones comprendidas por alumno	≥10	≥ 8	≥ 6
Nº de alumnos	57	101	112
% de alumnos (sd)	49 (5)	87 (3)	97 (2)

Como vemos, en general son porcentajes considerablemente altos que indican el grado de comprensión por parte del alumnado de la naturaleza de la actividad científica y de superación de las visiones deformadas, incluso en el caso de las visiones analítica y acumulativa, que son las visiones que cuestan más de entender en general.

De un total de 116 alumnos sólo 4 de ellos podemos considerar que no han asimilado aceptablemente la naturaleza de la actividad científica ni han sido capaces de detectar y cuestionar las visiones deformadas.

Por otro lado, podemos concluir que, aunque se encuentran discrepancias, la mayoría de grupos convergen en detectar los mismos reduccionismos y distorsiones. Es decir, encontramos homogeneidad dentro de un mismo grupo y de un modo global entre los diferentes grupos.

Además, entendemos que esas discrepancias son buenas para fomentar una discusión argumentada de opiniones donde el alumnado podrá ampliar y afianzar las diferentes concepciones acerca de la naturaleza de la tecnociencia.

A continuación presentaremos los resultados de dos cuestionarios que recogen las valoraciones, tanto del alumnado como del profesorado en formación, de manera específica, acerca de la actividad desarrollada en torno al museo virtual como herramienta para superar visiones deformadas de la ciencia.

7.2.3. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE LA ACTIVIDAD BASADA EN LA UTILIZACIÓN DE MUSEOS VIRTUALES PARA CONTRIBUIR A CONSTRUIR UNA IMAGEN NO DEFORMADA DE LA TECNOCENCIA

Recogemos aquí las valoraciones que el profesorado en formación y el propio alumnado hacen de la visita al museo virtual. Comenzaremos mostrando los resultados de la valoración del profesorado.

7.2.3.1. RESULTADO DE LA VALORACIÓN DE LA VISITA VIRTUAL A UN MUSEO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA POR PROFESORADO EN FORMACIÓN

El grupo de 27 profesores en formación, realizó también la visita al museo virtual con la finalidad de valorar la idoneidad de la educación no formal y en particular de dicha actividad con fines educativos y sobretodo motivadores hacia la ciencia al contribuir a profundizar en la comprensión de las características del trabajo científico y tecnológico y a superar los reduccionismos.

Procederemos a reproducir los comentarios realizados por parte del profesorado en formación en cada una de las preguntas integrantes del cuestionario.

Recordemos que se les planteaba en primer lugar:

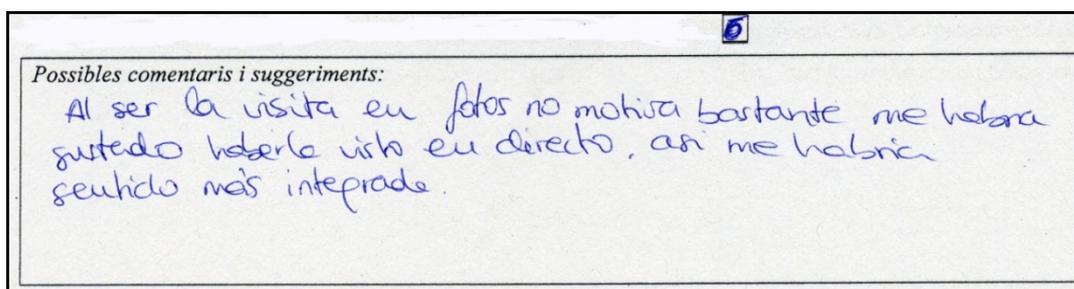
1. Valorad de 0 a 10 en qué medida el trabajo realizado en torno a la visita al museo ha resultado útil para profundizar en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología

Posibles comentarios y sugerencias:

En general la opinión del profesorado, en torno a esta cuestión, es que la actividad sirve para asentar los conocimientos anteriormente estudiados siendo una forma atractiva para llegar a los alumnos. La valoración media del conjunto de profesores en formación en torno a esta cuestión es de **8.2 (sd 1.2)**.

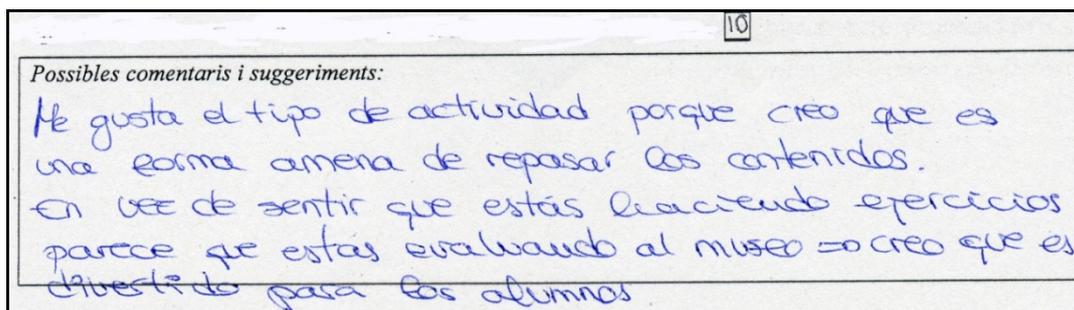
Mostramos a continuación dos de los comentarios recogidos, el correspondiente a la calificación más baja y el que ofrece una buena calificación:

EJEMPLO 7.37: Profesor en Formación. Curso 2011-12



“Al ser la visita en fotos no motiva bastante. Me habría gustado haberla visto en directo, así me habría sentido más integrada”

EJEMPLO 7.38: Profesor en Formación. Curso 2011-12



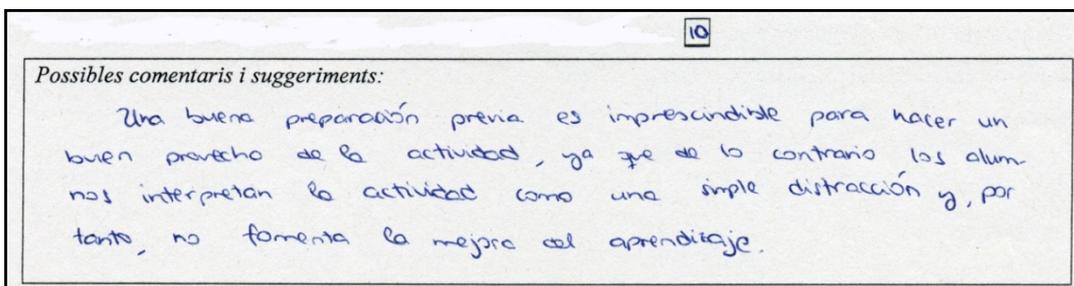
“Me gusta el tipo de actividad porque creo que es una forma amena de repasar los contenidos. En vez de sentir que estás haciendo ejercicios parece que estás evaluando al museo. Creo que es divertido para los alumnos”

Comentamos a continuación la segunda propuesta del cuestionario, formulada como:

2. Valorad de 0 a 10 el interés de la preparación previa de la visita
Posibles comentarios y sugerencias:

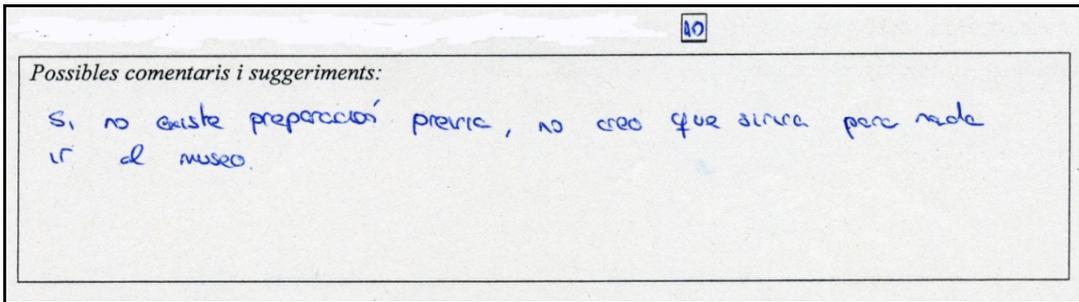
La opinión general en esta cuestión es que es imprescindible una preparación previa de la visita para que los alumnos comprendan su interés y se impliquen en su realización, tengan un objetivo marcado y poder sacar mejor partido a la actividad. La valoración media a esta cuestión es de **9.0 (sd 1.1)**. En este sentido encontramos opiniones como las siguientes:

EJEMPLO 7.39: Profesor en Formación. Curso 2011-12



“Una buena preparación previa es imprescindible para hacer un buen provecho de la actividad, ya que de lo contrario los alumnos interpretan la actividad como una simple distracción y, por tanto, no fomenta la mejora del aprendizaje”

EJEMPLO 7.40: Profesor en Formación. Curso 2011-12



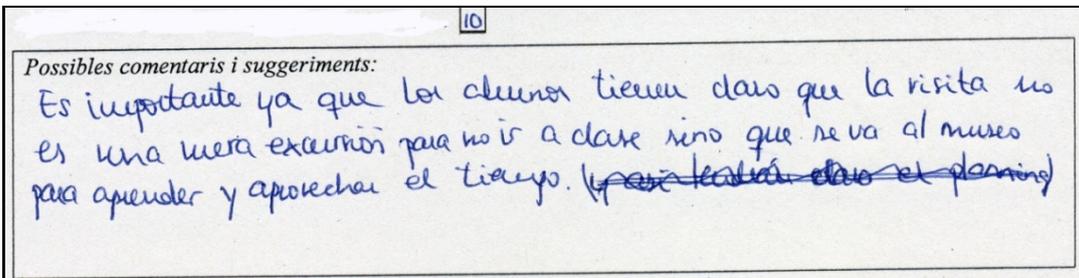
“Si no existe preparación previa, no creo que sirva para nada ir al museo”

El cuestionario continúa planteándoles la cuestión:

3. Valorad de 0 a 10 la conveniencia de que los estudiantes realicen la visita con un objetivo (por ejemplo una tarea de análisis de los contenidos del museo)
Posibles comentarios y sugerencias:

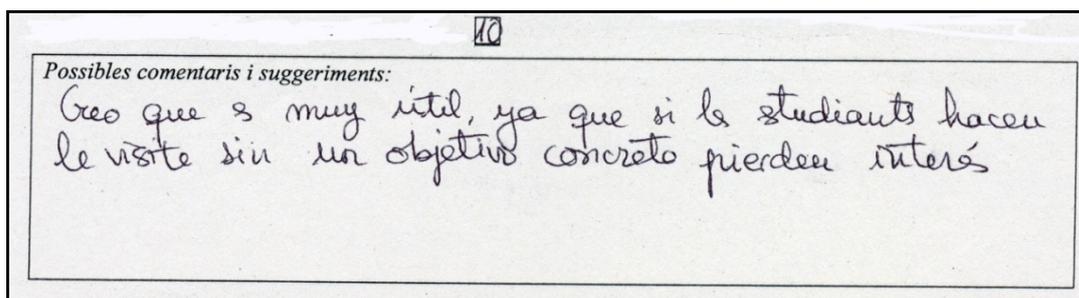
La valoración ha sido muy positiva, con una media de **9.4 (sd 0.8)**. Algunos comentarios destacados son:

EJEMPLO 7.41: Profesor en Formación. Curso 2011-12



“Es importante ya que los alumnos tienen claro que la visita no es una mera excursión para no ir a clase sino que se va al museo para aprender y aprovechar el tiempo”

EJEMPLO 7.42: Profesor en Formación. Curso 2011-12



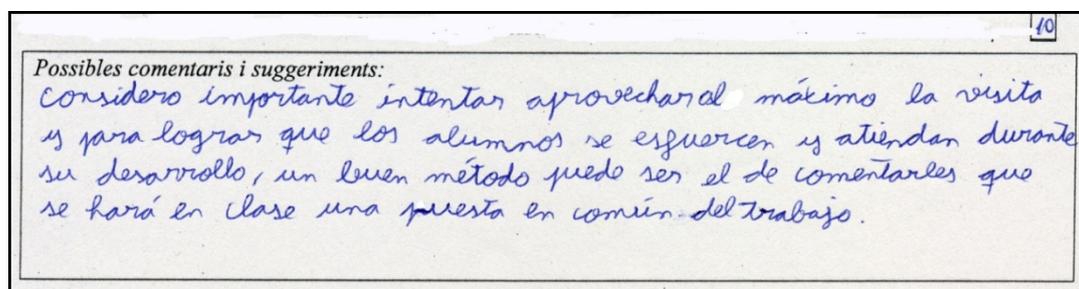
“Creo que es muy útil, ya que si los estudiantes hacen la visita sin un objetivo concreto pierden interés”

Finalmente se les pregunta por la conveniencia de realizar una puesta en común para encontrar argumentos consensuados.

4. Valorad de 0 a 10 la necesidad de un trabajo posterior de puesta en común de los análisis realizados
Posibles comentarios y sugerencias:

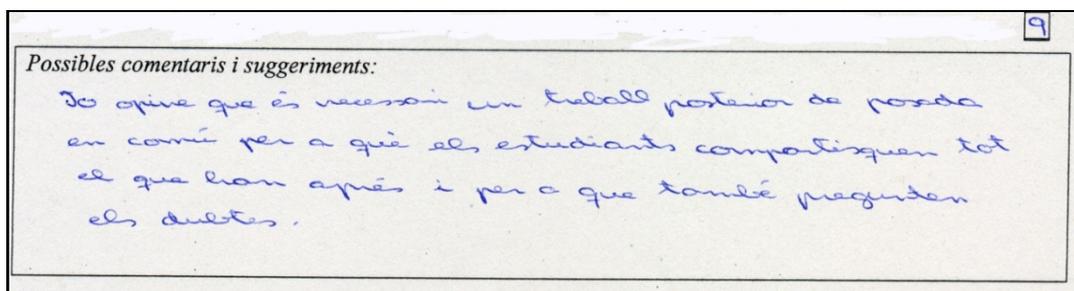
La valoración media por parte del profesorado en formación en torno a esta cuestión es de **9.3 (sd 1.0)**. En especial consideramos importante esta valoración porque los propios profesores en formación han realizado esta actividad y esta consideración resalta que la utilización del museo virtual en todo su proceso les ha ayudado a afianzar concepciones adecuadas de la naturaleza tecnocientífica. Entre sus valoraciones señalamos a modo de ejemplo:

EJEMPLO 7.43: Profesor en Formación. Curso 2011-12



“Considero importante intentar aprovechar al máximo la visita y para lograr que los alumnos se esfuercen y atiendan durante su desarrollo, un buen método puede ser el de comentarles que se hará en clase una puesta en común del trabajo”

EJEMPLO 7.44: Profesor en Formación. Curso 2011-12



“Yo opino que es necesario un trabajo posterior de puesta en común para que los estudiantes compartan todo lo aprendido y para que también pregunten dudas”

Estas opiniones por parte del profesorado en formación nos permiten concluir que se trata de una actividad idónea para revisar y afianzar concepciones en tono a la naturaleza de la ciencia. Queremos señalar que algunos comentarios insistían en la conveniencia de realizar una visita real a un museo de ciencia y tecnología. Compartimos esta misma opinión, aunque entendemos que con el uso de este museo virtual, que recordemos recoge imágenes reales de museos de ciencia y tecnología, es posible realizar este análisis con más facilidad. En la siguiente tabla (**tabla 7.12**) resumimos las valoraciones realizadas por los profesores en formación:

Tabla 7.12. Valoración media por parte del profesorado en formación de la actividad desarrollada en torno al museo virtual

Colectivo implicado	Cuestión 1 Valoración media (sd)	Cuestión 2 Valoración media (sd)	Cuestión 3 Valoración media (sd)	Cuestión 4 Valoración media (sd)
PROFESORES EN FORMACIÓN N= 27	8.2 (1.2)	9.0 (1.1)	9.4 (0.8)	9.3 (1.0)

Mostramos a continuación los resultados obtenidos en el cuestionario realizado por los alumnos.

7.2.3.2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LA VISITA VIRTUAL A UN MUSEO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA POR ESTUDIANTES DE BACHILLERATO

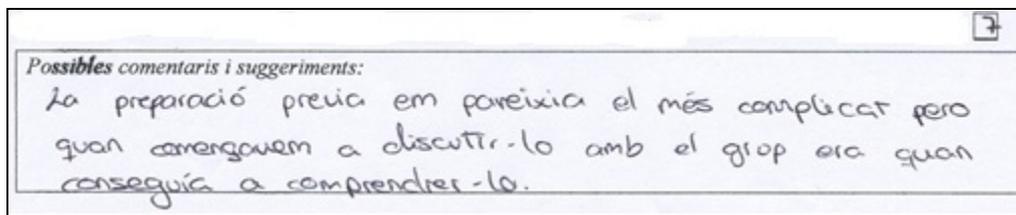
El alumnado ha cumplimentado también un cuestionario para la valoración de la actividad desarrollada en torno al museo virtual. Mostramos a continuación algunos ejemplos de los comentarios realizados por el alumnado de 1º de Bachillerato en cada una de las preguntas integrantes del cuestionario. Los resultados se presentarán de forma global para evitar reiteraciones innecesarias.

En la primera cuestión se pedía una valoración de la actividad en torno al museo virtual en su totalidad, que recordemos se formulaba así:

1. Valora de 0 a 10 en qué medida el trabajo de la visita al museo en su conjunto (incluyendo la preparación previa y la discusión posterior) te ha ayudado a comprender mejor la naturaleza de la ciencia y la tecnología
Posibles comentarios y sugerencias:

Encontramos satisfactoria la calificación por parte del alumnado de esta cuestión puesto que prácticamente todos valoran bien la actividad e incluso los que la han calificado con menos nota incluyen buenos comentarios. Además, en líneas generales, los alumnos/as indican que se trata de una actividad agradable y aunque algunos señalan que les ha costado en un principio, entendemos que les ha gustado la actividad y han puesto empeño en abordarla. La calificación media de esta cuestión ha sido de **8.1 (sd 1.1)**. Incluimos dos comentarios al respecto:

EJEMPLO 7.45: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2012-13



“La preparación previa me parecía lo más complicado pero cuando comenzamos a discutirlo con el grupo era cuando conseguía comprenderlo”

EJEMPLO 7.46: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12

Possibles comentaris i suggeriments:

→ Pense que amb els powers i les activitats que hem realitzat en grup anteriorment, jo, personalment he arribat a entendre la ciència des de diferents punts de vista.

“Pienso que con los powers y las actividades que hemos realizado en grupo anteriormente, yo, personalmente he llegado a entender la ciencia desde diferentes puntos de vista”

La segunda cuestión pedía una valoración de la preparación previa, de acuerdo al siguiente enunciado:

2. Valora de 0 a 10 el interés de la preparación previa de la visita

Possibles comentaris i suggeriments:

Los comentarios han ido en la línea de considerar relevante e interesante la preparación conceptual sobre las visiones deformadas. Tanto la preparación previa como el recorrido inicial del museo virtual han sido valorados muy positivamente por parte del alumnado siendo la calificación media de **8.1 (sd 1.3)**. Hemos recreado la visita al museo virtual, contextualizándola como si hubieran hecho la visita ellos mismos con anterioridad donde se narraba lo que se hacía en cada una de las salas. Este relato ficticio ha generado un buen clima de aula que se ha reflejado en los comentarios de este apartado. Además, en sus comentarios manifiestan el carácter motivador de la actividad y sugieren la realización de este tipo de actividades en otros ámbitos antes de analizar el museo. A modo de ejemplo incluimos:

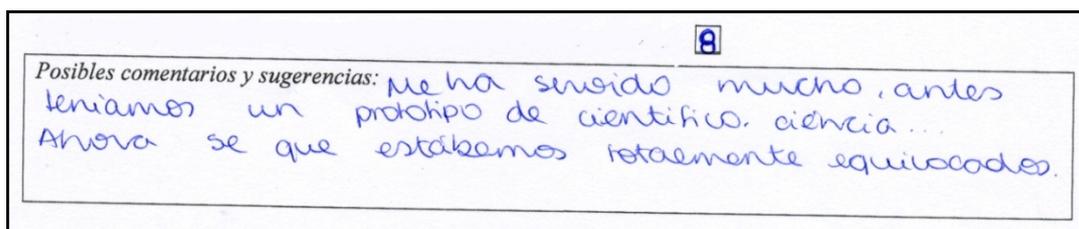
EJEMPLO 7.47: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2012-13

Possibles comentaris i suggeriments:

Sugiero que además de lo analizado podríamos haber cogido materiales de otros temas o de periódicos o algo para exponer cada grupo y comprobar que en la vida cotidiana también se incide en las visiones.

“Sugiero que además de lo analizado podríamos haber cogido materiales de otros temas o de periódicos o algo para exponer cada grupo y comprobar que en la vida cotidiana también se incide en las visiones”

EJEMPLO 7.48: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



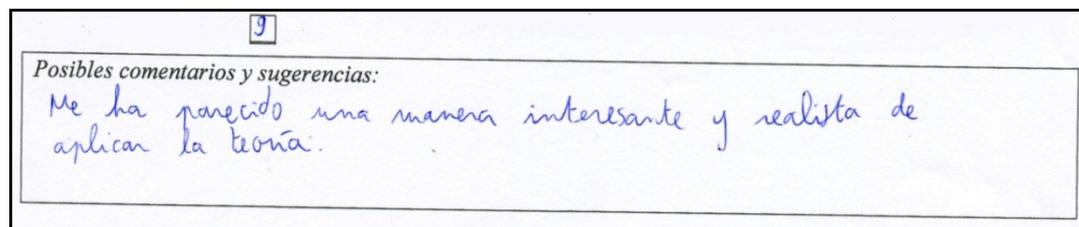
“Me ha servido mucho, antes teníamos un prototipo de científico, ciencia...Ahora sé que estábamos totalmente equivocados”

Se continúa con el cuestionario pidiendo una valoración de haber realizado la visita con el propósito de analizar el contenido del museo. Concretamente se les formula:

3. Valora de 0 a 10 haber hecho la visita como un investigador que estudia el contenido del museo mediante una red de análisis
Posibles comentarios y sugerencias:

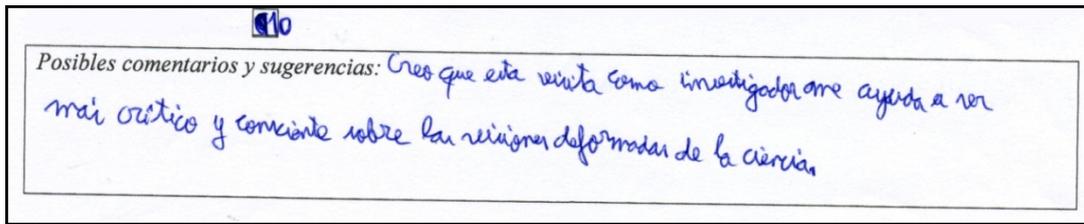
Consideramos que la experiencia ha sido muy motivadora, siendo la calificación general de **7.9 (sd 1.3)**. En sus comentarios se vislumbra una actitud más receptiva y positiva, al encontrar aplicabilidad a los contenidos trabajados en clase. También destacan de su tarea investigadora la diversidad de matices en cuanto a las interpretaciones, resultando todas esas tareas investigadoras igualmente válidas. Por otro lado, muchos comentan la facilidad con que realizan la visita como investigadores recalcando el papel de la red de análisis. Algunos comentarios que lo constatan son:

EJEMPLO 7.49: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“Me ha parecido una manera interesante y realista de aplicar la teoría”

EJEMPLO 7.50: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“Creo que esta visita como investigador me ayuda a ser más crítico y consciente sobre las visiones deformadas de la ciencia”

A continuación el alumnado debe valorar la puesta en común, tras proponérseles:

4. Valora de 0 a 10 el trabajo posterior de puesta en común de los análisis realizados

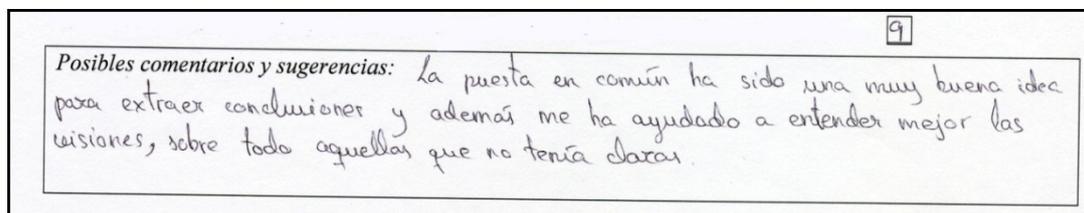
Posibles comentarios y sugerencias:

El alumnado ha considerado en líneas generales que el debate y la puesta en común de los resultados de los análisis les ha servido para acabar de comprender algunas de las visiones que no dominaban. La calificación media ha sido de **7.9 (sd 1.4)**.

Se destaca el hecho de que al ser una actividad en común se favorece la participación y actúa como elemento motivador. En otros casos se señala la complementación entre diferentes análisis, entendiendo que este se enriquece al realizar esta actividad grupal.

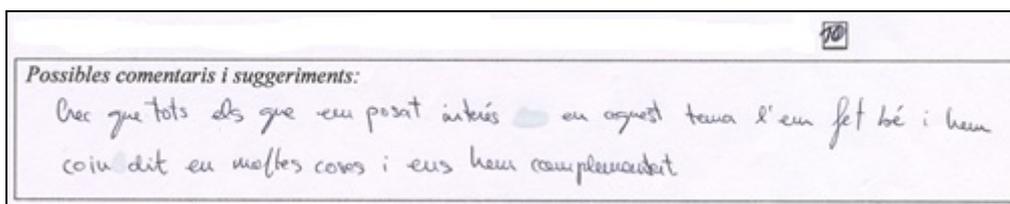
Algunas valoraciones son:

EJEMPLO 7.51: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



“La puesta en común ha sido una muy buena idea para extraer conclusiones y además me ha ayudado a entender mejor las visiones, sobre todo aquellas que no tenía claras”

EJEMPLO 7.52: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2012-13



“Creo que todos los que hemos puesto interés en este tema lo hemos hecho bien y hemos coincidido y nos hemos complementado”

A continuación mostraremos una tabla (**tabla 7.13**), en la que se recogen las valoraciones de cada una de las fases en que se ha dividido la actividad en torno al museo virtual. Las valoraciones se realizan únicamente de las cuatro primeras cuestiones puesto que la última pregunta estaba referida a sugerencias.

Tabla 7.13. Valoración media por parte del alumnado de la actividad desarrollada en torno al museo virtual

Colectivo implicado	Cuestión 1 Valoración media (sd)	Cuestión 2 Valoración media (sd)	Cuestión 3 Valoración media (sd)	Cuestión 4 Valoración media (sd)
IES BENLLIURE HUMANIDADES N= 24	7.7 (1.0)	7.7 (1.1)	7.8 (1.4)	7.2 (1.3)
IES BENLLIURE CIENCIAS N=24	8.3 (1.2)	8.0 (1.2)	8.5 (1.3)	8.1 (1.1)
IES LA GARRIGOSA CIENCIAS N=27	8.4 (1.0)	8.7 (1.1)	7.2 (1.3)	8.0 (1.3)
IES LES DUNES CIENCIAS N=26	7.8 (1.1)	7.9 (1.4)	8.1 (1.1)	8.2 (1.5)
TOTAL N=101	8.1 (1.1)	8.1 (1.3)	7.9 (1.3)	7.9 (1.4)

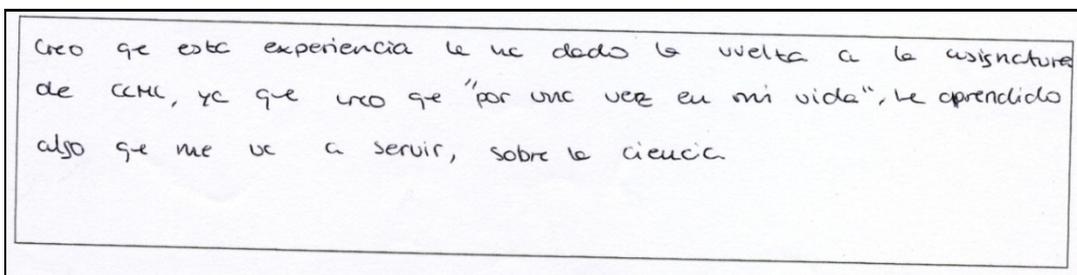
Como conclusión, y a la vista de los resultados presentados, podemos considerar que se trata de una actividad satisfactoria y potencialmente útil. Queremos hacer mención

particular al grupo perteneciente al Bachillerato de Humanidades que en principio era reticente a las asignaturas de carácter científico pero que han terminado expresando que les ha gustado la actividad, que desearían realizarla visitando realmente un museo y que ahora tienen un mayor interés por la cultura científica.

Creemos que trabajar con estos grupos ha sido muy agradable, han mostrado una actitud favorable, valoran de forma positiva el trabajo en equipo desarrollado y se han esforzado hasta tal punto que extrapolaban los contenidos tratados en clase a otros ámbitos: comentarios en prensa, en carteles publicitarios e incluso les llama la atención las visiones que transmiten los libros de texto de otras materias científicas como Física y Química. Este hecho resulta significativo ya que pretendemos transmitir al alumnado una ciencia contextualizada. Citamos a continuación unos comentarios que reflejan el pensamiento general del alumnado y que desarrollan en la pregunta 5 del cuestionario:

5. Otros comentarios, críticas y sugerencias

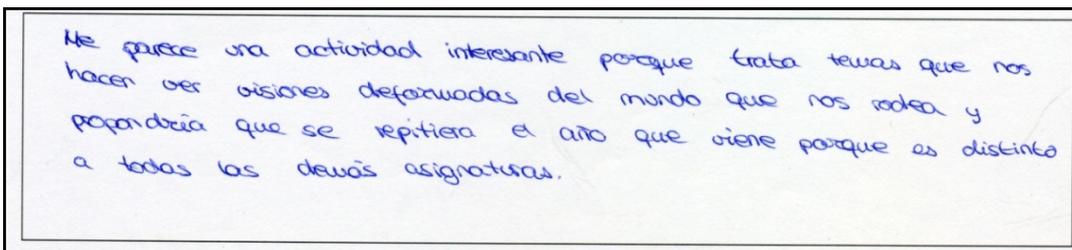
EJEMPLO 7.53: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



Creo que esta experiencia le ha dado la vuelta a la asignatura de CMC, ya que creo que "por una vez en mi vida", he aprendido algo que me va a servir, sobre la ciencia.

"Creo que esta experiencia le ha dado la vuelta a la asignatura de CMC, ya que creo que 'por una vez en mi vida' he aprendido algo que me va a servir, sobre la ciencia"

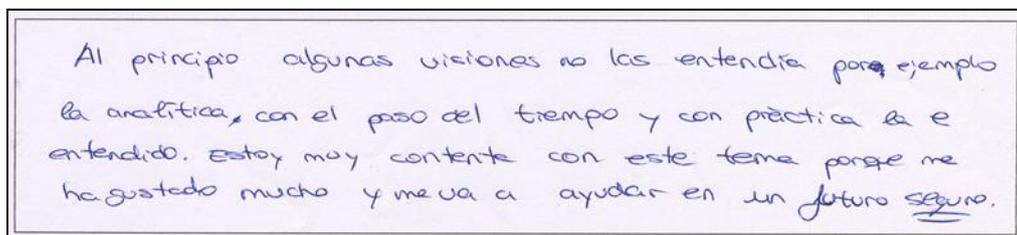
EJEMPLO 7.54: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2011-12



Me parece una actividad interesante porque trata temas que nos hacen ver visiones deformadas del mundo que nos rodea y propondría que se repitiera el año que viene porque es distinto a todas las demás asignaturas.

“Me parece una actividad interesante porque trata temas que nos hacen ver visiones deformadas del mundo que nos rodea y propondría que se repitiera el año que viene porque es distinto a todas las demás asignaturas”

EJEMPLO 7.55: Estudiante 1º BACHILLERATO. Curso 2012-13



Al principio algunas visiones no las entendía por ejemplo la analítica, con el paso del tiempo y con práctica la he entendido. Estoy muy contenta con este tema porque me ha gustado mucho y me va a ayudar en un futuro seguro.

“Al principio algunas visiones no las entendía, por ejemplo la analítica, pero con el paso del tiempo y con práctica la he entendido. Estoy muy contenta con este tema porque me ha gustado mucho y me va a ayudar en un futuro, seguro”

Queremos señalar que aunque los grupos de alumnos son muy dispares académicamente, sin embargo, a la vista de los resultados no encontramos prácticamente diferencias entre los grupos, mostrando que es posible un tratamiento de cuestiones científicas accesible a cualquier individuo. Es por ello que estamos satisfechos con el trabajo que han desarrollado, tanto en tarea individual de investigación realizada de un museo virtual como la discusión colectiva y la valoración personal de la actividad.

En base a esto entendemos que el uso de un museo virtual constituye una herramienta útil y motivadora en la adquisición y refuerzo de visiones más reales y correctas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología y contribuyen a cuestionar las visiones deformadas. Esto es extensible a los museos de ciencia y tecnología, en los cuales hemos visto anteriormente que pueden ofrecer una imagen adecuada de algún aspecto de los mencionados en la red de análisis e incluso cuando presenten visiones erróneas se

puede trabajar del mismo modo que en el museo virtual. Todo esto refuerza nuestra segunda hipótesis:

“Los museos de ciencia y tecnología pueden ser una herramienta importante para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y contribuir así a generar actitudes más favorables hacia la cultura científica”

A continuación pasaremos a presentar las conclusiones y perspectivas derivadas de la investigación.

Referencias Bibliográficas en este Capítulo 7

ANDERSON, D., LAWSON, B., y MAYER-SMITH, J. (2006). Investigating the impact of a practicum experience in an aquarium on preservice teachers. *Teaching Education*, 17, 341–353.

FERNÁNDEZ, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València.

FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A., PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.

FERREIRA-GAUCHÍA, C., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2012). Concepciones docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la educación tecnológica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (2), pp. 253-272.

GIL PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005b). ¿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) PP 15-28. (Accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.php> acceso el 15 de febrero de 2013).

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pp 51-71. ISBN 0-9507510-5-0.

KELLY, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course: A case for content, pedagogy, and informal science education. *International Journal of Science Education*, 22, 755–777.

McCOMAS, W. F. (1998a). The nature of science in science education. Rationales and In W. F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

McGINNIS, J. R., HESTNESS, E., RIEDINGER, K., KATZ, P., MARBACH-AD, G. Y DAI, A. (2012). Informal Science Education in Formal Science Teacher Preparation. *Second International Handbook of Science Education*, 1097-1108.

SOLBES, J., VILCHES, A. y GIL- PÉREZ, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias, en Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea. Pp. 221-231.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Como señalamos al inicio de esta memoria, la investigación en el campo de la didáctica ha mostrado que la enseñanza de las ciencias, en general, no contribuye a la familiarización de los estudiantes con las estrategias características del trabajo científico. Por ello, sus concepciones, e incluso las de los mismos profesores y profesoras, acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, no difieren de las visiones ingenuas adquiridas por impregnación social, caracterizadas por un conjunto de deformaciones y reduccionismos estrechamente relacionados, que la enseñanza refuerza, en general, por acción u omisión. Todo ello, dificulta el aprendizaje y contribuye al desinterés, cuando no al rechazo, hacia la ciencia y los estudios científicos.

Pero, como también señalábamos, la imagen de la ciencia no es el fruto exclusivo de la enseñanza formal, sino que se transmite en gran medida a través de la prensa, de los museos de ciencia y tecnología, de los cómics, etc. Por ello, nos planteamos la necesidad de analizar la contribución de esta educación no reglada a las concepciones acerca de la ciencia, centrandó nuestro estudio, en particular, en el papel de los museos de ciencia y tecnología, considerados hoy como instrumentos importantes en la alfabetización científica de la sociedad, por su papel fundamental en los procesos de divulgación científica.

Para ello nos propusimos analizar la visión que transmiten los museos sobre la ciencia y la tecnología y más concretamente responder a una serie de preguntas relacionadas:

- ¿En qué medida la visión que transmiten de la ciencia y la tecnología es adecuada, es decir, responde a la naturaleza de ambas?

- ¿Refuerzan o ayudan a cuestionar las concepciones ingenuas y distorsionadas socialmente aceptadas de la ciencia y la tecnología?
- ¿Qué incidencia tiene la visita a los museos de ciencias en las concepciones de los visitantes?
- ¿Qué medidas convendría adoptar, en su caso, para que los museos de ciencia aproximen a los visitantes a lo que son las actividades tecnocientíficas y a despertar su interés hacia las mismas?

En esta investigación, nos hemos centrado, en una primera fase, en dar respuesta a qué imagen de la ciencia y la tecnología se muestra en los museos de ciencia, y en una segunda etapa a fundamentar y someter a prueba propuestas destinadas a que los museos puedan contribuir a una mejor comprensión de la cultura tecnocientífica y a despertar un interés crítico hacia la misma.

Nuestra intuición inicial al respecto era que la visión que transmiten los museos de ciencia y tecnología no diferirá mucho de la imagen proporcionada, en general, por la educación formal y que son aceptadas socialmente, por lo que los museos de ciencia y tecnología no contribuirán de forma adecuada a la alfabetización científica de la ciudadanía.

A partir de dicha intuición, llevamos a cabo, en primer lugar, en el capítulo 2, un estudio detenido de cuáles son dichas visiones deformadas que se transmiten en la educación y de qué forma se pueden superar, para mostrar visiones más adecuadas que favorezcan el interés crítico por la actividad científica y tecnológica. Algo necesario para hacer posible, en definitiva, la participación de la ciudadanía en la toma fundamentada de decisiones.

En el capítulo 3, teniendo en cuenta el estudio realizado de las visiones deformadas y empobrecidas sobre la ciencia y la tecnología, tomando en consideración la abundante literatura existente al respecto, enunciarnos y fundamentamos las hipótesis que focalizan el estudio realizado, centrado en la imagen de la ciencia y la tecnología que transmiten los museos de ciencias. La primera de dichas hipótesis la enunciarnos, como se recordará, de la siguiente forma:

“Los museos de ciencia presentan visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y de la actividad tecnocientífica”.

Más precisamente, consideramos que la contribución de los museos a estas visiones va a ser el fruto, no solo de lo que se muestra directamente, sino, sobre todo, de lo que se omite, es decir, de los reduccionismos con que se presentan las construcciones de la ciencia y la tecnología. Ello constituye, repetimos, la primera hipótesis que ha orientado nuestra investigación. Por otra parte, no nos hemos limitado exclusivamente a poner a prueba esta hipótesis ya que, pese a que los museos de la ciencia y tecnología por sí mismos no están cumpliendo, en general, el objetivo de proporcionar una imagen real de la actividad científica, entendemos que pueden ser una herramienta útil para contribuir a este aspecto clave de la alfabetización científica del alumnado y de la ciudadanía en general. Esto lo hemos expresado en una segunda hipótesis, según la cual:

“Los museos de ciencia y tecnología pueden ser una herramienta importante para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y contribuir así a generar actitudes más favorables hacia la cultura científica”.

Para someter a prueba la primera hipótesis, concebimos en el capítulo 4 un diseño experimental que consistía en el análisis detallado de varios museos de ciencia y tecnología, con objeto de averiguar en qué medida se incide (por acción u omisión) en las visiones empobrecidas y deformadas de la ciencia y la tecnología, o, por el contrario, se sale al paso de las mismas.

Más concretamente, el diseño concebido ha consistido en la visita sistemática a 20 museos de ciencia y tecnología de siete países, incluyendo algunos de los más prestigiosos internacionalmente, como el *Science Museum* de Londres o el *Arts et Métiers* de París. Durante las visitas, además de hacer las anotaciones que su contenido genera, se fotografió dicho contenido, incluidos los paneles informativos para proceder después a un detenido análisis de la información proporcionada, completándola, en su caso, con la suministrada por las páginas web de que dispone la generalidad de los museos.

De este modo se ha 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. Ello resulta esencial para poder averiguar si un determinado aspecto es contemplado o no por el museo, en alguna medida, por pequeña que sea, para poder afirmar –con criterios siempre muy benévolos- si se incurre o no en determinada visión simplista y distorsionada de la actividad científica y tecnológica.

En el capítulo 5 se recogen los resultados de dichos análisis, los cuales permiten afirmar que en la mayoría de los museos de ciencia y tecnología visitados y analizados se transmite una visión empobrecida de la actividad tecnocientífica, lo que contribuye a apoyar nuestra primera hipótesis.

Más concretamente, los hechos que a modo de conclusión podemos enumerar en esta parte de la investigación son:

- En los veinte museos visitados no hemos encontrado materiales que verdaderamente intenten salir al paso *del conjunto* de las visiones deformadas, socialmente aceptadas, de la ciencia y la tecnología. Algunos museos por su temática, contienen información que cuestiona alguna de dichas visiones deformadas aunque, en general, a través de paneles escritos que no llaman la atención de los visitantes.
- Los museos de ciencia y tecnología analizados suelen considerar solo ciertos aspectos de las complejas relaciones CTSA. En ocasiones muestran las repercusiones de la actividad científico-tecnológica en la sociedad o en cuestiones ambientales pero suelen aparecer en secciones marginales dedicadas específicamente a esta problemática ambiental, sin mostrar por tanto hasta qué punto las relaciones CTSA impregnan toda la actividad científica. Sin aprovechar, pues, las numerosas ocasiones que proporciona el contenido del museo para contribuir a una mayor concienciación social de los graves problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad y la necesidad y *posibilidad* de avanzar hacia la sostenibilidad.
- Por otro lado, aunque a veces se muestre la importancia de la contribución tecnológica al bienestar de los seres humanos, suele omitirse una clara referencia al desarrollo tecnológico como algo más que una simple aplicación de la ciencia.
- Se incide de una manera destacada en las visiones individualista y elitista. Hemos constatado, en efecto, que la mayoría de los museos visitados tienen tendencia a nombrar y ensalzar a científicos aislados, hombres en general, a quienes se atribuye 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.

- Los museos visitados en general inciden en la visión empiro-inductivista, dando prioridad a la observación y experimentación frente a otras características básicas del trabajo científico igualmente relevantes. Así mismo, normalmente se centran en mostrar montajes experimentales en vitrinas e incitar al visitante a observar y experimentar, pero sin presentar ninguna situación problemática abierta como origen de la investigación que le conduzca a reflexionar y formular sus propias conjeturas. En escasas situaciones encontramos planteamientos de preguntas abiertas al visitante, que permitan considerar, ni siquiera utilizando criterios muy poco exigentes, que salen al paso de esta visión empiro-inductivista. Pero incluso cuando ello se hace, suelen utilizarse, insistimos, paneles que pasan desapercibidos y no llaman la atención de los visitantes.
- Respecto a la visión atórica entendemos que se incide frecuentemente en la misma ya que se presenta la investigación científica como una cuestión de mero descubrimiento, relegando el papel del cuerpo de conocimientos.
- Sobre la concepción de la ciencia como una actividad rígida, algorítmica, vinculada a un supuesto “método científico”, podemos concluir que apenas se han encontrado situaciones donde los museos salgan al paso de esta común deformación aunque tampoco aquellas en las que incida en la misma. En general los museos obvian referencias concernientes a la naturaleza de la ciencia y de la tecnología.
- Los museos visitados salen ocasionalmente al paso de la visión aproblemática, presentando alguna situación problemática o pregunta abierta, antes de realizar o explicar un experimento pero, aún así, son mucho más numerosas las ocasiones en las que estas preguntas no se plantean. Y aún son menos los casos en los que se salga al paso de la visión ahistórica: tan solo en dos museos de los veinte analizados, se prestaba atención a este aspecto, por tratarse precisamente de museos de historia de la ciencia y la tecnología.
- Apenas se han encontrado situaciones en los museos visitados en las que se salga al paso de la visión exclusivamente analítica, obviando, por tanto, la interrelación entre diferentes ámbitos científicos y olvidando los procesos de unificación entre ellos, pese a constituir momentos cumbre del desarrollo científico.

- Por lo que se refiere a la visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos científicos, en la mayoría de los museos no se alude a ningún tipo de remodelación profunda en el ámbito de la ciencia y la tecnología, encontrándose numerosas ocasiones que no se aprovechan para referirse a estas revoluciones científicas, los conflictos asociados en ocasiones a las mismas y su extraordinaria importancia cultural.

En definitiva, podemos señalar que los museos de ciencia y tecnología visitados transmiten, en su mayor parte, por acción y, sobre todo, por omisión, una imagen distorsionada y empobrecida de la actividad científica y tecnológica.

Pero esta investigación no pretende únicamente analizar la situación y detectar las insuficiencias, evidenciando la existencia de deformaciones y reduccionismos implícitos o explícitos en la imagen que se logra transmitir a un visitante de un museo de ciencia y tecnología, sino que se pretende, sobre todo, a partir de dicho análisis, estudiar la posibilidad de modificar dicha situación y contribuir a que los museos de ciencia y tecnología puedan facilitar una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología como aspecto clave de la inmersión en la cultura científica. Por este motivo en nuestra segunda hipótesis se hace referencia a la posibilidad de que los museos de ciencia y tecnología puedan ser utilizados para proporcionar una imagen más real y adecuada de la tecnociencia y favorecer así actitudes más positivas hacia la cultura científica.

Para someter a prueba la segunda hipótesis concebimos diseños experimentales que giraban en torno al trabajo con museos de ciencia y que han sido detallados en el **capítulo 6**.

En primer lugar nos hemos centrado en la búsqueda de *buenas prácticas* en los museos de ciencias, es decir, de ejemplos que muestren una imagen adecuada de la ciencia y la tecnología. Además hemos procedido a analizar de nuevo algunos museos en la última etapa de nuestra investigación (entre tres y cinco años después de la primera visita) con objeto de constatar si se han producido avances, como cabía esperar, al menos en lo que se refiere a un mejor tratamiento de las relaciones CTSA.

En segundo lugar y considerando que los museos de ciencia y tecnología pueden constituir una potente herramienta didáctica complementaria para desarrollar el pensamiento crítico del alumnado frente a los diferentes estereotipos que distorsionan y

empobrecen la naturaleza de la ciencia y la tecnología, hemos concebido un diseño que incorpora el uso de un museo virtual (**cuadro 6.2**) preparado con recortes reales de diversos museos (*Palais de la Découverte, Musée des Arts et métiers, Museo de Galileo de Florencia, Science Museum de Londres, Museo Cosmocaixa de Barcelona, etc.*). Se trata de proponer el análisis crítico, por el propio alumnado y profesorado en formación, del contenido de los museos de ciencia y tecnología. Esta actividad, en la que los y las estudiantes desempeñan el papel de personas expertas, constituye un elemento motivador para reflexionar y profundizar, explícita y colectivamente, en la naturaleza de la actividad tecnocientífica, facilitando el cuestionamiento de la visión tópica adquirida por impregnación social y reforzada -por acción u omisión- por la propia enseñanza.

En el capítulo 7 se presentan los resultados de estos diseños experimentales que nos permiten concluir que, con una preparación adecuada, los museos de ciencia y tecnología son elementos motivadores y útiles para profundizar en la naturaleza de la ciencia, lo que contribuye a apoyar nuestra segunda hipótesis. Más concretamente podemos afirmar que:

- Es posible encontrar salas, secciones o paneles aislados en los museos de ciencia y tecnología que salgan al paso de algunas visiones deformadas de la ciencia y que por tanto puedan servir para ilustrar de una forma directa acerca de aspectos clave de la naturaleza de la ciencia.
- La “visita” –debidamente preparada para favorecer la reflexión crítica- al museo virtual construido (y, siempre que sea posible, a un museo real) contribuye a cuestionar las visiones distorsionadas y a afianzar concepciones más próximas a la naturaleza de la tecnociencia como actividad creativa, socialmente contextualizada, etc.
- Hemos utilizado esta estrategia con cuatro grupos de 1º de Bachillerato (en la asignatura de “Ciencias para el mundo contemporáneo” y los resultados obtenidos muestran que el alumnado, en general, ha entendido y cuestionado la mayoría de las visiones deformadas de la tecnociencia. Incluso en algunas visiones de difícil comprensión por parte del alumnado como la visión analítica, podemos afirmar que un porcentaje elevado ha sido capaz de entenderla. De 116 alumnos, 87 (un 75%) han sido capaces de comprender e identificar más de 8 visiones deformadas de la tecnociencia de las 11 presentadas en la red.

- No hemos encontrado diferencias significativas en el aprendizaje de la naturaleza de la ciencia entre los diferentes grupos de 1º de Bachillerato aunque a priori entre ellos había diferencias en cuanto al itinerario académico escogido. Esto constata que los museos de ciencia pueden ser una herramienta útil para contribuir a la alfabetización de toda la ciudadanía.
- La utilización de un museo es un elemento motivador a la par que eficaz para complementar la enseñanza sobre la verdadera naturaleza de la ciencia, como hemos podido corroborar en los resultados obtenidos con el uso del museo virtual, así como en la valoración de la actividad realizada por el alumnado y el profesorado en formación.

En resumen podemos señalar que aunque los museos de ciencia y tecnología, a día de hoy, muestran, en general, las mismas distorsiones de la ciencia que impregnan los estereotipos socialmente aceptados, pueden y deben ser utilizados para una mejor formación ciudadana. Por ello, proponemos continuar y ampliar esta investigación e innovación, con objeto de:

- Profundizar el análisis de la imagen de la ciencia y la tecnología transmitida por los museos, con una atención particular a la evolución que algunos empiezan a experimentar.
- A partir de dicho análisis en profundidad, diseñar y llevar a cabo nuevas propuestas para que las visitas a los museos puedan contribuir de un modo eficaz a la alfabetización científica de la ciudadanía, transmitiendo una imagen más real y adecuada de la ciencia y la actividad científica y favoreciendo además la mejora de las percepciones del profesorado acerca de la utilidad de los museos como recurso educativo.

Para ello, se propone la realización de tareas como:

- Ampliar el número de museos de ciencia y tecnología analizados.
- Analizar el material didáctico (guías, cuadernos de trabajo, etc.) utilizado en los museos.
- Completar el análisis con cuestionarios y entrevistas a responsables y diseñadores de museos de ciencia y tecnología.

- Realizar entrevistas a los visitantes del museo antes y después de la visita, para estudiar cómo inciden en sus concepciones de la ciencia y la actividad científica y tecnológica.
- Diseñar nuevas actividades basadas en la utilización de los museos para poder profundizar en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, lograr una mejor apreciación de la cultura científica y generar un mayor interés por los estudios científicos.
- Elaborar programas educativos destinados a la preparación de las visitas y al reforzamiento posterior de lo logrado en las mismas, utilizando dichos materiales en cursos ordinarios con alumnado de Enseñanza Secundaria así como con docentes, para su evaluación y enriquecimiento.
- Prestar una particular atención al papel que los museos pueden desempeñar en los debates de interés social en los que se ven implicados conocimientos y desarrollos tecnocientíficos, mostrando la necesidad de una alfabetización científica de la ciudadanía que incorpore la reflexión ética para fundamentar la toma de decisiones favorables al bien común y a la construcción de un futuro sostenible.

Estas son algunas de las perspectivas que abre la investigación aquí presentada, que esperamos traducir en recomendaciones fundamentadas y útiles para que los museos jueguen el papel educativo que sus características de educación no reglada, dirigida a toda la población, favorecen, y que la necesidad de una alfabetización científica de la ciudadanía viene reclamando desde hace tiempo.

ANEXOS

Los anexos que acompañan esta memoria, relacionados a continuación, ocupan 1388 páginas. Hemos creído conveniente no imprimirlas y proporcionarlas en formato electrónico tanto por obvias razones de ahorro energético y material como por la facilidad de búsqueda que proporciona.

En los anexos que se adjuntan al presente trabajo de investigación se recogen además de los análisis de los museos de ciencia y tecnología visitados in situ, ejemplos de los análisis del museo virtual realizados por alumnos y alumnas de Bachillerato.

En cuanto a los museos de ciencias visitados por nuestro equipo de investigación se recogen de forma detallada la totalidad de los análisis realizados, junto con la plantilla de análisis (**cuadro 4.1**). En este cuadro se especifica para cada visión deformada el número de ocasiones en que el museo sale al paso, incide o bien exprese una ocasión desaprovechada en la transmisión ese reduccionismo. Este cómputo se realiza para cada una de las secciones o paneles integrantes del museo, especificadas también en dicho cuadro, con la finalidad de favorecer una mejor visualización de los espacios de interés museístico dentro de nuestra investigación.

Por otro lado, en los análisis del museo virtual (**cuadro 6.2**) por parte de alumnado de Bachillerato se presentan ejemplos del cuestionamiento o no de los diferentes reduccionismos.

La relación de anexos se enumera a continuación:

	Pág.
Anexo 1. Museo Cosmocaixa de Barcelona	335
- Análisis del Museo Cosmocaixa de Barcelona	
- Resultados globales del análisis del Museo Cosmocaixa de Barcelona	
Anexo 2. Museo de Ciencias de Castilla La Mancha de Cuenca	401
- Análisis del Museo de Ciencias de Castilla La Mancha de Cuenca	
- Resultados globales del análisis del Museo de Ciencias de Castilla La Mancha de Cuenca	
Anexo 3. Parque de las Ciencias de Granada	501
- Análisis del Parque de las Ciencias de Granada	
- Resultados globales del análisis del Parque de las Ciencias de Granada	
Anexo 4. Casa de las ciencias de La Coruña	645
- Análisis de la Casa de las ciencias de La Coruña	
- Resultados globales del análisis de la Casa de las ciencias de La Coruña	
Anexo 5. Casa del Hombre: Domus de La Coruña	693
- Análisis de la Casa del Hombre: Domus de La Coruña	
- Resultados globales del análisis de la Casa del Hombre: Domus de La Coruña	
Anexo 6. Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid	769
- Análisis del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid	
- Resultados globales del análisis del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid	

Anexo 7. Museo Cosmocaixa de Madrid	843
- Análisis del Museo Cosmocaixa de Madrid	
- Resultados globales del análisis Museo Cosmocaixa de Madrid	
Anexo 8. Museo Interactivo de Ciencia de Málaga	887
- Análisis del Museo Interactivo de Ciencia de Málaga	
- Resultados globales del análisis del Museo Interactivo de Ciencia de Málaga	
Anexo 9. Museo de la ciencia y el agua de Murcia	899
- Análisis del Museo de la ciencia y el agua de Murcia	
- Resultados globales del análisis del Museo de la ciencia y el agua de Murcia	
Anexo 10. Museo Kutxaespacio de la Ciencia de San Sebastián	973
- Análisis del Museo Kutxaespacio	
- Resultados globales del análisis del Museo Kutxaespacio	
Anexo 11. Museo de la Ciencia y Técnica de Terrassa	1011
- Análisis del Museo de la Ciencia y Técnica de Terrassa	
- Resultados globales del análisis del Museo de la Ciencia y Técnica de Terrassa	
Anexo 12. Museo Príncipe Felipe de Valencia	1161
- Análisis del Museo Príncipe Felipe de Valencia	
- Resultados globales del análisis del Museo Príncipe Felipe de Valencia	

Anexo 13. Exposición Darwin	1307
- Análisis de la Exposición Darwin	
- Resultados globales del análisis de la Exposición Darwin	
Anexo 14. Museo de la Ciencia de Valladolid	1351
- Análisis del Museo de la Ciencia de Valladolid	
- Resultados globales del análisis del Museo de la Ciencia de Valladolid	
Anexo 15. Museo de la ciencia y tecnología Maloka de Bogotá	1465
- Análisis del Museo de la ciencia y tecnología Maloka de Bogotá	
- Resultados globales del análisis del Museo de la ciencia y tecnología Maloka de Bogotá	
Anexo 16. Museo de ciencias de Córdoba (Argentina)	1519
- Análisis del Museo de ciencias de Córdoba (Argentina)	
- Resultados globales del análisis del Museo de ciencias de Córdoba (Argentina)	
Anexo 17. Museo de las Ciencias Naturales de La Habana	1537
- Análisis del Museo de las Ciencias Naturales de La Habana	
- Resultados globales del análisis del Museo de las Ciencias Naturales de La Habana	
Anexo 18. Science Museum of London	1547
- Análisis del Science Museum of London	
- Resultados globales del análisis del Science Museum of London	

Anexo 19. Arts et Métiers de París	1567
- Análisis del Museo Arts et Métiers de París	
- Resultados globales del análisis del Museo Arts et Métiers de París	
Anexo 20. Science Museum of Tokio	1665
- Análisis del Science Museum of Tokio	
- Resultados globales del análisis del Science Museum of Tokio	
Anexo 21. Ejemplos de visiones cuestionadas por estudiantes de ciencias IES Benlliure	1697
Anexo 22. Ejemplos de visiones cuestionadas por estudiantes de ciencias IES La Garrigosa	1705
Anexo 23. Ejemplos de visiones cuestionadas por estudiantes de ciencias IES Les Dunes	1715

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

A continuación mostramos en una relación alfabética numerada todas las referencias bibliográficas incluidas en la memoria, indicando, entre corchetes, los capítulos en los que aparecen.

1. ABD-EL-KHALICK, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary. Science courses: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233. [6]
2. ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. [6]
3. ABELL, S. K. y LEDERMAN, N. G. (2007) *Handbook of Research on Science Education*. New York: Routledge [3]
4. ABELL, S., MARTINI, M. y GEORGE, M. (2001). "That's what scientists have to do": Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science during a moon investigation. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1095-1109. [3]
5. ABRAMS, E. y WANDERSEE, J. H. (1995). How to infuse actual scientific research practices into science classroom instruction. *International Journal of Science Education*, 17(6), 683-694. [2, 3]
6. ACEVEDO, J. A. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias: Un enfoque C/T/S. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, pp. 111-125. [3]
7. ACEVEDO, J. A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44. [2]
8. ACEVEDO, J. A. (2005). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301. [1]

9. ACEVEDO, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 198-219. [2]
10. ACEVEDO, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169. [3, 6]
11. ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm> (Acceso el 10 de febrero de 2013). Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. [6]
12. ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111. [1]
13. ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F. y MANASSERO, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y la educación científica para la participación ciudadana: una revisión crítica, *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2, (2), 121-140. [1]
14. ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y PAIXÃO, M. F. (2005) Educación CTS y alfabetización científica y tecnológica. Una panorámica general a través de contextos culturales diferentes. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(2): 195-207. [1, 3]
15. AGUIRRE, J. M., HAGGERTY, S. M. y LINDER, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390. [6]
16. 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 N° 3. [3]
17. AIKENHEAD, G. S. (1984). Teacher decision making: The case of Prairie High. *Journal of Research in Science Education*, 21, pp. 167-186. [3]
18. AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective Decision Making in the Social Context of Science. *Science Education* 69(4), 453-475. [1, 2]
19. ALIAGA, F. (2000). Validez de la Investigación causal. Tipologías y evolución. *Bordón* 52 (3), 301-321. (Accesible en <http://www.uv.es/~aliaga/curriculum/Validez.htm>. Acceso el 10 de febrero de 2013). [4]
20. ALLARD, M. (1999). Le partenariat école-musée: quelques pistes de réflexion. *Aster*, 29, 27-40. [1]

21. ANDERSON, D., LAWSON, B., y MAYER-SMITH, J. (2006). Investigating the impact of a practicum experience in an aquarium on preservice teachers. *Teaching Education*, 17, 341–353. [7]
22. ATKIN, J. M. y HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20. [1]
23. AUBUSSON, P., GRIFFIN, J. y KEARNEY, M. (2012). Learning Beyond the Classroom: Implications for School Science. *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1123-1134. [1, 2]
24. BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin. [2]
25. BAKER, D. R. (1998). Equity Issues in Science Education. En Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (Eds). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers. [1]
26. BELL, B. F. y PEARSON, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14 (3), pp. 349-361. [6]
27. BERNAL, J. D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona: Península. [2]
28. BLANCO, A., BRERO, V, JIMÉNEZ, M. y PRIETO, T. (Eds.) (2006). *Las Relaciones CTS en la Educación Científica*. Málaga: Área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Málaga. [3]
29. BLANCO, A., RUIZ, L. y PRIETO, T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la Teoría Cinético-Molecular. *Implicaciones didácticas. Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 447-458. [3]
30. BLOOM, J. W. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, 11(4), 401-415. [6]
31. BOERSEMA, D. (1998). The use of real and imaginary cases in communicating the nature of science course outline. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. 1998 "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 255-266. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
32. BRICKHOUSE, N. W. (1989). The teaching of philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449. [3, 6]
33. BRICKHOUSE, N. W. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, (3), pp. 53-62. [3]
34. BRICKHOUSE, N. W. (1994). Children's observations, ideas and the development of classroom. Theories about light. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, (6), pp. 639-656. [3]

35. BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 471-485. [6]
36. BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices: A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199. [6]
37. BRONOWSKI, J. (1987). The creative process. In *Scientific genius and creativity: Readings from scientific American*. pp. 1-8. New York : Freeman. [3]
38. BRUSH, S.G. (1989). History of science and science education. *Interchange*, 20, pp. 60-71. [3]
39. BUNGE, M. (1976). *Filosofía de la Física*. Barcelona: Ariel. [2]
40. BUNGE, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel. [2]
41. BUNGE, M. (1997). *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Juárez Ed. [2]
42. BURBULES, N. y LINN, M. (1991). Science education and philosophy of science: congruence or contradiction? *International Journal of Science Education*, 13 (3), pp. 227-241. [3]
43. BYBEE, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153. [1, 3]
44. BYBEE, R. (1997a). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann. [1, 2]
45. BYBEE, R. (1997b). Towards an Understanding of Scientific Literacy. En Graeber, W. y Bolte, C. (Eds) *Scientific Literacy*. Kiel: IPN. [1]
46. BYBEE, R. (2000). *Achieving Technological Literacy: A National Imperative*. *The Technology Teacher*, September 2000, 23-28. [2]
47. BYBEE, R. y DeBOER, G.E. (1994). Research on goals for the science curriculum. En Gabel, D.L. *Handbook of Research en Science Teaching and Learning*. New York: McMillan P.C. [1]
48. CACHAPUZ, A. (1995). O Ensino das Ciências para a Excelência das Aprendizagens. In: A. D. de Carvalho (Org.). *Novas Metodologias em Educação*. pp. 349-385. Porto: Porto Editora. [3]
49. CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y JORGE, M. (2000a). *Perspectivas de Ensino. Textos de Apoio nº1*. In *Formação de Professores /Ciências*, A. Cachapuz (Org.). Porto: Centro de Estudos em Educação em Ciência. [3]
50. CACHAPUZ, A., PRAIA, J. y JORGE, M. (2000b). Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular – ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, vol. IX, nº1. pp. 69-79. [3]
51. CACHAPUZ, A., PRAIA, J., PAIXÃO, F. y MARTINS, I. (2000). Uma visão sobre o ensino das ciências no pós-mudança conceptual: contributos para a formação de professores. *Inovação*, vol. 2-3, pp. 117-137. [3]

52. 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. [2]
53. CAJAS, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254. [2]
54. 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. [1]
55. 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. [1]
56. CALVO HERNANDO, M. (1997). Objetivos de la divulgación de la ciencia. *Revista Chasqui*. Diciembre. [3]
57. CAMPARIO, J.M., MOYA, A. y OTERO, J.C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 45-56. [3]
58. CAMPOS, C. y CACHAPUZ, A. (1997). Imagens de Ciência em manuais de química portugueses, *Química Nova*, 6, 23-29. [3]
59. CARRASCOSA, J., ALONSO, M., BENEDITO, J., DOMÉNECH, J. L., ESPINOSA, J., LLORENS, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SENDRA, F., VERDÚ, R., FURIÓ, C. y GIL, D. (1993). Los programas de formación permanente del profesorado de Física y Química en la Comunidad Valenciana: Un intento constructivista de formación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra, pp. 47-48. [3]
60. CARRASCOSA, J., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., FURIÓ C. y GUIASOLA, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 5 (2), 118-133. [1, 2, 3]
61. CARSON, R. (1980). *Primavera Silenciosa*. Barcelona: Grijalbo. [1]
62. CHALMERS, A. F. (1990). *Science and its fabrication*. Minneapolis, MP: University of Minnesota Press. [2]
63. CHEN, S. (2006a). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-819. [3]
64. CHEN, S. (2006b). Views on Science and Education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(2), http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue2/chensf/index.htm. Acceso el 10 de febrero de 2013 [3]
65. CLEMINSON, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 429- 445. [2, 3]

66. COBERN, W. W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and belief.. Science & Education, vol. 9 (3), pp. 219-246. [3]
67. COBERN, W. W. y LOVING, C. (1998). The card exchange introducing the philosophy of science. In W.F. McComas (Ed): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 73-82. Science and Technology Education Library. (1998). Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
68. COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988). Nuestro Futuro Común. Madrid: Alianza. [1]
69. COSTA, P. (1976). Nuclearizar España. Barcelona: Los Libros de la Frontera. [1]
70. DAWKINS, K.R. y GLATTHORN, A.A. (1998). Using historical case studies in biology to explore the nature of science: A professional development program for high school teachers. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 163-176. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
71. DE VRIES, M. J. (1996). Technology Education: Beyond the 'Technology is Applied Science' Paradigm (Guest Article). Journal of Technology Education, 8(1), 7-15. [2]
72. DE VRIES, M. J. y TAMIR, A. (1997). Shaping Concepts of Technology : What Concepts and How to Shape Them. International Journal of Technology and Design Education, 7, 3-10. [2]
73. DeBOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. Journal of Research in Science Teaching, 37(6), 582-601. [1, 2]
74. DECLARACIÓN DE BUDAPEST (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*, http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm (Acceso el 10 de febrero de 2013). [1]
75. DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998a). The epistemology of students: The "thingified" nature of scientific knowledge. In Fraser B y Tobin K (Eds.) International Handbook of Science Education, London: Kluwer Academic Publishers. [2]
76. DÉSAUTELS, J. y LAROCHELLE, M. (1998b). About the epistemological posture of science teachers. In: Tiberghien A., Jossem L. y Barojas J. (Eds), Connecting Research in Physics Education with Teacher Education (ICPE Books). [6]
77. DÉSAUTELS, J., LAROCHELLE, M., GAGNÉ, B y RUEL, F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. Didaskalia, 1, 49-67. [2, 3]
78. DIERKING, L. D., LUKE, J. J. y BÜCHNER, K. S. (2003). Science and technology centres – rich resources for freechoice learning in a knowledge-based society. International Journal Technology Management, 25(5), pp. 441-459. [3]

79. DOMÈNECH, J. L., GIL, D., GRAS, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R. y VALDÉS, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol. 20, 285-311. [2, 3]
80. DRIVER, R. y OLDFHAM, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122. [2]
81. DUSCHL, R. A. (1994). Research on the history and philosophy of science. In L.G.Dorothy (ed), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. pp. 445-455. (McMillan, New York). [3]
82. ECHEVARRÍA, I., CUESTA, M., DÍAZ, M. y MORENTÍN, M. (2005). Aportaciones de los museos y los centros de ciencias a la educación científica: una investigación con estudiantes de la diplomatura de Educación Social. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. [3]
83. EDWARDS, M., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., PRAIA, J., VALDÉS, P., VITAL, M. L., CAÑAL, P., DEL CARMEN, L., RUEDA, C. y TRICÁRICO, H. (2001). Una propuesta para la transformación de las percepciones docentes acerca de la situación del mundo. Primeros resultados. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 37-67. [1]
84. ESPAÑA, E. y PRIETO, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 6. Nº 3. Pp. 345-354. [1, 3]
85. ESTANY, A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica. [2]
86. FEHER, E. y RICE, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 72(5), 637-649. [0]
87. FEHER, E. y RICE, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), pp. 505-520. [3]
88. FENSHAM, P. J. (2002a). Time to change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(1), 9-24. [1]
89. FENSHAM, P. J. (2002b). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149. [1]
90. FERNÁNDEZ, G. y BENLLOCH, M. (2000). Exposiciones interactivas: cómo reacciona el público. *Museum International*, 208, 52(4), pp. 53-59. [3]
91. FERNÁNDEZ, I. (1995). *La transformación de las concepciones espontáneas sobre la ciencia*. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València. [3]

92. FERNÁNDEZ, I. (2000). Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València. [2, 3, 4, 6, 7]
93. FERNÁNDEZ, I., GIL, 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. [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]
94. 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. [2, 3, 5, 6]
95. FERREIRA GAUCHÍA, C. (2009). Imagen de la tecnología proporcionada por la educación tecnológica en la enseñanza secundaria. Tesis Doctoral. Universitat de València. [2, 3]
96. 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. [0, 2, 3]
97. FERREIRA-GAUCHÍA, C., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2012). Concepciones docentes acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la educación tecnológica. Enseñanza de las Ciencias, 30 (2), pp. 253-272. [6, 7]
98. FEYERABEND, P. (1975). Against Method. Londres: Verso. (Existe traducción al castellano en Madrid: Siglo XXI). [2]
99. FILLON, P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologiques des élèves. Aster, 12, pp. 91-120. [3]
100. FLICK, L. y LEDERMAN, N. G. (Eds.) (2004). Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [6]
101. FORTÍN-DEBART, C. (1999). Analyse de l'offre des institutions muséales en médiation environnementale, Aster, 29, 85-100. [1]
102. FOUREZ, G. (1997). Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Colihue. [1]
103. FREINET, C. (1976). La enseñanza de las ciencias. Barcelona: Laia. [6]
104. FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 12 (2), pp. 188-199. [3]
105. 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. [1]
- 106.GADEA, I., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2009). Posibles usos de la prensa en la educación científica y tecnológica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 153-169. [1]
- 107.GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 4 (3), pp. 253-258. [3]
- 108.GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133. [3, 6]
- 109.GALLEGO TORRES, P. (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los cómics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 141-151. [3]
- 110.GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ, C. y RIVADULLA J. (2010). La percepción medioambiental del profesorado de primaria en el tema de la nutrición humana. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7, N° Extraordinario, pp. 286-296. [1]
- 111.GARCIA CRUZ, C.M. (1991). La historia de la ciencia en la futura enseñanza secundaria: Reflexiones en torno al Diseño Curricular Base. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 10 (1), pp. 115-117. [3]
- 112.GARDNER, P. L. (1994). Representations of the relationship between Science and Technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28. [2]
- 113.GASKELL, P. J. (1992). Authentic science and school science. *International Journal of Science Education*, 14(3), 265-272. [2, 3]
- 114.GAVIDIA, V. (2005). Los retos de la divulgación y enseñanza científica en el próximo futuro, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 19, 91-102. [1, 3]
- 115.GAVIDIA CATALÁN, V. (2008). Las actitudes en la Educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº 22, pp. 53-66. [3]
- 116.GIDDENS, A. (1999). *Runaway World: How Globalisation is Reshaping Our Lives*. Profile Books, London. GIERE, R. N. (1988). *Explaining Science. A cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press. [2]
- 117.GIL-PÉREZ, D. (1993a). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique, *ASTER*, 17, 41-64. [2]
- 118.GIL, D. (1993b). 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. [3, 6]
- 119.GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 154-164. [3]

120. GIL, D. (1996). New trends in science education. *International Journal in Science Education*, Vol. 18, nº 8, pp. 889-901. [3]
121. GIL-PÉREZ, D. y CARRASCOSA, J. (1994). Bringing Pupils' Learning Closer to a Scientific Construction of Knowledge: A Permanent Feature in Innovations in Science Teaching, *Science Education*, 78 (3), 301-315. [2]
122. GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J. FURIÓ, C.; MARTINEZ TORREGROSA, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. ICE/ Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori. [2]
123. GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA, A., MARTÍNEZ, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GÓNZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H. & GALLEGO, R. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science Education* 11, 557-571. [2]
124. GIL- PÉREZ, D., MACEDO, B., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (Eds.) (2005c). *¿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. [2]
125. GIL-PÉREZ, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (2005). Para qué y cómo evaluar. La evaluación como instrumento de regulación y mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje. En: Gil- Pérez et al. (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. [3]
126. GIL PÉREZ, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y VILCHES, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necessidade, obstáculos y oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo. [3]
127. GIL PÉREZ, D., SIFREDO, C., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2005b). ¿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) PP 15-28. (Accesible en <http://www.oei.es/decada/libro.php> acceso el 15 de febrero de 2013) [1, 2, 7]
128. 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. [0, 1]
129. GIL PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272. [1]
130. 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. [1]

131. GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90. [1]
132. GIL- PÉREZ, D., VILCHES, A., FERNÁNDEZ, I., CACHAPUZ, A., PRAIA, J., VALDÉS, P. y SALINAS, J. (2005a). Technology as 'Applied Science': a Serious Misconception that Reinforces Distorted and Impoverished Views of Science. *Science & Education*, 14, Nos. 3-5 July 2005. [0, 2, 3, 5, 6]
133. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. y FERREIRA-GAUCHÍA, C. (2010). Overcoming the Oblivion of Technology in Physics Education. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Editors) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. ICPE (International Commission on Physics Education). Pág 51-71. ISBN 0-9507510-5-0. [0, 2, 3, 6, 7]
134. GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, M. (2002). Otro mundo es posible: de la emergencia planetaria a la sociedad sostenible. (Una propuesta de museo de ciencias que ayude a la reflexión en torno a la situación del mundo). *Didáctica de las ciencias Experimentales y Sociales*, Nº 16, 57-81 [1]
135. GIL PÉREZ, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, M. (2004). Museos para la "glocalidad". Una propuesta de museo que ayude a analizar los problemas de una región dada en el marco de la situación del mundo. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(2), 87-102. [3]
136. GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., GONZÁLEZ, M. y EDWARDS, M. (2004). Exposiciones y museos de ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 1 (1), 66-69. [3]
137. GILBERT, J.K. (1992). The interface between science education and technology education. *International Journal of Science Education*. 14(5), 563-578. [2]
138. GILBERT, J.K. (1995). Educación tecnológica: una nueva asignatura en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 15-24. [2]
139. GIORDAN, A. (1978). Observation - Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13. [2]
140. GIORDAN, A. (1997). ¿Las ciencias y las técnicas en la cultura de los años 2000? *Kikirikí*, Nº 44-45, 33-34. [1]
141. GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchatel: Delachauz & Niestlé. (Traducción castellana: *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Diada, 1988). [3]
142. GIRAULT, Y. (1999). L'école et ses partenaires scientifiques. *Aster*, 29, 3-8 [1]

143. GLASSON, G. E. Y BENTELEY, M. L. (2000). Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, vol. 84 (4), pp. 469-485. [3]
144. GONZÁLEZ, M. (2006). Papel de los museos de ciencias en el tratamiento de los problemas del mundo. Tesis Doctoral presentada en la Universitat de València. [3]
145. GONZÁLEZ, M., GIL-PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2002). Los museos de Ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. Publicado en *Tecne, Episteme y Didaxis*, 12, pp. 98-112. [1, 3, 5]
146. GOULD, S. J. (1987). *Time's arrow time's cycle*. Cambridge: Harvard University Press. [3]
147. GRIFFIN, J. y SYMINGTON, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81(6), pp. 763-779. [3]
148. GUILBERT, L. y MELOCHE, D. (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: un lieu entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30. [0, 2, 3, 5]
149. GUIASOLA, J., AZCONA, R., ETXANIZ, M., MUJICA, E. y MORENTIN, M. (2005). Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 19-32. [0]
150. Guisasola, J. e Intxausti, S. (2000). Museos de ciencia educación científica: una perspectiva histórica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* n° 26, pp 7-14. [3]
151. GUIASOLA, J. y MORENTIN, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 401-414. [0, 3]
152. Guisasola, J. y MORENTÍN, M. (2010). Concepciones del profesorado sobre visitas escolares a museos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 127-140. [3]
153. GUTIÉRREZ, A. (2006). PISA y la evaluación de la alfabetización científica. *Investigación en la Escuela*, 60, 65-78. [1]
154. HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D. F.: UNAM/ Paidós. [2]
155. HAMMERICH, P.L. (1998). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. In: W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 127-133. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
156. HANSON, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero

- (1977): Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. Madrid: Alianza. [2]
- 157.HASHWEEH, M.Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), pp. 47-63. [3]
- 158.HEIN, G.E. (1998). Learning in the museums. Nueva York. Routledge. [3]
- 159.HEMPEL, C. G. (1976). Filosofía de la ciencia natural. Madrid: Alianza. [2]
- 160.HENRIKSEN, E.K. y JORDE, D. (2001). High School students' understanding of radiation and the environment: can museum play a role? *Science Education*, 85, pp. 189-206. [3]
- 161.HERRON, S., LAMB, T. y MORRIS, L. (2003). Explicit instruction for enhancing teachers understanding of the nature of science: is it explicit enough? Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA. [6]
- 162.HEWSON, P. W., KERBY, H. W. y COOK, P. A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 503-520. [2, 3]
- 163.HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995). Exploring The Future A Missing Dimension in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193. [1]
- 164.HILL, A. (1998). Problem Solving in Real-Life contexts: An Alternative for Design in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 8, 203-220. [2]
- 165.HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, n.12, pp. 25-57. [2, 3]
- 166.HODSON, D. (1992a). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566. [2, 3]
- 167.HODSON, D. (1992b). Assessment of practical work: some considerations in philosophy of science. *Science Education*, 1 (2), 115-144. [3]
- 168.HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24 (1&2) 41-52. [0, 3]
- 169.HODSON, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98. [2]
- 170.INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007). Working Group III Report: *Mitigation of Climate Change*, In "Climate Change 2007" IPCC, *Fourth Assessment Report (AR4)*. Accesible en: <http://www.ipcc.ch/> (Acceso el 10 de febrero de 2013) [1]

171. IRWIN, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84 (1), pp. 5-26. [3]
172. IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), pp. 45-59. [2, 3]
173. JACOBY, B.A. y SPARGO, P.E. (1989). Ptolomy revisited?. The existence of a mild instrumentalism in some selected high school physical science textbooks. *Interchange*, (20), pp. 33-53. [3]
174. JANOUSEK, I. (2000). The context museum: Integrating science and culture. *Museum International*, 52(4), pp. 21-24. [3]
175. JEFFERY-CLAY, K.R. (1998). Constructivism in museum: how museum create meaningful learning environments. *Journal of Museum Education*, 1(3), pp.3-7. [3]
176. JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1995). La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal. Publicación del Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Extremadura. [2, 3]
177. KANG, S., SCHARMANN, L., y NOH, T. (2004). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314-334. [3]
178. KELLY, J. (2000). Rethinking the elementary science methods course: A case for content, pedagogy, and informal science education. *International Journal of Science Education*, 22, 755-777. [7]
179. KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418. [3]
180. KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961. [3]
181. KIM, B. S., KO, E. K., LEDERMAN, N. G. y LEDERMAN, J. S. (2005). A developmental continuum of pedagogical content knowledge for nature of science instruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7). [6]
182. KING, B. B. (1991). Beginning Teachers Knowledge of and Attitude Towards History and Philosophy of Science. *Science Education*, 75(1), 135-141. [2, 3, 6]
183. KLASSEN, S. (2003). A Theoretical Framework for Contextual Science Teaching. 7th IHPST Proceedings. Winnipeg. Canada. [2]
184. KOBALLA, T.R., CRAWLEY, F.E. y SHRIGLEY, R.L. (1990). A summary of research in Science Education 1988. *Science Education*, 74 (3), pp. 253-407. [3]

- 185.KOSTER, E.H. (1999). In search of relevance: Science centers as innovators in the evolution of museums, *Daedalus*, 28(3), 277-296. [3]
- 186.KOULAUDIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184. [6]
- 187.KOULAUDIS, V. y OGBORN, J. (1995). Science teacher philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal Science Education*, Vol. 17, N° 3, pp. 273-283. [3]
- 188.KUHN, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica. [2]
- 189.LAKATOS, I. (1982). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos. [2]
- 190.LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial. [2]
- 191.LAKIN, S. y WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the “nature of science”? Teachers view of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16(2), 175-190. [2, 3]
- 192.LANGEVIN, P. (1926). La valeur éducative de l'histoire des sciences. *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, Décembre 1926. [1, 2]
- 193.LAUDAN, L. (1984). *Science and values: the aims of science and their role in the scientific debate*. Berkeley: University of California Press. [2]
- 194.LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359. [3]
- 195.LEDERMAN, N. G. (1999). Teachers' understanding of nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, 8, pp. 916-929. [3]
- 196.LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Editors), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. [1, 3]
- 197.LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understanding of the nature of science. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): “*The nature of science in science education. Rationales and strategies*”. pp. 41-52. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
- 198.LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y SCHWARTZ, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. [3]

- 199.LEDERMAN, N. G., WADE, P. D. y BELL, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: a historical perspective. *Science & Education*, 7(6), 595-615. [6]
- 200.LEMBERGER, J., HEWSON, P.W. y PARK, H. (1999). Relationship between prospective secondary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and teaching science. *Science Education*, vol. 83 (3), pp. 347-372. [3]
- 201.LEMELIN, N. y BENCZE, L. (2004). Reflection-on-action at a science and technology-museum: findings from a university museum partnership. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(4), pp. 468-481. [3]
- 202.LIN, H. S. y CHEN, C. C. (2002). Promoting preservice teachers' understanding about the nature of science through history. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 773-792. [3]
- 203.LINDER, C. J. (1992). Is teacher-reflected epistemology a source of conceptual difficulty in physics?. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, Nº 1, pp. 111-121. [3]
- 204.LÓPEZ CUBINO, R. (2001). *El área de Tecnología en Secundaria*. Madrid: Narcea. [2]
- 205.LOVELOCK, J. (2004). Nuclear power is the only green solution. *The Independent*, 24 de Mayo de 2004.[1]
- 206.LOVING, C. C. (1991). The Scientific Theory Profile: A Philosophy of Science models for Science Teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, (9), pp. 823-838. [3]
- 207.LUCAS, A. M., McMANUS, P. y THOMAS, G. (1986). Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. *European Journal of Science Education*, 8(4), pp. 341-352. [3]
- 208.LUPIÓN, T. y PRIETO, T. (2007). Actividades CTS: un ejemplo para el desarrollo de competencias propias de la educación para la ciudadanía y la alfabetización científica, *Kikiriki*, 85, 23-26. [1, 3]
- 209.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. [0, 2]
- 210.MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. [3]
- 211.MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. [3]

- 212.MARCHESI, A. (2000). Un sistema de indicadores de desigualdad educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 23, 135-163. [1]
- 213.MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*,141-164. Alcoi: Marfil. [1]
- 214.MARTÍN, C. y PRIETO, T. (2011). El potencial educativo del problema energético en la sociedad actual. En J. Maquilón, A. Mirete, A. Escarbajal y A Jiménez (Coords.). *Cambios educativos y formativos para el desarrollo humano y sostenible*, 29-37. Murcia: Ediciones de la Universidad de Murcia. [3]
- 215.MARTÍNEZ TORREGROSA, J., DOMÈNECH, J. L., MENARGUES, A. y ROMO, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida, *Educación Química*, 23, N°. Extra 1, págs. 112-126. [3]
- 216.MATKINS, J. J., BELL, R., IRVING, K. y McNALL, R. (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 456-481). Pensacola, FL: ASTE. [3]
- 217.MATSON, J. O. y PARSON, S. (1998). The nature of science: achieving scientific literacy by doing science. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 223-230. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
- 218.MATTHEWS, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-155. [2, 3]
- 219.MATTHEWS, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual, *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 255-277. [2]
- 220.MATTHEWS, M. R. (1997). Editorial. *Science and Education*, 6, pp. 323-329. [3]
- 221.McCOMAS, W. F. (1998a). The nature of science in science education. Rationales and In W.F. McComas (Ed). *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [0, 2, 5, 7]
- 222.McCOMAS, W.F. (1998b). A thematic introduction to the nature of science: The rationale and content of a course for science educators. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 211-222. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
- 223.McCOMAS, W.F. (1998c). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "*The nature of science in science education. Rationales and strategies*". pp. 53-70. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]

224. McCOMAS, W.F., CLOUGH, M.P. y ALMAZROA, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 3-39. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
225. McCOMAS, W.F. y OLSON, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 41-52. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
226. MCGINNIS, J. R., HESTNESS, E., RIEDINGER, K., KATZ, P., MARBACH-AD, G. Y DAI, A. (2012). Informal Science Education in Formal Science Teacher Preparation. Second International Handbook of Science Education, 1097-1108. [7]
227. MEC (2007). REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE nº 5 (5 de enero de 2007). [3]
228. MEDEIROS, A. y FILHO, S. B. (2000). A Natureza da Ciência e a Instrumentação para o Ensino da Física. *Ciência & Educação*, vol. 6, nº2, 107-117. [3]
229. MEDWAY, P. (1989). Issues in the theory and practice of technology education. *Studies in Science Education*, 16, 1-24. [2]
230. MEICHTRY, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407. [6]
231. MEICHTRY, Y. (1998). Elementary science teaching methods: Developing and measuring student view about the nature of science. In W.F. McComas (Ed). Science and Technology Education Library. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 231-241. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
232. MEICHTRY, Y. (1999). The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preserve elementary methods course. *Science & Education*, vol. 8, 3, pp. 273-286. [3]
233. MITCHAM, C. (1989). *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona: Anthropos-Servicio Editorial del País Vasco. [2]
234. MORALES, D. P. y VALBUENA, E. (2010). Las visitas escolares a un museo de Historia Natural. Un análisis desde la perspectiva del conocimiento didáctico del contenido. Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias y Tecnología EDUCyT, Memorias, II Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología. [3]
235. MORENO, A. (1988). *Aproximación a la física. Una historia de visionarios, rebeldes y creadores.* Madrid: Mondadori. [2]

- 236.MOSTERÍN J. (1990). Prólogo al libro de Estany A., Modelos de cambio científico. Barcelona: Crítica. [2]
- 237.NACIONES UNIDAS (1992). UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles (UNESCO: París). [1]
- 238.NADEAU, R. y DÉSAUTELS, J. (1984). Epistemology and the teaching of science. Ottawa: Science Council of Canada. [3]
- 239.NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1995). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press. [1, 3]
- 240.NEWTON, D. P. y NEWTON, L.D. (1992). Young children's perceptions of science and scientist. *International Journal in Science Education*, vol. 14, nº 3, pp. 331-348. [3]
- 241.NIETO-GALÁN, A. (2004). “La Naturaleza Nuclear y la ecología del siglo XX”, en A. Nieto-Galán, *Cultura Industrial: Historia y Medio Ambiente*. Barcelona: Rubes. [1]
- 242.NIINILUOTO, I. (1997). Ciencia frente a Tecnología: ¿Diferencia o identidad? *Arbor*, 620, 285-299. [2]
- 243.NOTT, M. y WELLINGTON, J. (1998). A programme for developing understanding of the nature of science in teacher education. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) “The nature of science in science education. Rationales and strategies”. pp. 293-313. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
- 244.NUSSBAUM, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, (11), Special Issue, 530-540. [2]
- 245.OLIVA, J. M., MATOS, J. y ACEVEDO, J. A. (2008). Contribución de las exposiciones científicas escolares al desarrollo profesional docente de los profesores participantes, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 7(1), pp. 21-41. [1, 3]
- 246.OROZCO, A. (1995). El problema de las concepciones espontáneas sobre la ciencia. Tesis de Tercer Ciclo. Universitat de València. [3]
- 247.OSUNA, L., MARTÍNEZ TORREGROSA, J., CARRASCOSA, J. y VERDÚ, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica en educación secundaria, *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 25, Nº 2, 277-294. [3]
- 248.OSUNA, L., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y MENARGUES, A. (2012). Evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), pp 295-317. [3]
- 249.OTERO, J. (1985). Assimilation problems in traditional representation of scientific knowledge. *European Journal of Science Education*, 7 (4), pp. 361-369. [3]

250. PAIXÃO, F. (2005). Devolver a la naturaleza el agua que utilizamos en la ciudad. Una propuesta de enseñanza de ciencia contextualizada en el entorno de los alumnos. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. Monográfico: Contextualizar la Ciencia. 46: 60-67. [1, 3]
251. PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (1998). Dimensión epistemológica de los programas de Física y Química e implicaciones en las prácticas de enseñanza: ¿Qué lectura hacen los profesores? En Banet, E. Y De Pro, A. (Eds), Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias, Vol. 1, 284- 293. [3]
252. PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (1999). La enseñanza de las ciencias y la formación de profesores de enseñanza primaria para la reforma curricular. De la teoría a la práctica. Enseñanza de las Ciencias, vol.17, nº1, 69-77. [3]
253. PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2000a). Mass Conservation in Chemical Reactions: the development of innovative teaching strategy based on the History and Philosophy of Science. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, vol. 1, nº2, 201-215. [3]
254. PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2000b). Challenges on science teacher education for the new century: an approach based on the epistemology of curricular themes. Proceeding Book. En la 24th ATEE Annual Conference. Leipzig. [3]
255. PAIXÃO, M. F. y CACHAPUZ, A. (2001). Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. Revista de Educación en Ciencias / Journal of Science Education, vol. 2, nº1, pp. 33-38. [3]
256. 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. [0, 1, 3]
257. PEDRETTI, E. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based Science Center Exhibitions. Science Education, 88, S1, pp. 34-47. [3]
258. PEDRINACI, E. (1994). Epistemología, historia de las ciencias y abejas. Investigación en la escuela, 23, pp. 95-102. [3]
259. PENICK, J. E. y YAGER, R.E. (1986). Trends in science education: Some observations of exemplary programmes in the U.S.A. European Journal of Science Education, 8, pp. 1-8. [3]
260. PÉREZ, C., DÍAZ, M. P., ECHEVARRÍA, I., MORENTÍN, M. y CUESTA, M. (1998). Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje. Bilbao: Universidad del País Vasco. [3]
261. PÉREZ, Y. e IRAZOQUE, G. (2009). El uso de museos de primera generación como estrategia didáctica para la enseñanza de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 575-578. [3]

262. PÉREZ MALDONADO, M., GARCÍA BARROS, S., Y MARTÍNEZ LOSADA, C. (2004). La ciencia escolar y la ciencia cotidiana. Interrelaciones mutuas. *Educación Siglo XXI*, 22, 169-185. [1, 3]
263. PIAGET, J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondo. [2]
264. POMEROY, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, 77, (3), pp. 261-278. [2, 3]
265. POPPER, K. R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos. [2]
266. PORLÁN, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. [3]
267. PORLÁN, R., GARCIA, E., RIVERO, A. y MARTIN DEL POZO, R. (1998). Les obstacles a la formation professionnelle des professeurs en rapport avec leurs idées sur la science, l'enseignement et l'apprentissage. *Aster*, nº 26, pp. 207-235. [3]
268. PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. (Diada Editora. Sevilla, 1998). [3]
269. PRAIA, J. (1995). *Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma Didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da Deriva Continental*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Aveiro. [3]
270. PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1994a). Para uma reflexão em torno as concepções epistemológicas dos professores de Ciências dos Ensinos Básico (3º ciclo) e Secundário. *Revista Portuguesa de Educação*, 7 (1/2): 37-47. Universidade do Minho. Braga. [3]
271. PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1994b). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los Profesores Portugueses de la Enseñanza Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354. [3]
272. PRAIA, J. y CACHAPUZ, A. (1998). Concepções epistemológicas dos professores portugueses sobre o trabalho experimental. *Revista Portuguesa de Educação*, 11 (1), pp. 71-85. [3]
273. PRAIA, J. y COELHO, J. (1999). A Epistemologia, a História e a Sociologia da Ciência na construção de materiais didácticos –“A Origem da Vida”. *Revista de Educação*, Vol. VIII, nº2, pp. 203-220. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Lisboa. [3]
274. PRAIA, J. y MARQUES, L. (1997). El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico-didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5, 29, pp. 95-106. [3]
275. PRIETO, T. y ESPAÑA, E. (2010). Educar para la sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo, *Revista Eureka*, 7, N° Extraordinario, pp. 216-229. [1, 3]

276. PRIETO, T., ESPAÑA, E. y MARTÍN, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología- Sociedad, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1) pp. 71-77. [1, 3]
277. QUINTANILLA, M. A. y SÁNCHEZ RON, J. M. (1997). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Santillana. [2]
278. RAMEY-GASSERT, L. (1997). Learning Science beyond the Classroom. *The Elementary School Journal*, 97(4), 433-451. [0, 3]
279. REDONDO, L. (2007). Los museos etnológicos como instrumentos de formación ciudadana para hacer frente a los problemas que la humanidad tiene planteados. Trabajo de investigación de Tercer Ciclo. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València. España. [3]
280. REDONDO, L., GIL, D. y VILCHES, A. (2008). Los museos etnológicos como instrumentos de formación ciudadana para la sostenibilidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 67-84. (ISSN: 0214-4379). [1, 3]
281. REID, D. J. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea. [1]
282. RENNIE, L. J. y McCLAFFERTY, T. P. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education*, 27, pp. 53-98. [3]
283. RIBELLES, M^a. L., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-692-2796-1. [0, 2]
284. RIECHMANN, J. (Coord.) (2006). *Perdurar en un planeta habitable. Ciencia, Tecnología y Sostenibilidad*. Barcelona: Icaria. [1]
285. RIFKIN, J. (2007). Los riesgos continuarán aunque reduzcamos las emisiones. *El País*, 2 de diciembre de 2007, p. 56. [1]
286. ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALWERG-HENRIKSSON, H. 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. Acceso el 10 de febrero de 2013. [0, 1, 2]
287. RODRÍGUEZ, G .D. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una mirada desde la educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143. [2]
288. ROSENBAUM, W.A. (1999). The Good Lessons of Bad Experience: Rethinking the Future of Commercial Nuclear Power. *American Behavioral Scientist*, 43, 74-91. [1]
289. ROTH, W. M. y LUCAS, K. B. (1997). From “Truth” to “Invented Reality”: A Discourse Analysis of High School Physics Students’ Talk about Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 34(2), 145-179. [2, 3]

290. ROTH, W. M. y ROYCHOUDHURY, A. (1994). Students' Epistemologies and Views about Knowing and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 5-30. [2, 3]
291. RUBA, P.A. y HARKNERSS, W.L. (1993). Examination of pre-service and in-service secondary science teachers' beliefs about Science/Technology/Society interactions. *Science Education*, 77 (4), pp. 407-431. [3]
292. RUGGIERI, R. TARSITANI, C. Y VICENTINI, M. (1993). The images of science of teachers in Latin countries. *International Journal of Science Education*, vol. 15, nº 4, pp. 383-393. [3]
293. SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 137-144. [2]
294. SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. y RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. (2004) "Ciencia y tecnología para la paz", en Molina Rueda, Beatriz y Muñoz, Francisco A. (Eds.) *Manual de Paz y Conflictos*. Granada, Universidad de Granada: 119-139. [1]
295. SÁNCHEZ RON, J. M. (1994). ¿El conocimiento científico prenda de felicidad? En Nadal J. (Ed.), *El mundo que viene*, 221- 246. Madrid: Alianza. [2]
296. SÁNCHEZ, L. (2011). Conflictos socioambientales en torno a la energía nuclear. *Perspectivas desde la Investigación para la Paz*. *Revista paz y conflictos*, 4, 80-100. [1]
297. SANCHO, J. (2008). *Los documentales científicos como instrumentos de formación ciudadana para hacer frente a la situación de emergencia planetaria*. Trabajo de Investigación de Tercer Ciclo, Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València. [1]
298. SANCHO, J., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2010). Los documentales científicos como instrumentos de educación para la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7 (3), pp. 667-681. Accesible en: <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira>. Acceso el 15 de febrero de 2013 [1]
299. SANMARTI, N. y TARIN, R. (1999). Valores y actitudes: ¿Se puede aprender ciencias sin ellos?. *Alambique*, nº 22, pp. 55-65. [3]
300. SCRIVE, M. (1989). Le film d'exposition scientifique, un choc entre deux cultures. *Aster*, 9, 69-83 [1]
301. 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. [3]
302. SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL, D. (2008). Los museos ciencias como instrumentos de alfabetización científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102. (ISSN: 0214-4379). [1, 3, 4]

- 303.SEGARRA, A., VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Visiones de la ciencia y la tecnología transmitidas por los museos. Valencia: Universitat de València. ISBN: 978-84-692-2799-2. [3]
- 304.SELLEY, N. J. (1989). The philosophy of school science. *Interchange*, 20(2), 24-32. [2, 3]
- 305.SERRAMONA, J. (1980). Investigación y estadística aplicada a la educación. Barcelona: CEAC. [4]
- 306.SHAMOS, M. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick (NJ): Rutgers University Press. [1]
- 307.SIMPSON, R. D., KOBALA, T. R., OLIVER, J. S. y CRAWLEY, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En Gabel, D.L (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. N.Y.: McMillan Pub Co. [1, 2]
- 308.SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386. [2]
- 309.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 Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, 142-147. Murcia: D. M. [2]
- 310.SOLBES, J., VILCHES, A. y GIL- PÉREZ, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias, en Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea. Pp. 221-231. [7]
- 311.SOLOMON, J. (1991). Teaching about the nature of science in the British National Curriculum. *Science Education*, 75 (1), pp. 95-103. [3]
- 312.SOLOMON, J., DUVEEN, J. y SCOTT, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, Vol. 16, Nº 3, pp. 361-373. [2, 3]
- 313.SPECTOR, B., STRONG, P. y LA PORTA, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. In W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998) "The nature of science in science education. Rationales and strategies". pp. 267-276. Netherlands: Kluwer Academic Publishers. [3]
- 314.SPERANDEO-MINEO, R. M. (1999). Epistemological beliefs of physics teachers about the nature of science and science models. In *Proceedings Second International Conference of the European Science Education Research Association (E.S.E.R.A.)*. *Research in Science Education: past, present and future*. pp. 250-253. [3]
- 315.STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76(1), 1-16. [2, 3]
- 316.STINNER, A. (1995). Contextual Settings, Science Stories, and Large Context Problems: towards a more Humanistic Science Education. *Science Education*, 79(5), 555-581. [2]

- 317.SUTHERLAND, D. y DENNICK, R. (2002). Exploring culture, language and perception of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 24(1), 25–36. [3]
- 318.SUTTON, C. (1998). “New Perspectives on Language in Science”, in B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds), *Internacional Handbook of Science Education*, 27-38. Kluwer Academic Publishers, Netherland. [2, 3]
- 319.TAL, R., BAMBERGER, Y. y MORAG, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teacher’s roles. *Science Education*, 89(6), pp. 920-935. [3]
- 320.TAL, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students’ Learning. *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24, 1109-1122. [1]
- 321.TEODORO, S. y NARDI, R. (2000). A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. *Cadernos de Textos, V Escola de Verão*, pp. 278-280. Brasil: UNESP. [3]
- 322.THOMAZ, M. F., CRUZ, M. N., MARTINS, I. P. y CACHAPUZ, A. F. (1996). Concepciones de futuros profesores del primer ciclo de primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Contribuciones de la formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 315-322. [2, 3]
- 323.TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y GALLARD, A. J. (1994). Research on Instructional Strategies for Teaching Science. In D.L. Gabel (Ed) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: National Science Teachers Association. [3]
- 324.TOBIN, K. G., TIPPINS, D. J. y HOOK, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science & Education*, 3, pp. 245-264. [3]
- 325.TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza. [2]
- 326.TRAVER, M. J. (1996). *La història de les ciències en l’ ensenyament de la Física i la Química*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat de València, 1996. [2]
- 327.TSAI, C-C. y LIU, S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students’ epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638. [3]
- 328.TUCKEY, C. (1992). Children’s informal learning at an interactive science center. *International Journal of Science Education*, 14(3), pp. 273-278. [3]
- 329.UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (1975). *The Nuclear Fuel Cycle : A Survey of the Public Health, Environmental, and National Security Effects of Nuclear Power*. The MIT Press. [1]

330. VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2009). La relevancia de la educación científica: actitudes y valores de los estudiantes relacionados con la ciencia y la tecnología, *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), 33-48. [2]
331. VILADOT, P. (2009). ¿Para qué vienen? Expectativas de los docentes en las visitas escolares al museo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 520-524. [3]
332. VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press. [1]
333. VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2008). La sostenibilidad y el debate nuclear. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5 (1) pp. 94-99. [1]
334. VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria a la que debemos y podemos hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario 2009, pp. 101-122. (Número completo accesible en: <http://www.revistaeducacion.mec.es/re2009.htm>. Acceso el 10 de febrero de 2013). [1]
335. VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2012). The Supremacy of the Constructivist Approach in the Field of Physics Education: Myths and Real Challenges. *Tréma*, 38, pp. 87-104. (<http://trema.revues.org/>. Revue de recherche de l'IUFM de l'académie de Montpellier, publiée par le CEDRHE, Centre d'études de documentation et de recherche en histoire de l'éducation). ISSN: 1167-315X. [2, 3]
336. VILCHES, A., SEGARRA, A., REDONDO, L., LÓPEZ, J., GIL PÉREZ, D., FERREIRA, C. y CALERO, M. (2007). Respuesta educativa a la situación de emergencia planetaria: necesidad de planteamientos y acciones globales. *Investigación en la Escuela*, 63, 5-16. [5]
337. WELLINGTON, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25, 247-252. [0]
338. YERRICK, R.K., PEDERSEN, J.E. y ARNASON, J. (1998). "We're just spectators": A case study of science teaching, epistemology and classroom management. *Science Education*, vol. 82, 6, pp. 619-648. [3]
339. ZEIDLER, D. L., WALKER, K. A., ACKETT, W. A., y SIMMONS, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367. [3]

ÍNDICE ONOMÁSTICO

A continuación presentamos un índice onomástico alfabético de todos los autores referenciados en este trabajo de investigación indicando, en cada caso, los números de las referencias correspondientes en el listado de Referencias Bibliográficas, de forma que puede encontrarse fácilmente cuáles son los trabajos de los que son autores o coautores y en qué capítulos aparecen referenciados.

ABD-EL-KHALICK, F. [1, 2, 197, 198]

ABELL, S. [4]

ABELL, S. K. [3]

ABRAMS, E. [5]

ACEVEDO, J. A. [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 209, 210, 211, 245]

ACEVEDO, P. [13]

ACKETT, W. A. [339]

AGUIRRE, J. M. [15]

AGUIRRE PÉREZ, C. [16]

AIKENHEAD, G. S. [17, 18]

ALIAGA, F. [19]

ALLARD, M. [20]

ALMAZROA, H. [224]

ALONSO, M. [59]

ANDERSON, D. [21]

ARNASON, J. [338]

ATKIN, J. M. [22]
AUBUSSON, P. [23]
AZCONA, R. [149]
BACHELARD, G. [24]
BAKER, D. R. [25]
BAMBERGER, Y. [319]
BELL, B. F [26]
BELL, R. L. [198, 199, 216]
BENCZE, L. [201]
BENEDITO, J. [59]
BENLLOCH, M. [90]
BENTELEY, M. L. [143]
BERNAL, J. D. [27]
BLANCO, A. [28, 29]
BLOOM, J. W. [30]
BODNER, G. M. [35]
BOERSEMA, D. [31]
BRERO, V. [28]
BRICKHOUSE, N. W. [32, 33, 34, 35]
BRISCOE, C. [36]
BRONOWSKI, J. [37]
BRUSH, S. G. [38]
BÜCHNER, K. S. [78]
BUNGE, M. [39, 40, 41]
BURBULES, N. [42]
BYBEE, R. [43, 44, 45, 46, 47]
CAAMAÑO, A. [209]
CACHAPUZ, A. [48, 49, 50, 51, 58, 93, 123, 132, 209, 251, 252, 253, 254, 255, 270, 271, 272, 332]
CAJAS, F. [52, 53]

CALERO, M. [54, 55, 336]
CALVO HERNANDO, M. [56]
CAMPARIO, J. M. [57]
CAMPOS, C. [58]
CAÑAL, P. [83, 209]
CARRASCOSA, J. [59, 60, 93, 121, 122, 247]
CARSON, R. [61]
CARVALHO, A. M. P. [209]
CHALMERS, A. F. [62]
CHEN, C. C. [202]
CHEN, S. [63, 64]
CLEMINSON, A. [65]
CLOUGH, M. P. [224]
COBERN, W. W. [66, 67]
COELHO, J. [273]
COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO [68]
COOK, P. A. [162]
COSTA, P. [69]
CRAWLEY, F. E. [184, 307]
CRUZ, M. N. [322]
CSERMELY, P. [286]
CUESTA, M. [82, 260]
DAI, A. [226]
DAWKINS, K. R. [70]
DeBOER, G. E. [47, 73]
DECLARACIÓN DE BUDAPEST [74]
DEL CARMEN, L. [83, 209]
DENNICK, R. [317]
DÉSAUTELS, J. [75, 76, 77, 238]

DE VECCHI, G. [141]
DE VRIES, M. J. [71,72]
DÍAZ, M. P. [82, 260]
DIERKING, L. D. [78]
DOMÈNECH, J. L. [59, 79, 215]
DRIVER, R. [80]
DUMAS CARRÉ, A. [123, 209]
DUSCHL, R. A. [81]
DUVEEN, J. [312]
ECHEVARRÍA, I. [82, 260]
EDWARDS, M. [83, 131, 136]
ESPAÑA, E. [84, 275, 276]
ESPINET, M. [172]
ESPINOSA, J. [59]
ESTANY, A. [85]
ETXANIZ, M. [149]
FEHER, E. [86, 87]
FENSHAM, P. J. [88, 89]
FERNÁNDEZ, G. [90]
FERNÁNDEZ, I. [91, 92, 93, 94, 132]
FERREIRA-GAUCHÍA, C. [95, 96, 97, 133, 336]
FEYERABEND, P. [98]
FILHO, S. B. [228]
FILLON, P. [99]
FLICK, L. [100]
FORTÍN-DEBART, C. [101]
FOUREZ, G. [102]
FREINET, C. [103]
FURIÓ, C. [59, 60, 104, 105, 122]

GADEA, I. [106]

GAGLIARDI, R. [107]

GAGNÉ, B. [77]

GALLAGHER, J. J. [108]

GALLARD, A. J. [323]

GALLEGO, R. [123]

GALLEGO TORRES, P. [109]

GARCIA, E. [267]

GARCÍA BARROS, S. [110, 262]

GARCIA CRUZ, C. M. [111]

GARDNER, P. L. [112]

GARRITZ, A. [209]

GASKELL, P. J. [113]

GAVIDIA, V. [114, 115]

GENÉ, A. [123]

GEORGE, M. [4]

GIDDENS, A. [116]

GIL, D. [59, 79, 93, 118,119,120, 280, 302]

GILBERT, J. K. [137, 138]

GIL-PÉREZ, D. [55, 83, 94, 96, 97, 106, 117, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134,135, 136, 145, 209, 283, 298, 303, 310, 332, 333, 334, 335, 336]

GIORDAN, A. [107, 139, 140, 141, 142]

GIRAULT, Y. [142]

GLASSON, G. E. [143]

GLATTHORN, A. A. [70]

GONZÁLEZ, E. [123, 134, 135, 136, 144, 145, 209]

GOULD, S. J. [146]

GRAS-MARTÍ, A. [79, 209]

GRIFFIN, J. [23, 147]

GUILBERT, L. [148]

GUISASOLA, J. [60, 79, 123, 149, 150, 151, 152, 209]
GUTIÉRREZ, A. [153]
HACKING, I. [154]
HAGGERTY, S. M. [15]
HAMMERICH, P. L. [155]
HANSON, N. R. [156]
HARKNERSS, W. L. [291]
HASHWEEH, M. Z. [157]
HEIN, G. E. [158]
HELMS, J. [22]
HEMMO, V. [286]
HEMPEL, C. G. [159]
HENRIKSEN, E. K. [160]
HERRON, S. [161]
HESTNESS, E. [226]
HEWSON, P. W. [162, 200]
HICKS, D. [163]
HILL, A. [164]
HODSON, D. [165, 166, 167, 168, 169, 281]
HOLDEN, C. [163]
HOOK, K. [324]
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) [170]
INTXAUSTI, S. [150]
IRAZOQUE, G. [261]
IRVING, K. [216]
IRWIN, A. R. [171]
IZQUIERDO, M. [172]
JACOBY, B. A. [173]
JANOUSEK, I. [174]

JEFFERY-CLAY, K. R. [175]
JIMÉNEZ, M. [28]
JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. [176]
JORDE, D. [160, 286]
JORGE, M. [49, 50]
KANG, S. [177]
KATZ, P. [226]
KEARNEY, M. [23]
KELLY, J. [178]
KERBY, H. W. [162]
KHISHFE, R. [179, 180]
KIM, B. S. [181, 182]
KING, B. B. [182]
KLASSEN, S. [183]
KO, E. K. [181]
KOBALA, T. R. [184, 307]
KOSTER, E. H. [185]
KOULAUDIS, V. [186, 187]
KUHN, T. S. [188]
LAKATOS, I. [189, 190]
LAKIN, S. [191]
LAMB, T. [161]
LANGEVIN, P. [192]
LAPORTA, T. [313]
LAROCHELLE, M. [75, 76, 77]
LAUDAN, L. [193]
LAWSON, B. [21]
LEDERMAN, J. S. [181]
LEDERMAN, N. G. [2, 3, 100, 179, 180, 181, 194, 195, 196, 197, 198, 199]

LEMBERGER, J. [200]
LEMELIN, N. [201]
LENZEN, D. [286]
LIN, H. S. [202]
LINDER, C. J. [15, 203]
LINN, M. [42]
LIU, S-Y. [327]
LLORENS, J. [59]
LÓPEZ, J. [336]
LÓPEZ-CEREZO, J. A. [209]
LÓPEZ CUBINO, R. [204]
LOVELOCK, J. [205]
LOVING, C. [67, 206]
LUCAS, A. M. [207]
LUCAS, K. B. [289]
LUKE, J. J. [78]
LUPIÓN, T. [208]
MACEDO, B. [124, 209]
MAIZTEGUI, A. [209]
MANASSERO, M. A. [11, 12, 13, 210, 211, 330]
MARBACH-AD, G. [226]
MARCHESI, A. [212]
MARCO, B. [213]
MARQUES, L. [131, 274]
MARTÍN, C. [214, 276]
MARTÍN, M. [13]
MARTIN DEL POZO, R. [267]
MARTÍNEZ, C. [110]
MARTÍNEZ, J. [123]

MARTÍNEZ LOSADA, C. [262]
MARTINEZ TORREGROSA, J. [59, 60, 79, 122, 124, 125, 126, 209, 215, 247, 248]
MARTINI, M. [4]
MARTINS, I. [51, 322]
MATKINS, J. J. [216]
MATOS, J. [245]
MATSON, J. O. [217]
MATTHEWS, M. R. [218, 219, 220]
MAYER-SMITH, J. [21]
McCLAFFERTY, T. P. [282]
McCOMAS, W. F. [221, 222, 223, 224, 225]
McGINNIS, J. R. [226]
McMANUS, P. [207]
McNALL, R. [216]
MEC [227]
MEDEIROS, A. [228]
MEDWAY, P. [229]
MEICHTRY, Y. [230, 231, 232]
MELOCHE, D. [148]
MENARGUES, A. [215, 248]
MITCHAM, C. [233]
MORAG, O. [319]
MORALES, D. P. [234]
MORENO, A. [123, 209, 235]
MORENTIN, M. [82, 149, 151, 152, 260]
MORRIS, L. [161]
MOSTERÍN, J. [236]
MOYA, A. [57]
MUJICA, E. [149]

NACIONES UNIDAS [237]
NADEAU, R. [238]
NARDI, R. [321]
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES [239]
NEWTON, D. P. [240]
NEWTON, L. D. [240]
NIETO-GALÁN, A. [241]
NIINILUOTO, I. [242]
NOH, T. [177]
NOTT, M. [243]
NUSSBAUM, J. [244]
OGBORN, J. [186, 187]
OLDHAM, V. [80]
OLIVA, J. M. [13, 245]
OLIVEIRA, T. [131]
OLIVER, J. S. [307]
OLSON, J. [225]
OROZCO, A. [246]
OSUNA, L. [247, 248]
OTERO, J. C. [57, 249]
PAIXÃO, M. F. [13, 14, 51, 250, 251, 252, 253, 254, 255]
PARK, H. [200]
PARSON, S. [217]
PEARSON, J. [26]
PEDERSEN, J. E. [338]
PEDRETTI, E. [256, 257]
PEDRINACI, E. [258]
PENICK, J. E. [259]
PÉREZ, C. [260]

PÉREZ, Y. [261]
PÉREZ MALDONADO, M. [262]
PESSOA, A. [123]
PIAGET, J. [263]
POMEROY, D. [264]
POPPER, K. R. [265]
PORLÁN, R. [266, 267, 268]
PRAIA, J. [49, 50, 51, 83, 93, 131, 132, 209, 269, 270, 271, 272, 273, 274]
PRIETO, T. [28, 29, 84, 214, 275, 276, 208]
QUINTANILLA, M. A. [277]
RAMEY-GASSERT, L. [278]
REDONDO, L. [279, 280, 336]
REID, D. J. [281]
RENNIE, L. J. [282]
RIBELLES, M^a. L. [283]
RICE, K. [86, 87]
RIECHMANN, J. [284]
RIEDINGER, K. [226]
RIFKIN, J. [285]
RIVADULLA, J. [110]
RIVERO, A. [267, 268]
ROCARD, M. [286]
RODRÍGUEZ, G. D. [287]
RODRÍGUEZ ALCÁZAR, F. J. [294]
ROMO, G. [215]
ROSENBAUM, W. A. [288]
ROTH, W. M. [289, 290]
ROYCHOUDHURY, A. [290]
RUBA, P. A. [291]

RUEDA, C. [83, 209]
RUEL, F. [77]
RUGGIERI, R. [292]
RUIZ, L. [29]
SALINAS, J. [79, 123, 132]
SALTIEL, E. [293]
SÁNCHEZ, L. [296]
SÁNCHEZ CAZORLA, J. A. [294]
SÁNCHEZ RON, J. M. [277, 295]
SANCHO, J. [297, 298]
SANMARTÍ, N. [172, 299]
SCHARMANN, L. [177]
SCHWARTZ, R. [198]
SCOTT, L. [312]
SCRIVE, M. [300]
SEGARRA, A. [301, 302, 303, 336]
SELLEY, N. J. [304]
SENDRA, F. [59]
SERRAMONA, J. [305]
SHAMOS, M. [306]
SHRIGLEY, R. L. [184]
SIFREDO, C. [124, 127]
SIMMONS, M. L. [339]
SIMPSON, R. D. [307]
SOLBES, J. [308, 309, 310]
SOLOMON, J. [311, 312]
SPARGO, P. E. [173]
SPECTOR, B. [313]
SPERANDEO-MINEO, R. M. [314]

STINNER, A. [315, 316]
STRONG, P. [313]
SUTHERLAND, D. [317]
SUTTON, C. [318]
SYMINGTON, D. [147]
TAL, R. [319]
TAL, T. [320]
TAMIR, A. [72]
TARIN, R. [299]
TARSITANI, C. [292]
TEODORO, S. [321]
THOMAS, G. [207]
THOMAZ, M. F. [322]
TIPPINS, D. J. [323, 324]
TOBIN, K. G. [323, 324]
TOULMIN, S. [325]
TRAVER, M. J. [326]
TRICÁRICO, H. [83, 123, 209]
TRUMPER, R. [79]
TSAI, C-C. [327]
TUCKEY, C. [328]
UNION OF CONCERNED SCIENTISTS [329]
VALBUENA, E. [234]
VALDÉS, P. [79, 83, 94, 123, 124, 127, 132, 209]
VÁZQUEZ, A. [11, 12, 13, 14, 210, 211, 330]
VÁZQUEZ MOLINÍ, A. M. [16]
VERDÚ, R. [59, 247]
VICENTINI, M. [292]
VIENNOT, L. [293]

VILADOT, P. [331]

VILCHES, A. [55, 83, 94, 96, 97, 105, 106, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 145, 209, 280, 283, 298, 302, 303, 308, 309, 310, 332, 333, 334, 335, 336]

VITAL, M. L. [83]

WADE, P. D. [199]

WALKER, K. A. [339]

WALWERG-HENRIKSSON, H. [286]

WANDERSEE, J. H. [5]

WELLINGTON, J. [191, 243, 337]

YAGER, R. E. [259]

YERRICK, R. K. [338]

ZEIDLER, D. L. [339]