

TESIS DOCTORAL

Concepto y dimensiones de la cultura científica

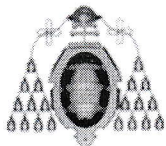
Una revisión crítica de los paradigmas
en Comprensión Pública de la Ciencia

Belén Laspra Pérez



Universidad de Oviedo

Programa de Doctorado: Filosofía: Problemas Filosóficos del Presente



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Vicerrectorado
de Internacionalización y Postgrado



CENTRO INTERNACIONAL
DE POSTGRADO
CAMPUS DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL

AUTORIZACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DE TESIS DOCTORAL

Año Académico: 2015/2016

1.- Datos personales del autor de la Tesis		
Apellidos: LASPRA PEREZ	Nombre: BELEN	
DNI/Pasaporte/NIE: 71640934M	Teléfono: 679240179	Correo electrónico: lasprabelen@uniovi.es

2.- Datos académicos	
Programa de Doctorado cursado: Filosofía: Problemas filosóficos del presente (Mención de Calidad)	
Órgano responsable: FILOSOFIA	
Departamento/Instituto en el que presenta la Tesis Doctoral: FILOSOFIA	
Título definitivo de la Tesis	
Español/Otro idioma: Concepto y dimensiones de la cultura científica. Una revisión crítica de los paradigmas en Comprensión Pública de la Ciencia	Inglés: Concept and dimensions of scientific culture. A critical review of the paradigms of Public Understanding of Science
Rama de conocimiento: ARTE Y HUMANIDADES	

3.- Autorización del Director/es y Tutor de la Tesis	
D/D ^a : LOPEZ CEREZO, JOSE ANTONIO	DNI/Pasaporte/NIE: 21415825L
Departamento/Instituto/Institución: FILOSOFIA	
Autorización del Tutor de la Tesis	
D/D ^a :	DNI/Pasaporte/NIE:
Departamento/Instituto:	

Autoriza la presentación de la tesis doctoral en cumplimiento de lo establecido en el Art. 30.1 del Reglamento de los Estudios de Doctorado, aprobado por el Consejo de Gobierno, en su sesión del día 17 de junio de 2013 (BOPA de 25 de junio de 2013)

Oviedo, 28 de septiembre de 2015

Director de la Tesis

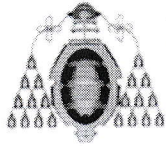


Fdo.: José Antonio López Cerezo

SR. DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE

FILOSOFIA

FOR-MAT-VOA-009-BIS

**RESOLUCIÓN DE PRESENTACIÓN DE TESIS DOCTORAL**

Año Académico: 2015/2016

1.- Datos personales del autor de la Tesis		
Apellidos: LASPRA PEREZ	Nombre: BELEN	
DNI/Pasaporte/NIE: 71640934M	Teléfono: 679240179	Correo electrónico: lasprabelen@uniovi.es

2.- Datos académicos	
Programa de Doctorado cursado: Filosofía: Problemas filosóficos del presente (Mención de Calidad)	
Órgano responsable: FILOSOFIA	
Departamento/Instituto en el que presenta la Tesis Doctoral: FILOSOFIA	
Título definitivo de la Tesis	
Español/Otro Idioma: CONCEPTO Y DIMENSIONES DE LA CULTURA CIENTÍFICA. UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LOS PARADIGMAS EN COMPRESIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA	Inglés: CONCEPT AND DIMENSIONS OF SCIENTIFIC CULTURE. A CRITICAL REVIEW OF THE PARADIGMS OF PUBLIC UNDERSTANDING OF SCIENCE
Rama de conocimiento: ARTE Y HUMANIDADES	
Señale si procede:	
<input type="checkbox"/> Mención Internacional	
<input type="checkbox"/> Idioma de presentación de la Tesis distinto al español	
<input type="checkbox"/> Presentación como compendio de publicaciones	

3.- Autorización del Director del Departamento	
D/D ^a : ARMANDO MENÉNDEZ VISO	DNI/Pasaporte/NIE: 9427891F
Departamento/Instituto: FILOSOFIA	

Resolución

El Departamento FILOSOFIA en su reunión de fecha 19 de Octubre de 2015, acordó la presentación de la tesis doctoral a la Comisión de Doctorado, previa comprobación de que la tesis presentada y la documentación que la acompaña cumplen con la normativa vigente, según lo establecido en el Art. 30.7 del Reglamento de los Estudios de Doctorado, aprobado por el Consejo de Gobierno, en su sesión del día 17 de junio de 2013 (BOPA de 25 de junio de 2013).

Además, informa:

	Favorable	Desfavorable
Mención Internacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Idioma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presentación como compendio de publicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Vicerrectorado
de Internacionalización y Postgrado



Justificación

Oviedo, 19 de octubre de 2015

Director del Departamento de FILOSOFIA



Fdo.: Armando Menéndez Viso

Contra la presente resolución podrá interponer recurso de alzada ante el Excmo. Sr. Rector Magfco. de esta Universidad en el plazo de un mes a contar desde el siguiente a la recepción de la presente resolución, de acuerdo con lo previsto en el artículo 114 de la Ley 30/92, de 26 de noviembre, del Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y Procedimiento Administrativo Común (B.O.E. de 27 de noviembre), modificada por la Ley 4/1999, de 13 de enero (B.O.E. de 14 de enero)

SRA. PRESIDENTA DEL CENTRO INTERNACIONAL DE POSTGRADO

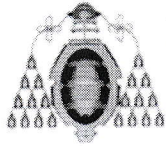


RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: Concepto y dimensiones de la cultura científica. Una revisión crítica de los paradigmas en Comprensión Pública de la Ciencia	Inglés: Concept and dimensions of scientific culture. A critical review of the paradigms of Public Understanding of Science
2.- Autor	
Nombre: BELEN LASPRA PEREZ	DNI/Pasaporte/NIE: 71640934M
Programa de Doctorado: Filosofía: Problemas filosóficos del presente (Mención de Calidad)	
Órgano responsable: FILOSOFIA	

RESUMEN (en español)

El propósito de este trabajo es, en primer lugar, avanzar hacia una concepción de la cultura científica que sea afín a los objetivos del engagement; en segundo lugar, sugerir indicadores para medir los procesos de enculturación científica y, en tercer lugar, reivindicar los museos y centros de ciencia como espacios potenciales para la promoción de la cultura científica. En el primer capítulo se revisa el marco al que se adscribe este trabajo, el de los Estudios Sociales de la Ciencia, prestando especial atención a los campos más relevantes para el desarrollo de la investigación: la enseñanza de la ciencia, la comunicación de la ciencia y la política científica. Por constituir un antecedente de la cultura científica, en el segundo capítulo se revisan el concepto de alfabetización científica, desde sus orígenes hasta la institucionalización del campo "Public Understanding of Science". Así, en el tercer capítulo se avanza de la "alfabetización científica" hacia la "comprensión pública" y se llega al paradigma "ciencia en sociedad" a través de la revisión del modelo de déficit y su influencia en la enseñanza de la ciencia, en la comunicación de la ciencia y en la política científica, haciendo hincapié en las intersecciones de estos campos con los museos y centros de ciencia. El cuarto capítulo está dedicado íntegramente a explicitar los puntos de encuentro entre la los museos y centros de ciencia y la cultura científica, centrándose en las funciones educativa y comunicativa, y explorando una potencial función política en ellos. En el quinto capítulo se abordan las medidas de la cultura científica desarrolladas por distintos autores, la revisión se ha centrado en el análisis de los índices e indicadores que se han construido a nivel individual para la cultura científica y no en los resultados de los estudios demoscópicos. Completa este capítulo un análisis minucioso de una pregunta que la mayoría de las encuestas de comprensión pública de la ciencia suelen incorporar, concretamente la pregunta sobre la frecuencia de visitas a los museos de ciencia. Sobre la base del trabajo previo y la bibliografía revisada, en el último capítulo se ofrece una reconstrucción del concepto de cultura científica como un concepto en el que intervienen tres dimensiones: epistémica, actitudinal-valorativa y comportamental, describiéndose los elementos más relevantes para cada una de ellas. Finalmente se reivindica, como objetivo de la promoción de la enculturación científica de los individuos, el fomento de la crítica culta. Frente a una actitud de consentimiento acrítico, esta actitud crítica puede contribuir a una mejor toma de decisiones por parte de los ciudadanos en temas que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología en las sociedades democráticas actuales; se presentan algunos indicadores para medir esta cultura científica y se reivindican los museos y centros de ciencia como espacios propicios para su promoción.

**RESOLUCIÓN DE PRESENTACIÓN DE TESIS DOCTORAL**

Año Académico: 2015/2016

1.- Datos personales del autor de la Tesis		
Apellidos: LASPRA PEREZ	Nombre: BELEN	
DNI/Pasaporte/NIE: 71640934M	Teléfono: 679240179	Correo electrónico: lasprabelen@uniovi.es

2.- Datos académicos	
Programa de Doctorado cursado: Filosofía: Problemas filosóficos del presente (Mención de Calidad)	
Órgano responsable: FILOSOFIA	
Departamento/Instituto en el que presenta la Tesis Doctoral: FILOSOFIA	
Título definitivo de la Tesis	
Español/Otro Idioma: CONCEPTO Y DIMENSIONES DE LA CULTURA CIENTÍFICA. UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LOS PARADIGMAS EN COMPRESIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA	Inglés: CONCEPT AND DIMENSIONS OF SCIENTIFIC CULTURE. A CRITICAL REVIEW OF THE PARADIGMS OF PUBLIC UNDERSTANDING OF SCIENCE
Rama de conocimiento: ARTE Y HUMANIDADES	
Señale si procede:	
<input type="checkbox"/> Mención Internacional	
<input type="checkbox"/> Idioma de presentación de la Tesis distinto al español	
<input type="checkbox"/> Presentación como compendio de publicaciones	

3.- Autorización del Director del Departamento	
D/Dª: ARMANDO MENÉNDEZ VISO	DNI/Pasaporte/NIE: 9427891F
Departamento/Instituto: FILOSOFIA	

Resolución

El Departamento FILOSOFIA en su reunión de fecha 19 de Octubre de 2015, acordó la presentación de la tesis doctoral a la Comisión de Doctorado, previa comprobación de que la tesis presentada y la documentación que la acompaña cumplen con la normativa vigente, según lo establecido en el Art. 30.7 del Reglamento de los Estudios de Doctorado, aprobado por el Consejo de Gobierno, en su sesión del día 17 de junio de 2013 (BOPA de 25 de junio de 2013).

Además, informa:

	Favorable	Desfavorable
Mención Internacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Idioma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Presentación como compendio de publicaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Índice

Índice de figuras	7
Agradecimientos	15
Presentación.....	19
Capítulo 1: Estado del arte en los Estudios Sociales de la Ciencia	27
Introducción	27
1.1. Los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad	28
1.2. <i>Little Science</i>	30
1.3. Las huellas del positivismo lógico	32
i) Enseñanza de la ciencia.....	33
ii) Comunicación de la ciencia	37
iii) Política científica	41
1.4. <i>Big Science</i>	44
i) El malestar por la ciencia	47
1.5. La tradición académica y la tradición activista.....	50
Conclusiones	54
Capítulo 2: Alfabetización científica	59
Introducción	59
2.1. La antesala de la alfabetización científica	60
2.2. El informe <i>The Public Impact of Science in the Media</i>	63
2.3. El problema de la nomenclatura	69
2.4. La conceptualización de la <i>alfabetización en ciencia</i>	71
i) Las definiciones de Milton O. Pella, Goerge T. O’Hearn y Calvin W. Gale	72
ii) La definición de Lawrence L. Gabel.....	72
iii) Las definiciones de Rodge W. Bybee y Morris Shamos.....	75
2.5. La conceptualización de la <i>alfabetización científica</i>	77
i) La definición de Benjamin S. P. Shen	78
ii) La definición de Geoffrey P. Thomas y John R. Durant	81
iii) La definición de Jon D. Miller	84
2.6. El Project 2061	90
2.7. La encuesta conjunta de John Durant y Jon D. Miller	94

2.8. ¿Cuál es el nivel mínimo de alfabetización científica?	101
Conclusiones	103
Capítulo 3: Comprensión pública de la ciencia	109
Introducción	109
3.1. La antesala de la comprensión pública de la ciencia	110
3.2. El déficit cognitivo	114
3.3. Los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia	121
3.4. El informe <i>Public Understanding of Science</i>	124
3.5. El informe <i>Science and Society</i>	128
3.6. La relación entre los museos de ciencia y el déficit	131
i) Museos y centros de ciencia de alfabetización científica	131
ii) Museos y centros de ciencia de comunicación de la ciencia	134
iii) Museos y centros de ciencia de participación de la ciencia	137
Conclusiones	139
Capítulo 4: Museos y centros de ciencia	143
Introducción	143
4.1. International Council of Museums (ICOM)	144
i) La clasificación del ICOM y propuestas alternativas	147
4.2. La antesala de los museos y centros de ciencia	151
4.3. De los museos de ciencia a los centros de ciencia	153
4.4. Los museos y centros de ciencia en España	159
4.5. La distancia entre los museos y los centros de ciencia	163
4.6. Los museos y centros de ciencia en la cultura científica	165
i) Alfabetización científica en los museos y centros de ciencia	168
ii) Comunicación de la ciencia en los museos y centros de ciencia	172
iii) Participación pública en los museos y centros de ciencia	177
Conclusiones	184
Capítulo 5: Midiendo la cultura científica	187
Introducción	187
5.1. Estudios de comprensión pública de la ciencia y homólogos	188
i) Los <i>Science and Engineering Indicators</i> de la National Science Foundation	190
ii) Los Eurobarómetros de la Comisión Europea	192
5.2. Otros estudios internacionales	200
i) <i>Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos</i>	200
ii) <i>Manual de Antigua</i>	201
iii) <i>Estudio Internacional de Cultura Científica</i> de la Fundación BBVA	203

5.3.	Los estudios de la FECYT	206
5.4.	Medidas de cultura científica	211
i)	El indicador de cultura científica de Martin W. Bauer	211
ii)	El índice de cultura de la ciencia de Martin W. Bauer	212
iii)	Índice de cercanía a la ciencia de la Fundación BBVA.....	215
iv)	La medida de distancia cultural de Gauhar Raza y Surfit Singh	217
v)	La actitud global hacia la ciencia de Miguel Ángel Quintanilla y Modesto Escobar .	218
vi)	La escalera de la cultura científica de Montaña Cámara Hurtado y José Antonio López Cerezo.....	230
vii)	La conciencia científica de Ana Muñoz van den Eynde.....	239
5.6.	Índices de cultura científica a nivel institucional-social	246
i)	La propuesta de Benoît Godin y Yves Gingras.....	247
ii)	La espiral de la cultura científica de Carlos Vogt.....	253
5.7.	Los museos de ciencia en la comprensión pública de la ciencia.....	258
i)	Los museos como indicadores de interés	259
ii)	La confianza en los museos de ciencia como fuentes de información	270
	Conclusiones	276
	Capítulo 6: Una cultura científica para el engagement.....	283
	Introducción	283
6.1.	El informe <i>Public Engagement in Science</i>	284
6.2.	Una cultura científica para el engagement	288
6.3.	Pero, ¿qué cultura científica?.....	292
6.4.	Líneas maestras para una definición de la cultura científica	295
6.5.	Cultura científica como fenómeno.....	296
i)	La dimensión epistémica	299
ii)	La dimensión actitudinal-valorativa	302
iii)	La dimensión comportamental	304
6.6.	Procesos de enculturación científica.....	308
6.7.	El papel de la información y las actitudes en la enculturación científica.....	314
i)	Efectos sobre la dimensión epistémica	319
ii)	Efectos sobre la dimensión actitudinal-valorativa	320
iii)	Efectos sobre la dimensión comportamental	321
	Conclusiones	322
	Conclusiones finales.....	329
	Referencias.....	346

Índice de figuras

Figura 1. Modelo general de comunicación de Shannon.....	38
Figura 2. Modelos de comunicación de la ciencia.....	39
Figura 3. Representación del modelo lineal de desarrollo.	42
Figura 4. Fotografía de uno de los paneles que conforman la exposición “Experimentación” ..	44
Figura 5. Relación de las secciones presentes en los <i>Handbooks</i> de los Estudios Sociales de la Ciencia.....	53
Figura 6. Concepción de la relación entre la ciencia y sociedad.....	54
Figura 7. Tres modelos de la ciencia y la cultura.....	55
Figura 8. Componentes de la matriz bidimensional de Lawrence Gabel.....	74
Figura 9. Dimensiones de la alfabetización científica según Lawrence Gabel.	74
Figura 10. Resumen de contenidos del <i>Science for All Americans</i> (12 capítulos).....	93
Figura 11. Medidas de la comprensión de estudiar algo científicamente.	97
Figura 12. Medidas de la comprensión de los constructos científicos.	98
Figura 13. Esquema del cambio en el contenido de SL y PUS.....	111
Figura 14. Paradigmas de la comprensión pública de la ciencia.....	121
Figura 15. Alfabetización científica cívica, 1988-2008.	141
Figura 16. El ICOM tiene presencia en 86 países (en rojo).	145
Figura 17. Subcategorías de los Museos de Ciencia y de las Técnicas y de los Museos de Historia Natural en general.....	148
Figura 18. Cronología de los principales museos de ciencia.	154
Figura 19. Cronología de los centros de ciencia más relevantes.	159
Figura 20. Propuesta de un museo de ciencia y técnica para España.....	161
Figura 21. Cronología de los principales museos y centros de ciencia españoles.	162
Figura 22. Características de los museos y centros de ciencia.....	165
Figura 23. Modelo en espiral para la exploración de la ciencia en los museos de ciencia a través del juego y el aprendizaje.	171
Figura 24. El modelo de Shannon aplicado a los museos y centros de ciencia.....	173
Figura 25. Características principales de la comunicación de la ciencia 1.0 y 2.0.	177
Figura 26. Obstáculos que dificultan la inclusión de la participación pública en la toma de decisiones a nivel estructural en los museos y centros de ciencia.	182
Figura 27. Portada del Eurobarómetro de 1977.	194
Figura 28. Portada del Eurobarómetro de 1979.	195
Figura 29. Países participantes y cifras totales de encuestados en los Eurobarómetros.	198
Figura 30. Análisis de comparabilidad de las preguntas de investigación de los cuestionarios de los cuestionarios de la FECYT series bienales 2002 -2014. (En gris aquellas que su comparación no puede realizarse sin que haya una pérdida de información notablemente significativa)...	209
Figura 31. Análisis de comparabilidad de las preguntas de clasificación de los cuestionarios de los cuestionarios de la FECYT series bienales 2002 -2014. (En gris aquellas que su comparación no puede realizarse sin que haya una pérdida de información notablemente significativa)...	210
Figura 32. Indicadores objetivos y subjetivos del SCI.	214
Figura 33. Preguntas utilizadas para la construcción de las escalas que conforman el AGC....	222
Figura 34. Escala de interés del AGC.	222
Figura 35. Escala de información del AGC.....	223
Figura 36. Escala de valoración del AGC.	223
Figura 37. Preguntas de referencia para el CEO / CEV.....	228

Figura 38. Interés en la escalera de la cultura científica.....	234
Figura 39. Relevancia atribuída a la ciencia y la tecnología en la escalera de la cultura científica.	235
Figura 40. Inclínación a hacer uso de la ciencia y la tecnología en la escalera de la cultura científica.	236
Figura 41. Disposición a la participación en la escalera de la cultura científica.	237
Figura 42. La dimensión social de la cultura científica.....	250
Figura 43. Dimensiones de la cultura de la ciencia y sus indicadores.....	252
Figura 44. La espiral de la cultura científica.	256
Figura 45. Ejemplos de indicadores de la espiral de la cultura científica.....	257
Figura 46. Ítems incluidos en las preguntas de los Eurobarómetros sobre la frecuencia de visitas.....	262
Figura 47. Porcentaje de personas que afirmó haber visitado un museo de ciencia o un museo de tecnología en los últimos 12 meses.	263
Figura 48. Porcentaje de encuestados por país que en los últimos 12 meses ha visitado, al menos una vez, un Museo de Ciencia y Tecnología.....	264
Figura 49. Porcentaje de encuestados que afirmaron haber visitado en los últimos 12 meses un museo de ciencia y técnica / zoos y acuarios. Periodo 1990 – 2005.	265
Figura 50. Visitas presencial a museos de ciencia / visitas virtuales.....	266
Figura 51. Porcentaje de encuestados que afirmaron en los últimos 12 meses haber visitado un museo de ciencia y tecnología / zoos y acuarios en España. Periodo 2002 – 2012.....	266
Figura 52. Frecuencia de visitas a museos de ciencia y tecnología / museos de historia natural o ciencias naturales en España. Periodo 2000 – 2012.	267
Figura 53. Número de museos de ciencia y tecnología / museos de ciencias naturales o historia natural por comunidad autónoma y año (se han excluido las comunidades que no tienen ningún museo de estos dos tipos).....	269
Figura 54. De entre los siguientes medios de información me gustaría que señalara los dos que más confianza le inspiran a la hora de mantenerse informado sobre Ciencia y Tecnología (% menciones).	271
Figura 55. Ahora me gustaría que me dijera, para cada una de las instituciones que voy a mencionarle, si, en este momento, le inspira o no confianza a la hora de tratar cuestiones relacionadas con la ciencia o la tecnología (Puntuaciones medias en una escala de 1 a 5).	272
Figura 56. Comparación de cifras de visitantes de museos de ciencia y lectores de revistas de divulgación científica. Periodo 2000-2012.	274
Figura 57. Comparación de cifras de visitantes de museos de ciencia y audiencia de canales de divulgación científica. Periodo 2000-2012.	275
Figura 58: Modelo estadístico para PUS.	280
Figura 59. La estructura de las revoluciones científicas propuesto por Kuhn.	291
Figura 60. Paradigmas de la cultura científica.	298
Figura 61. Modelo combinado de la Teoría de la Acción Razonada (TAR) y la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP).....	309
Figura 62. Efecto total de las variables seleccionadas sobre la alfabetización científica cívica.	315
Figura 63. Efectos de incidir en las dimensiones y ejemplos.	322
Figura 64. Dimensiones de la cultura científica.	324
Figura 65. Indicadores para medir las dimensiones de la cultura científica.	324
Figura 66. Cuatro paradigmas de la comprensión pública de la ciencia.	335

Agradecimientos

En la portada de esta Tesis figura la Universidad de Oviedo. Es una Institución en la que entré por primera vez hace unos 15 años, y hasta la fecha nunca he podido salir del todo –lamentaría mucho tener que hacerlo, es la relación más larga que he tenido nunca–. En ella he habitado, primero como estudiante de lo que entonces se llamaba “Licenciatura de Filosofía”, ahora “Grado”. Después como estudiante del “Master en Estudios Sociales de la Ciencia” y también en el “Doctorado Problemas Filosóficos del Presente”, y en algún momento entre estos dos programas –ya extintos–, también fui becaria Predoctoral en la Universidad de Tampere (Finlandia). Posteriormente, gracias a la Beca Predoctoral Severo Ochoa de la FICYT, entré como investigadora en la Facultad de Filosofía –ahora el Departamento de Filosofía–, y desde entonces, con matices, así me he quedado.

Visto con retrospectiva la actual Universidad de Oviedo poco tiene que ver con la Institución en la que yo entré; pero hay algo que sí ha perdurado en mi memoria: todas las cosas que aprendí en sus aulas, sobre Lógica y Filosofía de la Ciencia, sobre Filosofía Moral, sobre Estética y Teoría de las Artes y, en definitiva, sobre Filosofía, asimismo forman parte de mis recuerdos todos aquellos y aquellas que me las enseñaron –o lo intentaron. Con los años he tenido la oportunidad de descubrir a quienes estaban detrás de la mesa del profesor (en orden alfabético y según figuran en mi cabeza): Alfonso, Alvargonzalez, Amelia, Armando, Asunción, Carmen, Cipriano, Elena Ronzón, Escudero, Eva, Gustavo Bueno, Hidalgo, Javier, Luis Xavier, Marta, Manuel, Marqueze, Méndez, Modesto, Valdés, Velarde, Vicente y Vidal Peña, Roger y. Hay, en el Departamento, dos mujeres que siempre se han portado bien conmigo y que no quiero dejar de mencionar: Elena y Edelmira.

Algunas de estas personas, por motivos diversos, ya no forman parte del Departamento de Filosofía, pero a todas les estoy agradecida porque me ayudaron a ubicar los cimientos de la investigadora que soy ahora.

Mis agradecimientos se extienden también a los miembros del Grupo CTS. Especialmente a aquellos con los que más estrechamente he trabajado, y que aún no he mencionado. A Javier, Santiago, Guillermo y Cristina, que desde el principio me acogisteis con calidez. A la increíble, pero cierta, Montaña. A Emi y María, y Ana, eres un referente personal y profesional. A Emilio, el *handbook* en política científica más intrépido, amable y comprensible que conozco. Finalmente, a Ernesto, y aunque estrictamente no pertenece al Grupo, a Toscano –espero que nada estalle al poner vuestros nombres tan cerca.

Irene, Noemí, Myriam. Sois mis hermanas académicas. Casi puedo ver el testigo que ha ido pasando de unas a otras. Myri, aunque estés lejos tu presencia no ha dejado de sentirse. Carmelo, la tuya tampoco. Noe, gracias por decirme las palabras mágicas, lo añadido a la lista de deudas que he contraído contigo a lo largo de estos años en lo personal y en lo profesional. Ire, no sé exactamente dónde acabas tú y empiezo yo y espero no tener que saberlo nunca. Soy una privilegiada por teneros como amigas.

No quiero que se me queden en el teclado los nombres de Tamara, Iván, Cova y Rubi. También forman parte de mí y de esta Tesis de maneras muy diversas.

José Antonio López Cerezo. Director de esta Tesis. Has echado por tierra mi horizonte de las estrellas fijas, varias veces, pero me has ayudado a reconstruirlo, y me gustaría pensar que en el proceso he ido creciendo como investigadora, aunque no sea yo la más apropiada para juzgar eso. Has depositado en mí una confianza que personalmente calificaría de temeraria. Espero, con esta Tesis, corresponder a esa confianza y al apoyo constante que me has dado.

Todas las Tesis incluyen el apartado de “Agradecimientos” y yo siempre he pensado que “Disculpas” sería un título más adecuado para este epígrafe, especialmente cuando se trata de los que han vivido el proceso de hacer una Tesis desde fuera del ámbito académico. Aquellos que han sido testigos de cambios de humor, ataques de pánico, euforia, ensimismamiento y todos esos altibajos propios de un proceso doctoral. Lo siento, lo siento mucho.

Mi madre, mi padre. Gracias por todos los años de dedicación y cariño, por apoyarme, y por reñirme, cuando lo necesitaba y cuando no lo necesitaba. Haber llegado hasta aquí es también un logro vuestro. Marta, si algún día tienes la humorada de leer esta Tesis, hallarás rastros de tu influencia en ella.

Belén, Marta y Margarita. Mis hijas. Han sufrido directamente los efectos de realizar una Tesis, el no estar ahí, incluso ahora que redacto estas palabras para ellas. Sois mi anclaje con lo real, con lo verdaderamente importante, con la felicidad. Y claro, Juan. Siempre el primero en mi corazón y demasiadas veces el último en mi cabeza. Nada de esto tendría sentido si no pudiera compartirlo contigo. Gracias.

Gracias, a todos. Ha sido extraordinariamente divertido.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Belén', with a long horizontal flourish extending to the right. The signature is centered on the page.

Este trabajo no hubiera podido realizarse sin la Ayuda Predoctoral Severo Ochoa del Plan de Ciencia y Tecnología 2006-2009 de la FICYT, al Proyecto “Concepto y Dimensiones de la Cultura Científica” (FFI 2008-06054/FISO), al Proyecto “Políticas de la Cultura Científica” (FFI 2011-24582), Proyecto “Concepto y Dimensiones de la Cultura del Riesgo” (FFI 2014-58269) al Grupo de Estudios CTS (FC-15-GRUPIN14-128), al proyecto “Conciencia Científica: traducción de la percepción en acción” (FCT-13-6532) y al Convenio Específico de Desarrollo OU-OEI (SV-14-OEI-1).

Presentación

El punto de llegada de este trabajo es una concepción concreta de la cultura científica en la que se incorpora la dimensión comportamental a las dimensiones que tradicionalmente han servido para definir este fenómeno, a saber, la dimensión epistémica y la actitudinal-valorativa. Acorde con esta visión de la cultura científica se abordan los procesos de enculturación científica que se desencadenan en el individuo como resultado de la adquisición de nueva información científica y de la modulación de las actitudes. Los museos y los centros de ciencia, por sus características, se reivindicarán como espacios naturales tanto para la promoción del fenómeno de la cultura científica como facilitadores para la puesta en marcha del proceso de enculturación científica.

Como se puede ver en el índice, este trabajo se ha estructurado en seis capítulos. Se han dispuesto de tal modo que cada uno se construye sobre el anterior, siendo el sexto el punto donde todos los capítulos convergen. Al mismo tiempo, se ha procurado que cada sección sea autocontenida, guardando cada una cierta autonomía del resto para hacer posible una lectura en un orden distinto al que se propone. El texto, desde el primer hasta el último capítulo transita por los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia que fueron propuestos por Martin W. Bauer, Nick Allum y Steve Miller (2007) en el artículo, de alto impacto en el campo *Public Understanding of Science*, titulado “What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda”. Son el de la alfabetización científica (*science literacy*), el de la comprensión pública (*public understanding*) y el de ciencia y sociedad (*science and society*).

Los tres paradigmas que presentan Bauer, Allum y Miller (2007) se refieren a la comprensión pública de la ciencia y, en este trabajo, el análisis se centra en la cultura científica, por lo tanto, aunque la propuesta de los autores proporciona una ruta inicial, es un hilo conductor que se abandona a lo largo del trabajo para seguir una esquema que parece ser más adecuado al análisis de la cultura científica. El itinerario, por tanto, será más bien: alfabetización en ciencia, alfabetización científica, comprensión pública (entendida como el nivel de alfabetización científica en conjunción con ciertas actitudes sociales hacia la ciencia) y cultura científica.

En el capítulo 1 se revisa, de forma panorámica, el marco teórico que proporciona el campo de los Estudios Sociales de la Ciencia. Su inmensidad actual hace impracticable una revisión minuciosa de su desarrollo, y tampoco es un objetivo de este trabajo. El estudio de la cultura científica no posee un campo específico que le sea propio, es un objeto de reflexión que se ha abordado desde distintas perspectivas, una preocupación compartida, una palabra clave, una *key word*, que suele ir acompañada de otras tres o cuatro en los artículos académicos. Por lo tanto el foco se pondrá sobre aquellos campos en los que la reflexión sobre la cultura científica constituye algo más que un asunto tangencial, los campos: *Public Understanding of Science*, *Science Communication Research* y *Research in Science Education*.

El concepto de alfabetización científica constituye un antecedente del de cultura científica, y por eso su análisis es especialmente pertinente, pero la cultura científica, tal y como se presenta en este trabajo, no se desarrolla a partir de la alfabetización científica, sino que se construye sobre su crítica. En el capítulo 2 se analizan distintas aproximaciones al concepto de alfabetización científica, así como los primeros indicadores que se construyeron para medir el nivel de alfabetización científica de la población. De la revisión bibliográfica se extrae la distinción antes mencionada entre “alfabetización científica” y “alfabetización en ciencia”. Realizar esta diferenciación facilitará hacer explícitos algunos de los problemas y constricciones de la comprensión pública y de las medidas que se han desarrollado y utilizado en este paradigma. Más aún, la distancia entre un término y otro parece haber provocado desajustes que pueden rastrearse también en el *engagement*. El término “engagement” no siempre aparece traducido en los textos en español, optándose por la voz inglesa. Suele utilizarse “compromiso” cuando se traduce, aunque no es la única opción, tal y como se explicita al final de esta presentación.

El capítulo 3 gira en torno al modelo de déficit, también de relevancia especial en este trabajo. En la caracterización de Bauer, Allum y Miller (2007) cada paradigma se asocia con un déficit concreto, distinguiéndose así tres tipos: cognitivo, actitudinal y de confianza. Dentro del marco de los Estudios Sociales de la Ciencia, el modelo de déficit ha sido el reflejo de una cierta comprensión de la relación entre la ciencia y la sociedad en la que la distancia entre el público y la comunidad científica remite a una carencia por parte de la sociedad bien de conocimientos científicos, bien de una actitud de respaldo hacia la ciencia o bien de confianza hacia las instituciones científicas. En la descripción de Bauer, Allum y Miller (2007), no tiene lugar la sustitución de un paradigma por otro y, por ende, tampoco la de un déficit por otro, de modo que la carencia del público puede ser multidimensional, siendo de conocimientos y/o de actitudes y/o de confianza. Serán precisamente las críticas a este modelo los cimientos de lo que será un modo más amplio de concebir la alfabetización científica que conllevará el cambio de paradigma y el abandono del rótulo “alfabetización científica” en favor de “comprensión pública”. En este capítulo se examinan los paradigmas en su relación con el déficit, así como los documentos que les han dado nombre, específicamente: el informe *Public Understanding of Science* (Royal Society, 1985) y el informe *Science and Society* (House of Lords, 2000); finalmente se analiza el papel que los museos y centros de ciencia han desempeñado en las estrategias propuestas en dichos documentos, concretamente en el incremento del nivel de la alfabetización científica, en el fortalecimiento de la comunicación pública de la ciencia y en el fomento de la participación social.

A ellos, a los museos y centros de ciencia, se les ha dedicado el capítulo 4. Con este capítulo se intenta contribuir a paliar la insuficiente atención que los Estudios Sociales de la Ciencia han dedicado a estos espacios. Dado que la museología no es una disciplina que suele incluirse dentro del radio de acción de estos campo de trabajo, se hace pertinente realizar una breve panorámica del desarrollo histórico de los museos y centros de ciencia. En ella se atiende específicamente a los puntos en los que la cultura científica y estas entidades convergen. Existen influencias mutuas entre los museos y centros de ciencia y el campo de la Comprensión Pública de la Ciencia. En el capítulo anterior el foco se situaba en las estrategias relacionadas con la comprensión pública, este se focaliza en los museos y centros de ciencia. Por ello se atiende a los problemas y desafíos que estas entidades afrontan de cara a la alfabetización, a la comprensión y a la participación. Como se mostrará, su papel mediador entre la comunidad científica y el público, así como sus características específicas hacen

de ellos espacios muy propicios para fomentar un tipo de cultura científica afín a los objetivos del *engagement*.

El análisis de alfabetización científica podía realizarse atendiendo a las propuestas teóricas por un lado y a las definiciones operativas que se utilizaron para medirla, tal y como se hace en el capítulo 2. En el análisis de la cultura científica este enfoque no es posible porque las definiciones de la cultura científica se construyen en el contexto de los indicadores de percepción social de la ciencia, por ello, en los rótulos de los epígrafes se hace referencia a las medidas y los indicadores de cultura científica más que a las definiciones. El capítulo 5 recoge y revisa diversas definiciones de cultura científica que están funcionando en la actualidad, tal y como muestra su inclusión en recientes estudios de comprensión pública, entre ellos, el *Estudio Internacional de Cultura Científica* del la Fundación BBVA (2012), la *Encuesta Iberoamericana en Grandes Núcleos Urbanos* realizada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) en 2009; las encuestas de percepción social de ciencia en España realizadas bienalmente por la FECYT desde 2002 o la encuesta *Percepción, Interés, Comprensión y Actitud* (PICA) dirigida por A. Muñoz van den Eynde y realizada en 2014. También se han considerado los indicadores que utiliza la National Science Foundation de Estados Unidos y la Comisión Europea, pues fueron ellos los pioneros en el desarrollo de las medidas de la percepción social de la ciencia. El objetivo de este capítulo es el análisis de cómo se ha venido midiendo la cultura científica, y por ello no se atiende a los resultados de los estudios sino a la propia construcción de los índices e indicadores y a los principios y presupuestos que los sustentan. En la última parte del capítulo se atiende al rol que los museos y centros de ciencia han tenido en la construcción de esos indicadores. En este caso sí se han incluido algunos resultados que responden a la intención de mostrar la complejidad de una pregunta aparentemente aproblemática como es “¿ha visitado un museo de ciencia y tecnología en el último año?”.

La literatura especializada parece segregarse en estudios que, situándose en el paradigma del *engagement*, continúan anclados en el de la comprensión pública; y estudios que, viendo en el *engagement* un intento fallido de superar las limitaciones del paradigma anterior, proponen un giro radical en el modo de pensar la ciencia y la sociedad en el que se concibe la relación entre ellas de un modo dialógico y no deficitario. La cultura científica no es ajena a una cierta imagen de la ciencia y de la tecnología. Hasta la década de los 70 dicha imagen

respondía a lo que Hilary Putnam (1962) denominó “la concepción heredada de la ciencia”¹, pero en la actualidad, la imagen parece acercarse más a lo que Silvio Funtowicz y Jerome Ravetz (1993) han denominado “ciencia postnormal”. Es razonable pensar que si la ciencia es otra, la cultura científica también debería ser otra.

En cierto modo, el capítulo 6 marca un punto de no retorno. En él se propone el abandono de una imagen de la cultura científica, anclada en una actitud positiva y de apoyo hacia la ciencia, en favor de una imagen de la cultura científica definida como una actitud crítica y culta. La enculturación científica estará más próxima a una destreza o habilidad para desenvolverse en un entorno en el que la ciencia y la tecnología son socialmente relevantes que a estar en posesión de un determinado cuerpo de conocimientos científicos y mantener una cierta actitud de compromiso con la ciencia. En el concepto de cultura científica que se presenta en este trabajo la sociedad está conformada por individuos entendidos como sujetos situados que operan en contextos de incertidumbre y riesgo, sean conscientes o no de ello. En este sentido los elementos clave de la enculturación científica serán la predisposición a hacer uso de información científica, la capacidad de reestructurar el sistema de creencias previo y la modulación consecuente de actitudes y disposiciones comportamentales. En el concepto de cultura científica que se presenta en este trabajo la ciencia se contempla como una construcción, y para que el diálogo entre la comunidad científica y la sociedad tenga lugar será necesario habilitar canales que permitan incorporar la crítica culta en la toma de decisiones en asuntos que involucran aspectos de ciencia y tecnología e incluso en la propia estructura del sistema científico-tecnológico; la torre de marfil (Ziman, 1998) ha de abrir sus puertas.

¹ Putnam, en su artículo “Why theories are not” criticaba lo que denominó la “concepción heredada” (*received view*) en el papel de las teorías: “que las teorías deben entenderse como ‘cálculos parcialmente interpretados’ en los que sólo los ‘términos observacionales’ están ‘directamente interpretados’”. Putnam, 1962. Edición en español de 2005: 312). Fue Frederick Suppe quien dio difusión al término a través del volumen *The structure of scientific theories*. En él señala que “A partir de los años 20 se convirtió en un lugar común para los filósofos de la ciencia el construir teorías científicas como cálculos axiomáticos a los que se da una interpretación observacional parcial por medio de reglas de correspondencia. De este análisis, designado comúnmente con la expresión: La Concepción Heredada de las Teorías se han ocupado ampliamente los filósofos de la ciencia al tratar otros problemas de filosofía de la ciencia” (Suppe, 1977. Edición en español de 1979: 16). En la actualidad el término se utiliza para designar, más que al modo de concebir las teorías, a la imagen de la ciencia derivada de dicha concepción.

Los museos y centros de ciencia pueden constituirse como espacios clave para fomentar una crítica culta ya que tienen capacidad para integrar estrategias formativas, de comunicación y de participación, posibilidad de abordar en sus instalaciones cuestiones que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología y potencial para llegar a amplios y heterogéneos públicos. Pueden auspiciar actividades inspiradas en mecanismos de la democracia participativa, como las consultas ciudadanas o los debates de consenso, mediante los cuales poner en práctica la toma de decisiones. Como se sugerirá, pueden incluso ir un paso más allá e incorporar la voz social en la selección y el diseño de exposiciones, en su propia estructura organizativa.

El objetivo último es, en definitiva, avanzar hacia una definición de cultura científica que sea acorde con los fines del *engagement*, que pueda medirse y que pueda promoverse. Los estudios actuales de percepción social de la ciencia aspiran a monitorizar las actitudes sociales hacia la ciencia. En gran medida, son utilizados como herramientas para orientar las políticas científicas ya que la información que arrojan permite intuir la reacción social ante, por ejemplo, invertir recursos en una dirección u otra. Pero en estos estudios existe una importante distancia entre aquello que se quiere medir y lo que realmente se mide, y un instrumento mal calibrado difícilmente podrá ofrecer un diagnóstico útil. La efectividad de las estrategias de promoción de la cultura científica dependerá de nuestra capacidad para identificar la naturaleza de los desajustes entre la ciencia y la sociedad. Por ello, reconocer la dependencia de los indicadores es un punto de paso en la concepción de la cultura científica, aunque, en este trabajo, la medición se entiende en sentido amplio, incluyendo estimaciones cualitativas rigurosas y no únicamente el uso de escalas proporcionales.

La reflexión sobre la cultura científica se ha realizado en y desde la perspectiva de los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad –como se señala en el capítulo 1, no son rótulos estrictamente intercambiables–. Utilizar el marco proporcionado por este campo de trabajo va más allá de fundamentar este trabajo en los autores y en la bibliografía que componen este campo, la perspectiva crítica y la interdisciplinariedad son algunas de sus atributos, y han actuado como principios guía en este trabajo. La investigación que se extiende a lo largo de estas páginas se realiza desde una perspectiva interdisciplinar. Si bien el área de conocimiento de la que se parte es la filosofía de la ciencia, en este trabajo intersectan diferentes campos de los Estudios Sociales de la Ciencia, principalmente el de la

comprensión y el de la comunicación social de la ciencia, incluyendo en este la enseñanza no formal de la ciencia. Es también un trabajo multidisciplinar, pues transita hacia otras disciplinas como la psicología, la economía o la museología que, si bien no suelen situarse en el núcleo de los Estudios Sociales de la Ciencia, han establecido con ellos pasarelas y puntos de paso estables. La mirada crítica es otra de las características de los Estudios Sociales de la Ciencia. Al ubicar esta investigación en ellos, la reflexión crítica ha sido un punto de partida y una guía constante, la perspectiva crítica se basa en la confrontación de diferentes puntos de vista sobre la base de un marco común. Requiere de revisar presupuestos y de hacer preguntas. Muchas las he hecho yo, y muchas más han sido realizadas durante el transcurso de este trabajo por otros investigadores con una trayectoria académica más amplia. Por lo tanto, es un trabajo que está condicionado por su contexto de génesis e influido por elementos no epistémicos. En términos de Donna Haraway (1991), es una perspectiva situada.

Cuestiones formales

La perspectiva de género supone un volumen importante de la literatura de los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. En este trabajo no se contempla este enfoque. Los resultados de las encuestas de comprensión pública o percepción social no parecen concluir una diferencia clara entre la percepción que los hombres tienen de la ciencia y la que tienen las mujeres, aunque sí muestran ciertas desigualdades que pueden explicarse en términos de diferencias de género. El lenguaje que se ha utilizado en la redacción puede ser caracterizado de androcéntrico. No hay “ellos y ellas” ni tampoco “/as”. En la reflexión sobre la cultura científica hay muchos nombres de hombres, pero también los hay de mujeres. En el modo de citar estandarizado suele constar la inicial del nombre y el apellido, lo que hace difícil saber quién está detrás de un artículo o una investigación si no se sabe de antemano. Por ello se han incluido intencionadamente los nombres de los autores y autoras al menos la primera vez que aparecen en el texto.

La inmensa mayoría de la bibliografía relevante que se produce en los Estudios Sociales de la Ciencia únicamente está disponible en inglés. Siempre que ha sido posible se ha consultado la bibliografía en su idioma original y no a través de traducciones. Muchos de los conceptos que se abordan en este trabajo varían su significado dependiendo del idioma en el que fueron formulados y traducirlos

comprometería su significado original. En este trabajo se ha intentado prestar especial atención y cuidado a los matices de los términos en uno u otro idioma. Esto no significa que no haya textos o citas traducidas al español, las hay, y siempre que no se explicita lo contrario, han sido realizadas por la autora de este trabajo cuando no se ha contado con una traducción previa satisfactoria.

Finalmente, aunque se vuelve sobre ellas a lo largo de este trabajo, se adelantan aquí cuestiones relativas al uso de los términos:

- 1) En el análisis del primer paradigma se distinguirá entre “alfabetización en ciencia” (*science literacy*) y “alfabetización científica” (*scientific literacy*).
- 2) En el análisis del segundo paradigma, para facilitar la lectura y evitar posibles confusiones entre el nombre del campo de estudio y el nombre del segundo paradigma, se utilizará “Comprensión Pública de la Ciencia” (*Public Understanding of Science*) cuando se haga referencia al campo, y se reservará “comprensión pública” (*public understanding*) para el paradigma.
- 3) En el caso del análisis del tercero, *science and society*, se utilizará principalmente el rótulo “engagement” para referirse a él dado que es este el término cuyo uso está más extendido en la literatura especializada. Si bien “scientific literacy” y “public understanding” son términos cuyas traducciones, como “alfabetización científica” y “comprensión pública” respectivamente, se encuentran bastante consolidadas, el término “engagement” no parece contar con una traducción que capte todos sus matices. Si bien “involucración”, “implicación” y “compromiso” son algunas de las traducciones propuestas, en este trabajo se utilizará el vocablo en inglés.

Capítulo 1

Estado del arte en los Estudios Sociales de la Ciencia

Introducción

Los Estudios Sociales de la Ciencia, o Estudios de Ciencia Tecnología y Sociedad proporcionan el marco teórico general de este trabajo. Por sus características, este campo de trabajo no está estructurado como otras áreas de conocimiento con más trayectoria histórica. Son postkuhnyanos y, frente a la compartimentación, uno de sus atributos definitorios es la interdisciplinariedad, además del carácter crítico. Han proliferado en un mundo conectado por las Tecnologías de la Comunicación y de la Información, y sus fronteras no son tan geográficas como económicas y políticas. Su desarrollo está fuertemente condicionado por la revisión por pares, los intereses macro y la financiación. Acogen en ellos habitantes de diversa especie: historiadores, filósofos, sociólogos, psicólogos, y cada vez más científicos; que comparten una común preocupación por la relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Parte de la investigación realizada en el seno de los Estudios Sociales de la Ciencia se ha realizado en torno al concepto de cultura científica. El campo de la Percepción Social de la Ciencia se ha centrado en medir la presencia de este fenómeno en la sociedad. El campo de la Comunicación Social de la Ciencia se ha

preocupado, entre otras cosas, del efecto que la transmisión de contenidos científicos tiene en el nivel de cultura científica. Los estudios orientados a la enseñanza y aprendizaje de la ciencia han hecho de la adquisición de la cultura científica uno de sus retos educativos. No obstante, el estudio de la cultura científica no se agota en estos campos, y puede rastrearse, por ejemplo, en los estudios de índole política o en los de género.

En este capítulo se realiza una panorámica de los Estudios Sociales de la Ciencia. Proporciona el marco de lo que se desarrolla posteriormente y por ello el texto se detiene en algunos momentos clave para la cultura científica y para los museos y centros de ciencia.

1.1. Los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad

Los Estudios Sociales² atienden, no a los aspectos puramente científicos y tecnológicos, sino a cómo estos afectan e interactúan con la sociedad, la política, la economía y otras esferas como el arte, la cultura o la vida diaria de las personas. Abren este trabajo las palabras de quienes llevan prácticamente toda su vida académica dedicada a este espacio de trabajo:

Después de setenta años de reflexión profesional sobre la ciencia, sólo parecemos estar seguros de una cosa: la ciencia no es lo que parecía ser. Si a principios de siglo se trataba de ultimar los detalles formales del «método científico», hoy nos preguntamos qué es esa cosa llamada «racionalidad científica», si es que puede hablarse de algo así. La reflexión sobre la tecnología no tiene una historia mucho más afortunada. Algo, sólo algo, parece estar claro: la tecnología no es solamente lo que parece ser. No se reduce a máquinas, y, de algún modo, forma un todo complejo con la ciencia. Ciencia y tecnología, además, parecen tener una dimensión social inherente con profundas repercusiones económicas, políticas y culturales. En el camino de estos escasos lugares comunes, por desoladores que parezcan, hay una historia fascinante de discusión académica, de crítica política y de controversia social (González García, López Cerezo, Luján López, 1996: 11).

² En este capítulo se abordan las dos tradiciones principales de los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Como los rótulos suelen identificarse con cada una de las dos corrientes que los recorren, se utilizará la formulación la forma abreviada “Estudios Sociales” para referirse al campo en su conjunto. Una revisión exhaustiva de las dos tradiciones se encuentra en González García, López Cerezo, Luján López (1996).

Las líneas de acción de los Estudios Sociales componen la crítica académica a la concepción tradicional de la ciencia y la tecnología, promoviendo, como alternativa a ella, una visión de la ciencia y la tecnología contextualizadas en lo social, impulsando programas educativos de carácter interdisciplinar y defendiendo una gestión política de la ciencia y la tecnología más participativa. Su origen suele remontarse a 1962, año en el que se publicaron dos obras claves en la historia de los Estudios Sociales que prácticamente no necesitan presentación: la *Primavera silenciosa* de Rachel Carson y *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas S. Kuhn. Cada una se sitúa al inicio de las dos principales corrientes que recorren los Estudios Sociales, que suelen referirse como “la académica” y “la activista”. La primera se centra en el modo en que la ciencia y la tecnología son procesos sociales, utilizando para ello herramientas proporcionadas por la sociología del conocimiento científico, la historia de la ciencia y la filosofía naturalizada de la ciencia. La segunda se orienta a cuestiones políticas, criticando los efectos sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología, desarrollando trabajos en los campos de la política científica, la ética de la tecnología, la educación científica o la comprensión pública de la ciencia.

Posiblemente sea más acertado, como señala Marta I. González García (2013) datar su origen en el *Handbook of Science, Technology and Society*, editado conjuntamente por Ina Spiegel-Rössing y Derek de Solla Price y publicado en 1977. Este *Handbook* marca un punto de inflexión en la institucionalización del campo.

Ambas tradiciones responden a las dos formas de entender el acrónimo STS en inglés: *Science and Technology Studies* o *Science, Technology and Society*. Las dos ediciones posteriores del citado *Handbook* [de 1997] cambiarían de hecho el título original a *Handbook of Science and Technology Studies*, mostrando de modo explícito una toma de partido por una de las dos tradiciones originales. La historia de CTS podría contarse como la historia de las desavenencias entre ambas y de cómo, pese a todo, están condenadas a entenderse (González García, 2013: 70).

Suele utilizarse “Science and Technology Studies” para referirse a la tradición académica, mientras que “Science, Technology and Society” se emplea para la tradición activista. Sin embargo las líneas divisorias entre una y otra no están a día de hoy claramente demarcadas. En Iberoamérica es más frecuente la fórmula “CTS”, traducción de *Science, Technology and Society*; en los *Handbook* predomina “STS”, también utilizado en el ámbito anglosajón; una de las principales revistas del campo es *Social Studies of Science* cuyo editor es Sergio Sismondo, la otra es *Bulleting of Science, Technology & Society*, editada por Susan

Carol Losh. En general todo el campo CTS o STS está sembrado de discrepancias en las nomenclaturas. Puede parecer algo nimio, pero optar por un acrónimo u otro en un artículo que aspire a ser publicado puede abrir un abanico de revistas u otro, o puede ser clave en la búsqueda de financiación de un proyecto de investigación. “Sabemos más o menos qué es CTS, pero afirmar que una investigación pertenece a este campo de trabajo no nos da una idea demasiado precisa de en qué consiste antes de leerla” (González García, 2013: 70).

González García (2013) señala las principales dificultades que recorren de forma transversal los Estudios Sociales y que tienen repercusiones en su consolidación, o no, como campo unificado. “Convertirse en una «metaciencia interdisciplinaria normativa» o acomodarse como una heterogénea colección de prácticas poco integradas parece ser la disyuntiva ante la que tomar partido” (p. 71). Los Estudios Sociales, señala la autora, presentan una gran diversidad, son realizados desde distintas perspectivas que a su vez se ocupan de fenómenos muy heterogéneos utilizando metodologías diferentes. Como consecuencia de esta proliferación parte de la investigación se desarrolla en las zonas fronterizas de los campos, lo que provoca el surgimiento de nuevas áreas de trabajo. Esto hace aún más difícil establecer líneas de demarcación y ha propiciado que sus propios habitantes hayan dejado de definirse en términos de sus disciplinas para pasar a definirse por ámbitos de preocupación. “CTS ha ido construyendo una identidad híbrida entre la disciplinaria débil marcada por los indicadores de su institucionalización incompleta y la interdisciplinaria en la que gran parte de sus practicantes se sienten cómodos” (p. 78).

El origen de los Estudios Sociales es reactivo, la reacción fue contra lo que Hilary Putnam (1962) ha denominado “concepción heredada”, y estuvo, y aún lo está, cargada de tintes políticos, económicos y sociales que afectaron profundamente a la concepción de la ciencia.

1.2. *Little Science*

Buena parte de la filosofía de la ciencia tradicional se articulaba en torno a la idea de que la ciencia respondía a la aplicación de un método científico, orientando así la tarea de los estudiosos hacia la búsqueda de un criterio de demarcación que delimitaba lo que era ciencia y lo distinguía de lo que no lo era. Ya en el empirismo clásico, autores como Francis Bacon o John Stuart Mill, presentaron versiones bastante elaboradas del método científico.

La primera sistematización del modo de proceder característico de la ciencia se atribuye a Bacon: observación, experimentación, registro sistemático de datos y formulación de enunciados concretos. Tal procedimiento constituye la base de la inducción. Bacon detectó la necesidad de una lógica en la investigación científica, de un *Novum organum*, e intentó satisfacerla inspirándose en filósofos medievales como Roberto Grosseteste, Guillermo de Occam o Roger Bacon. Los cánones inductivos que más tarde formularía Mill recogen la propuesta de Bacon, aunque guarda con él considerables diferencias. Bacon no resolvió todos los problemas de la inducción, ni tampoco logró una sistematización lógica última, sin embargo ocupa uno de los puestos más importantes en la historia de la lógica inductiva y de la filosofía de la ciencia. La inferencia inductiva resultó ser excesivamente rígida para dar cuenta de muchos descubrimientos en los que no se seguía un paso claro de los datos a los resultados. Esta circunstancia derivó en la propuesta de una concepción del método científico como explicación *post hoc* o inducción confirmatoria, donde el énfasis recaía, no en el método por el que se alcanza un descubrimiento, sino en su contrastación y puesta a prueba posterior.

Los principios del empirismo lógico sustentaron el paradigma que imperó en el ámbito científico hasta la década de los 70 del siglo XX. El empirismo lógico alimentaría una imagen de la ciencia concebida como saber metódico y lógicamente estructurado. Recogía las aportaciones de Bacon y de Mill, pero también las de autores como David Hume, y por supuesto las de los miembros del Círculo de Viena, como Rudolf Carnap, Karl Popper u Otto Neurath; o del Círculo de Berlín, como Hans Reichenbach. Pese a sus diferencias, tanto en el Círculo de Viena como en el de Berlín se mantenía una visión de la ciencia íntimamente ligada a la física newtoniana en tanto que la lógica y la matemática constituían las herramientas que proporcionaban la base de la aplicación del método científico. La ciencia era el resultado de la aplicación de ese método que, partiendo de la observación directa de la naturaleza, y apoyándose en la experimentación, permitía construir toda una torre de conocimiento racional, objetivo, fiable, autónomo y limpio de valores no epistémicos. La concepción heredada se articulaba en torno a una descripción de la ciencia desarrollada a partir de la Revolución Científica del siglo XVII, la ciencia moderna, cuyo máximo exponente sería la mecánica de Newton.

En asociación a esta visión de la ciencia se desarrolló la imagen de la tecnología como ciencia aplicada que, al igual que la ciencia, era concebida como valorativamente neutral, recayendo los juicios éticos en los usos. Desde los

Estudios Sociales de la Ciencia se ha denominado a esta comprensión de la tecnología “concepción estrecha de la tecnología”. Dentro de los autores que reflexionan sobre la tecnología, ya sea cuestionando su autonomía, criticando el determinismo tecnológico o realizando una aproximación filosófica sobre su impacto en la sociedad, destacan, entre otros, los nombres de José Ortega y Gasset (1939), Jacques Ellul (1954), Lewis Mumford (1964) y Langdon Winner (1986).

La publicación de *La estructura de las revoluciones científicas* de Kuhn³ marcaría un punto de inflexión en la preeminencia del marco proporcionado por la concepción heredada. A través de su obra, Kuhn canalizó los principales argumentos que fracturaron los cimientos de la concepción hereda y que son bien conocidos por cualquier estudioso de la filosofía de la ciencia: la carga teórica de la observación que cuestionaba la neutralidad de la observación y la infradeterminación que afectaba a la comparación interteórica. Argumentos cuyo germen se encuentra en autores como Norwood Russel Hanson (1958), quien sostenía que lo percibido dependía de tanto de las impresiones sensibles de la retina como del conocimiento previo, las expectativas, los prejuicios y el estado interno general del observador; e introducía la distinción entre “ver qué” y “ver cómo”. También en Willard van Ormand Quine (1960) cuya tesis de la indeterminación de la traducción anticipó la teoría de la infradeterminación. Además, estos arguentos ponían en duda la acumulatividad del cambio cognitivo en ciencia y, consecuentemente, la atribución del progreso en historia de la ciencia.

1.3. Las huellas del positivismo lógico

A partir de la crítica de Kuhn, que describe en su obra una dinámica de la ciencia alejada del modelo tradicional, la concepción académica de la misma va orientándose hacia un nuevo tratamiento, tanto en lo referente a la actividad científica, como en lo relacionado con la estructura del conocimiento. Aun así, la concepción tradicional de la ciencia, como actividad autónoma y valorativamente neutral, pervive con fuerza. La imagen de la ciencia del positivismo lógico no se limitaba a la comunidad científica. Los presupuestos de objetividad, neutralidad

³ La estructura de las revoluciones científicas descrita por Kuhn se aborda más adelante, en el Capítulo 6, en relación a los paradigmas de Bauer, Allum y Miller (2007).

valorativa, así como la concepción de la ciencia como un saber acumulativo, actuaron de principios guía en otros ámbitos. Se abordan a continuación aquellos que son relevantes en el concepto de cultura científica y que han afectado a su medición y definición. Los ámbitos son la enseñanza de la ciencia, la comunicación de la ciencia y la política científica.

i) Enseñanza de la ciencia

En general, para calificar a una persona de científicamente culta debe cumplir una serie de requisitos, entre ellos, estar en posesión de un cuerpo de conocimientos científicos básicos (Miller, 1998). “¿Qué conocimientos?” es una pregunta que se ha respondido también desde el ámbito educativo⁴, y por ello es de especial relevancia para el análisis de la cultura científica incluirlo aquí. La alfabetización científica y tecnológica cobra cada vez más peso en la educación.

Ante las demandas que plantean los nuevos retos educativos para el siglo XXI, la enseñanza de las ciencias viene recurriendo en los últimos años con insistencia a lemas como alfabetización científica y tecnológica, comprensión pública de la ciencia, ciencia para todas las personas, cultura científica y tecnológica, educación CTS, etc. [...] En la actualidad, numerosos especialistas en didáctica de las ciencias de todo el mundo están promoviendo como final central de la enseñanza de las ciencias la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, en torno a la cual organizan su disciplina. Para justificarlo suelen apelar a motivos a socioeconómicos, culturales, de autonomía personal, prácticos de utilidad para la vida democrática, cívicos y democráticos para la participación social en las decisiones sobre muchos asuntos de interés público relacionados con la ciencia y la tecnología. (Acevedo Díaz *et al*, 2003: 81-82).

José Antonio Acevedo Díaz *et al*, (2003) analizan la máxima educativa “ciencia para todas las personas” en relación al concepto de alfabetización científica⁵. Los

⁴ Como se abordará en el capítulo 2, la concreción de los contenidos de la alfabetización científica se realizó sobre la base del documento *Science For All Americans*, realizado por la American Association for the Advancement of Science (AAAS) con el objetivo de establecer las líneas maestras de un currículum de enseñanza de la ciencia que pudiera ser implantado en el Sistema Educativo Estadounidense.

⁵ La idea de una ciencia para todas las personas surge a finales del último tercio del siglo XX, especialmente en Reino Unido, y es posterior a la de la alfabetización científica, que los autores datan en 1957, fecha de lanzamiento del *Sputnik*. Aunque los autores no lo hacen explícito, en ese mismo año se estaba realizando el estudio que aparecería publicado en 1958 bajo el título *The Public Impact of Science in the Media*, al que se le dedica un epígrafe en el capítulo 2.

autores señalan que existe una tensión al conjugar estos dos conceptos y plantear una alfabetización científica para todas las personas. Es una tensión que, en el fondo, reproduce el desencuentro entre dos modelos educativos, el de la educación tradicional y el aprendizaje significativo. El concepto de educación permanente⁶ (*lifelong learning*), también denominado “aprendizaje permanente” o “aprendizaje para toda la vida”, es un modo de concebir el aprendizaje que propone abandonar el modelo tradicional de enseñanza basado en una transmisión lineal de los contenidos en el que el profesor desempeña el rol de fuente de un conocimiento, obtenido principalmente de libros y de su experiencia en el campo, y el alumno el de receptor pasivo de ese conocimiento, cuya voz carece de legitimidad para cuestionar los contenidos. El aprendizaje permanente, modifica estos roles convirtiendo al profesor en un tutor que acompaña al estudiante en su aprendizaje y lo alienta a que adquiera por sí mismo el conocimiento a través de la búsqueda de información y la reflexión. Aunque el objetivo parece pasar paulatinamente de un modelo de enseñanza que pivota sobre los contenidos hacia un modelo de aprendizaje en el que priman las capacidades y las competencias. En la actualidad ambos modelos conviven porque la evaluación de la adquisición de competencias, en vez de contenidos, por parte de los alumnos sigue siendo controvertida y problemática, pues no se adapta bien a un sistema como el actual, donde las perspectivas laborales están estrechamente vinculadas a las calificaciones obtenidas durante la enseñanza obligatoria, a las notas medias y a los números clausos y los cupos de alumnos.

Así, para unos la máxima “ciencia para todas las personas” significa “hacer más accesible, interesante y significativa la ciencia escolar y, sobre todo, darle relevancia para cada alumno” (Acevedo Díaz *et al*, 2003: 86), para otros significa “un currículo común y obligatorio para todas las escuelas y todo el alumnado” (p. 87). Los autores señalan que una orientación CTS de la enseñanza de las ciencias

⁶ El concepto de aprendizaje permanente está muy vinculado al concepto de *e-learning* y, aunque suelen utilizarse como sinónimos, no son lo mismo. Por ejemplo, Manuel Castells (2001) definió el *e-learning* como un proceso que permite “aprender a aprender” y que capacita a los individuos para transformar la información obtenida durante el proceso de aprendizaje en conocimiento específico. Pero existe una diferencia importante entre ambos, el *e-learning* requiere del uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), mientras que el aprendizaje permanente no. Las estructuras de enseñanza tradicionales pueden replicarse en el *e-learning*, al mismo tiempo, el aprendizaje permanente puede promoverse sin mediación tecnológica.

puede contribuir a reconciliar estas dos posturas porque (Acevedo Díaz *et al*, 2003):

- favorecen una enseñanza de la ciencia y la tecnología que tiene en cuenta las experiencias e intereses personales y sociales de los estudiantes,
- propician la contextualización social de los contenidos científicos y tecnológicos,
- analizan los impactos que provoca la ciencia y la tecnología en la sociedad, promoviendo la posibilidad de una participación responsable, bien informada y con fundamentos,
- promueven la toma de decisiones democráticas sobre asuntos de interés público.

Parte de la investigación realizada en el seno de los Estudios Sociales se ha preocupado por la esfera educativa, fomentando la aparición de programas y materias CTS a través de, siguiendo la clasificación de Marta I. González García, José Antonio López Cerezo, y José Luis Luján López (1996), asignaturas de ciencias a las que se les ha añadido contenido temático CTS, especialmente relacionado con aspectos que llevan a los estudiantes a ser más conscientes de las implicaciones de la ciencia y la tecnología; asignaturas cuyos contenidos se han reestructurado a partir de CTS; y asignaturas de enseñanza CTS pura, donde el contenido científico juega un papel subordinado y solo se incluye para enriquecer la explicación de los contenidos CTS. Ejemplos son el *Proyecto SATIS*⁷ y el *Harvard Project Physics*⁸ en Estados Unidos y el trabajo del Grupo ARGO⁹. Sin embargo, el movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias no está exento de

⁷ Un proyecto británico iniciado en 1984 destinado a ayudar a los docentes a relacionar los contenidos científicos del currículum con su contexto social y tecnológico, promovido Association for Science Education de Reino Unido.

Página web de *SATIS Project*:

<http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/collection/243/satis>.

⁸ El *Harvard Project Physics* fue un proyecto curricular destinado a crear un programa de enseñanza de la física en la enseñanza secundaria. Los contenidos se presentaban desde una perspectiva histórica, incluyendo los contextos de descubrimiento y las controversias asociadas. El programa estuvo en vigor entre 1962 y 1972.

Los materiales están disponibles en <https://archive.org/details/projectphysicscollection>.

⁹ El Grupo ARGO está formado por profesores y profesoras de filosofía que trabajan en centros de educación secundaria de Asturias (España). Entienden que los saberes adquiridos en la formación escolar no garantizan por sí solos la creación de las competencias necesarias para la vida de las personas, ya sean profesionales o ciudadanos. Su propuesta está orientada a familiarizar a los alumnos con las estrategias de participación ciudadana y los materiales que diseñan abordan controversias sociales con alto contenido científico y tecnológico. El grupo está dando el salto a lo virtual y su web se encuentra en construcción: <http://www.grupoargo.org/>.

críticas. Adolece de una importante indefinición en sus intereses, consecuencia de aunar una amplia variedad de enfoques curriculares y aproximaciones a la enseñanza; al descender al nivel de los libros de texto, el enfoque CTS suele quedar reducido a anécdotas científicas y cuestiones menores sobre la actualidad científica de escasa relevancia; las cuestiones sobre el impacto social y ambiental de la ciencia y la tecnología suele eclipsar a los aspectos culturales y los procesos sociales de la ciencia y la tecnología, especialmente en Estados Unidos y Canadá (Acevedo Díaz *et al*, 2003).

Isabel Fernández *et al*, (2002) en su revisión de diez años (1990-2000) de literatura académica sobre la imagen que se transmite en la enseñanza de la ciencia, ha sintetizado la existencia de siete visiones de la ciencia, no mutuamente excluyentes, que perviven en las enseñanzas regladas (Fernández *et al*, 2002):

- 1) Una concepción empiro-inductivista y ateórica según la cual se resalta el papel de la observación y de la experimentación neutra, no contaminadas por ideas apriorísticas.
- 2) Una concepción rígida de la actividad científica que lleva a la presentación del método científico como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente.
- 3) Una concepción aproblemática y ahistórica de la ciencia, que provoca la transmisión de conocimientos ya elaborados, sin mostrar su contexto de génesis o descubrimiento.
- 4) Una concepción exclusivamente analítica, que lleva a parcelar los estudios en los niveles iniciales del currículo sin que se produzca una posterior unificación y construcción del conocimiento.
- 5) Una concepción meramente acumulativa del desarrollo científico que lo presenta como fruto de un crecimiento lineal.
- 6) Una concepción individualista y elitista de la ciencia que presenta los conocimientos científicos como obra de genios aislados.
- 7) Una visión descontextualizada, socialmente neutra de la actividad científica que ignora las complejas relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Estas imágenes de la ciencia y del desarrollo científico perviven en las leyes educativas españolas y en los libros de texto de las asignaturas científicas que se imparten en el sistema educativo español. Los primeros resultados que

arroja el análisis de Carlos G. Figuerola, Tamar Groves y Miguel Ángel Quintanilla (2013) sobre la presencia de la cultura científica en la Wikipedia, en la prensa¹⁰ y en los libros de texto de la Enseñanza Secundaria Obligatoria en España¹¹, parecen apuntar a que hay muy poca relación entre los contenidos científicos y tecnológicos. La imagen de la ciencia que transmiten se encuentra muy alejada de su aplicación práctica, y la de la tecnología más cercana a una concepción instrumental (Figuerola, Groves y Quintanilla, 2013).

ii) Comunicación de la ciencia

Para Massimiano Bucchi (2008) la idea de que la sociedad es incapaz de comprender la ciencia y su complejidad se remonta a principios de 1900, especialmente como resultado de los avances en física después de que Albert Einstein confirmara su Teoría de la Relatividad General durante el eclipse que tuvo lugar en diciembre de 1919. La comunicación de la ciencia se ha sostenido sobre la asunción de que la ciencia era algo demasiado complicado para la sociedad en general, siendo esta complejidad lo que había desencadenado la necesidad de mediadores entre la ciencia y la sociedad, y lo que ha llevado a emplear la metáfora de la traducción para describir esta concepción (Bucchi, 2008). El modelo de comunicación de la ciencia bebe de aquel formulado por Claude E. Shannon (1948) (Figura 1).

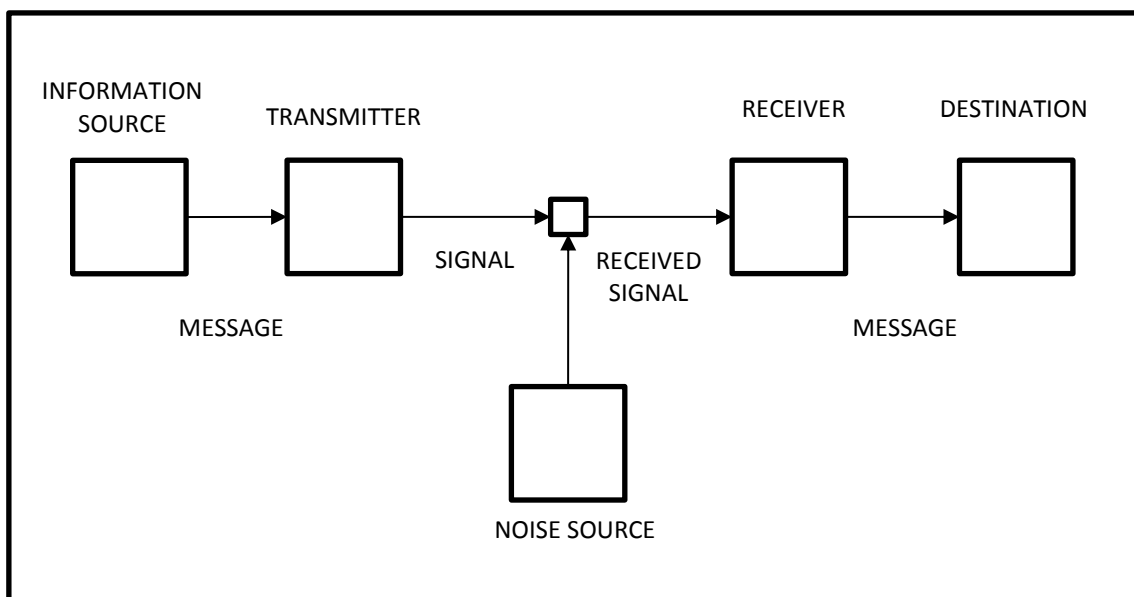
Shannon (1948) describe cómo, en este modelo, la fuente de información (*information source*) es la que produce el mensaje que será recibido por el receptor (*receiver*). El transmisor (*transmitter*) codifica el mensaje de modo que pueda ser enviado a través del canal. La función del canal es meramente transmitir el mensaje codificado del transmisor al receptor. Cuando llega al receptor, este realiza el proceso de codificación a la inversa, descodificando el mensaje a partir de la señal recibida (*received signal*). El destinatario (*destination*) es la persona que recibe el mensaje. En este proceso, el ruido (*noise source*) puede llegar a afectar o incluso interrumpir el proceso de comunicación. En el modelo clásico de comunicación de la ciencia, descrito por Bucchi (2008), el público es el receptor pasivo de los conocimientos que emanan de la comunidad

¹⁰ Se analizaron las páginas webs de *El País*, *El Mundo* y *Público*.

¹¹ Se analizaron los libros de texto correspondientes a las materias: Ciencias Naturales; Ciencias Sociales; Ética y Religión; Física y Química; Lengua, Literatura y Cultura; Matemáticas y Tecnología de varias editoriales (Santillana, S.M., Edelvives y Anaya).

científica, la transmisión de contenidos científicos entre la fuente (la comunidad científica) y el receptor (la sociedad) no sufre ninguna alteración significativa a través de los distintos canales. Esto es lo que posibilita la transmisión no problemática de ideas y resultados científicos al resto de la sociedad. Esta idea de la transmisión aproblemática del conocimiento científico guarda similitud con la visión de la ciencia propia del positivismo lógico, pues los valores de objetividad y neutralidad de la ciencia son extensibles a su proceso de comunicación.

Figura 1. Modelo general de comunicación de Shannon.

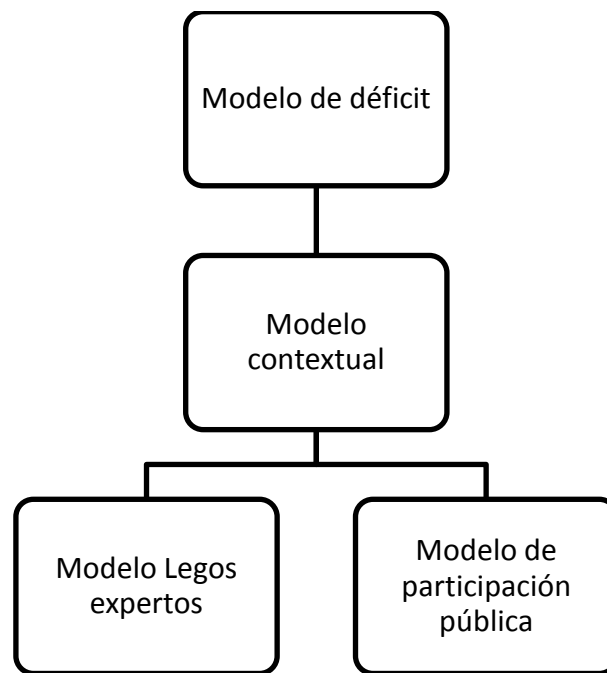


Fuente: Shannon, 1948: 2.

Frente a esta concepción, para Bucchi (2008), el proceso de comunicación de la ciencia está mejor representado como una secuencia continua de niveles de presentación pública, con diferencias en el grado de difusión, y no de naturaleza, que se influyen mutuamente. La comunicación de la ciencia no se origina únicamente en los contextos especializados, sino que puede generarse en contextos no expertos. En este sentido rompe con la linealidad del proceso de comunicación proponiendo un modelo multidireccional de la comunicación de la ciencia. El público juega este modelo un papel activo, la recepción de la comunicación de la ciencia por parte del público no es un proceso pasivo, sino un conjunto complejo de procesos formativos que puede, de vuelta, tener un impacto en el núcleo mismo de los propios debates científicos.

Otros autores que han desarrollado modelos de comunicación de la ciencia que supongan una alternativa al modelo tradicional descrito por Bucchi (2008) son, por ejemplo, John Durant (1999), quien señala dos modelos de comunicación de la ciencia: el modelo de déficit y el modelo democrático. La diferencia entre ellos reside en la concepción del público. En el primero, se considera que el público carece de conocimientos científicos, una laguna que puede llenarse a través de estrategias de comunicación de la ciencia. En el segundo se reconoce el valor del conocimiento no experto, frente a la unidireccionalidad del modelo anterior, en este la comunicación es bidireccional. Bruce Lewenstein (2003) amplía la distinción de Durant y propone cuatro modelos de comunicación (Figura 2): el modelo de déficit (*deficit model*), el modelo contextual (*contextual model*), el modelo legos expertos (*lay expertise model*) y el modelo de participación pública (*public participation model*).

Figura 2. Modelos de comunicación de la ciencia



Elaboración propia. Fuente: Lewenstein (2003).

La descripción del modelo de déficit de Lewenstein no dista de la comúnmente aceptada, el autor hace referencia a la preocupación por el escaso respaldo público, y por tanto económico, hacia el modo de proceder científico, atribuible al bajo nivel de alfabetización científica de la sociedad estadounidense que reflejaban las encuestas de percepción social de la ciencia realizadas por la National Science Foundation. La presunción era que “tras arreglar el déficit, todo

iría ‘mejor’ (sea lo que sea que eso signifique)”¹² (Lewenstein, 2003: 2). El modelo contextual es un intento de superación del modelo anterior. En este se reconoce que los individuos no son simplemente recipientes que pueden llenarse con información, sino que procesan la información y responden a ella de acuerdo con los esquemas sociales y psicológicos que han sido modulados por sus experiencias previas, su contexto cultural y las circunstancias personales. El modelo contextual se orienta a la construcción y transmisión de mensajes con contenido científico que sean relevantes para los individuos en contextos particulares. Si bien este modelo ha sido criticado por ser una sofisticación del modelo de déficit porque, aun reconociendo la influencia del contexto de los individuos al procesar la información, concibe como problemático el hecho de que algunos individuos respondan a la información de un modo que se aleja del esperado por los expertos (Lewenstein, 2003); “su objetivo podría no ser la ‘comprensión’, sino la ‘aquiescencia’” (p. 4). Frente a este modelo se han desarrollado dos propuestas alternativas: el modelo legos expertos y el modelo participación pública. El primero resalta la importancia del conocimiento no experto en la toma de decisiones y lo sitúa al mismo nivel que el conocimiento técnico en la resolución de problemas. Precisamente una de sus críticas es que privilegia el conocimiento lego por encima del conocimiento sobre el mundo natural producido por el sistema científico moderno, y por ello ha sido caracterizado de anti-científico (Lewenstein, 2003). El modelo de participación pública, también llamado “public engagement” o, en Reino Unido, “modelo de diálogo”, surge como respuesta a la crisis de confianza en las instituciones científicas y en la gestión política (Lewenstein, 2003). Las herramientas para incrementar el nivel de confianza están orientadas a democratizar la ciencia, son las conferencias de consenso, los jurados de ciudadanos, las encuestas deliberativas, los *science shops*, etc. Este enfoque ha sido criticado por ser un enfoque político más que orientarse a una mejora de la comprensión de la ciencia, por centrarse en el proceso de la ciencia más que en el contenido, y en definitiva, también ha sido tildado de anti-científico (Lewenstein, 2003). De acuerdo con Lewenstein, los modelos conviven, y la conclusión última del autor es la necesidad de una mayor investigación en la comunicación social de la ciencia:

Clearly, these models provide only a schematic tool for understanding public communication of science activities. In practice, many activities combine

¹² Traducción propia.

elements of the different models [...]. Recent analysts have attempted to re-analyze or re-design the survey work that is at the core of the deficit model, seeking new understandings in light of critiques of the deficit model. Moreover, as Steve Miller has suggested (personal communication, 1 May 2003), the value of the deficit model can be rehabilitated by a shift from the "moral pressure/you *have* to know this" approach to a "softer/you might want to know this" approach (as in, "You might want to consult the WHO website on SARS before traveling to China"). Thus one important task is to further refine the models, understanding the relationship between idealized visions of what "public understanding of science" activities might be and what they actually are. [...]The key conclusion is: we need more research on public communication of science and technology. (Lewenstein, 2003: 6-7).

iii) Política científica

Los presupuestos del positivismo lógico mantienen también su vigencia en el ámbito político. El modelo lineal de desarrollo que sentó las bases de la política científica norteamericana está profundamente inspirado por la concepción heredada de la ciencia. Tras la Segunda Guerra Mundial, el presidente Franklin D. Roosevelt solicitó al Director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, Vannevar Bush, que realizara una serie de recomendaciones sobre los siguientes puntos (Bush, 1945. Edición en español de 1999: 90):

- 1) ¿Qué puede hacerse de manera coherente con la seguridad militar y con la aprobación previa de las autoridades militares para hacer conocer al mundo lo más pronto posible las contribuciones que durante nuestro esfuerzo bélico hicimos al conocimiento científico?
- 2) Con especial referencia a la guerra de la ciencia contra la enfermedad, ¿qué puede hacerse hoy para organizar un programa a fin de proseguir en el futuro los trabajos realizados en medicina y ciencias relacionadas?
- 3) ¿Qué puede hacer el gobierno hoy y en el futuro para apoyar las actividades de investigación encaradas por organizaciones públicas y privadas?
- 4) ¿Puede proponerse un programa eficaz para descubrir y desarrollar el talento científico en la juventud norteamericana, de modo que sea posible asegurar la continuidad futura de la investigación científica en este país, en un nivel comparable al alcanzado durante la guerra?

Las respuestas a estas preguntas estructuran el informe *Science, the endless frontier*, publicado en 1945. El informe asume en su argumento el "modelo lineal de desarrollo", resumido habitualmente mediante la fórmula:

Figura 3. Representación del modelo lineal de desarrollo.



Elaboración propia. Fuente: González García, López Cerezo, y Luján López, 1996.

Este modelo ha inspirado las políticas públicas de ciencia y tecnología, y, de acuerdo con él, el bienestar social depende, en primera instancia, de la financiación de la ciencia básica y del desarrollo sin interferencias de la tecnología (Figura 3). Reza en el informe: “El progreso científico, en un amplio frente, resulta del libre juego de intelectos libres, que trabajen sobre temas de su propia elección, y según la manera que les dicte su curiosidad por la exploración de lo desconocido” (Bush, 1945. Edición en español de 1999: 11). Los requisitos para el adecuado funcionamiento del modelo fueron la ausencia de intervención social o política en las agendas de investigación y el “cheque en blanco para la ciencia”. El modelo tiene especial relevancia en la cultura científica, pues la financiación de la ciencia requería del respaldo social, un respaldo que estaba vinculado al nivel de alfabetización científica de la población. El modelo de déficit también está estrechamente vinculado a la imagen de la ciencia del positivismo lógico, pues el modelo justifica la falta de apoyo social hacia la ciencia en términos de analfabetismo científico. La relación entre el modelo de déficit y la alfabetización científica se aborda con más detenimiento en el capítulo 3.

Los museos y centros de ciencia son espacios en los que estos tres ámbitos confluyen. Tradicionalmente se adscriben al ámbito de la enseñanza de la ciencia en tanto que son considerados espacios de enseñanza no formal y permiten completar los contenidos científicos que se imparten en las enseñanzas regladas, muestra de la relación entre el museo y la escuela son las visitas escolares, que suponen un importante volumen en el recuento total de visitantes. Estas entidades son también entendidas como medios de comunicación de masas, pero tienen una peculiaridad que los diferencia de otros medios similares, como la televisión o la prensa. Mientras que la comunicación de masas se produce en una sola dirección, en ausencia de una de las partes, el ámbito museístico está en condiciones de proporcionar un espacio propicio para establecer una comunicación bidireccional, mediante la organización de charlas, visitas con guía, demostraciones, preguntas, grupos de debate, actos sociales, etc. (Hooper-Greenhill, 1998).

Los museos y centros de ciencia también pertenecen al ámbito político, desde sus orígenes, los museos han sido un símbolo de la capacidad científico-tecnológica de una nación. Muchos países hicieron un esfuerzo ímprobo por contar con un museo de ciencia nacional. La creación del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid (MUNCYT), por ejemplo, respondía a esta finalidad. Otra de sus funciones políticas ha sido el apoyo a la investigación científica, especialmente durante el periodo de mayor promoción y respaldo estatal a la investigación a partir de la consolidación de la *Big Science*, que se aborda más adelante. Con la crisis de confianza y los movimientos sociales de la segunda mitad del siglo XX, los museos se convertirían en uno de los canales utilizados para incrementar el apoyo social a la ciencia y la tecnología. Exhibir los grandes logros científico-tecnológicos, y mostrar el avance y bienestar que las sociedades han alcanzado gracias a su desarrollo, tiene, entre otros propósitos, el objetivo de incrementar la aceptabilidad social de la ciencia (contribuyendo así a evitar la resistencia social ante los desarrollos más controvertidos), consolidar el interés hacia la ciencia y la tecnología, y fomentar las vocaciones científicas. Los tres son objetivos explícitos de las políticas públicas desde mediados del siglo XX, cuyo origen puede ser rastreado en el documento fundacional del denominado “primer contrato social para la ciencia”, el informe del ingeniero estadounidense Vannevar Bush del año 1945.

Pese a todo, en los museos de ciencia, especialmente en los del ámbito ibérico, pervive una concepción anacrónica de ciencia, al margen de problemas y controversias (Delicado, 2009). Cualquier referencia a la dimensión ética de la ciencia y la tecnología, cualquier pregunta acerca de las consecuencias de sus productos y procesos, así como cualquier vinculación con los problemas importantes del mundo o la vida diaria es ignorada (Champagne, 1975). Tienden, en definitiva, a presentar la ciencia fragmentada y descontextualizada, sin preocuparse por transmitir cualquier tipo de comprensión global y sistemática (Durant, 1992). En este sentido, una imagen idealizada de la ciencia persiste en los museos y centros de ciencia. Sirva de ejemplo, la transcripción del panel (Figura 4) que abría la exposición permanente del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid (MUNCYT)¹³.

¹³ El MUNCYT cerró sus puertas a mediados de 2014 para reabrir las recientemente en su nueva sede. El 12 de diciembre de 2014 el MUNCYT ocupó las dependencias del Centro de Ciencia CosmoCaixa-Madrid, clausurado el 31 de diciembre de 2013.

CIENCIA

Siempre hay algo increíble esperando a ser descubierto.

La ciencia busca entender el comportamiento de la naturaleza. Su comprensión solo puede alcanzarse mediante una herramienta fundamental: el método científico.

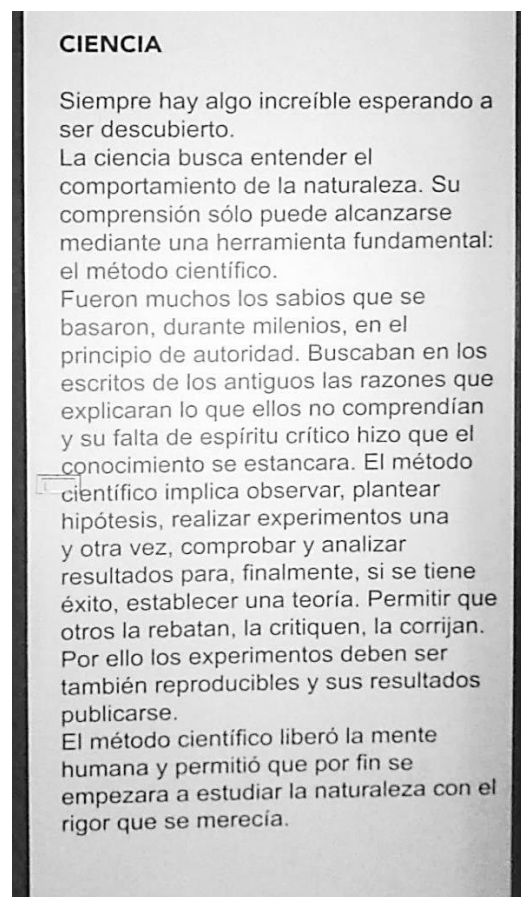
Fueron muchos los sabios que se basaron, durante milenios, en el principio de autoridad. Buscaban en los escritos de los antiguos las razones que explicaban lo que ellos no comprendían y su falta de espíritu crítico hizo que el conocimiento se estancara. El método científico implicaba observar, plantear hipótesis, realizar experimentos una y otra vez, comprobar y analizar resultados para, finalmente, si se tiene éxito, establecer una teoría. Permitir que otros la rebatan, la critiquen, la corrijan. Por ello los experimentos deben ser también reproducibles y sus resultados publicarse.

El método científico liberó la mente humana y permitió que por fin se empezara a estudiar la naturaleza con el rigor que se merecía.

1.4. *Big Science*

El modelo lineal de desarrollo se puso en práctica y, en los años posteriores a la II Guerra Mundial, tuvo lugar un fuerte incremento de la investigación científica. Se incrementó el número de científicos y de instituciones científicas, se construyeron grandes instalaciones y centros de investigación. Poco a poco se pasó de la ciencia hecha por individuos, una suerte de eurekaismo elitista de grandes pensadores como Newton, a un inductivismo pedestre, una ciencia hecha por un ejército de científicos sin nombre que avanzan poco a poco en el

Figura 4. Fotografía de uno de los paneles que conforman la exposición “Experimentación”.



Fotografía realizada por la autora.

desarrollo de las teorías. Aunque muchos de los científicos preferían los experimentos a gran escala, la lógica del descubrimiento conllevó que la ciencia se convirtiera en algo grande (Weinberg, 2012). Es el tránsito hacia lo que Steven Weinberg (1961) caracterizó como *Big Science*, término popularizado a raíz de la publicación del libro *Big Science, Little Science* por Derek J. de Solla Price en 1963.

Mientras que la sede de la ciencia moderna fue Europa, la *Big Science* se originó en Estados Unidos y, gradualmente, se extendió al resto de países occidentales. Por oposición a la *Big Science*, en el rótulo “Little Science” quedaría incorporada la ciencia moderna, la ciencia de pequeños laboratorios diseminados geográficamente. Desde la Segunda Guerra Mundial ambas ciencias conviven, si bien la *Big Science* tiene características distintivas. La *Big Science* no responde a las estructuras tradicionales de producción de conocimiento heredadas del positivismo lógico, ni al modo en que se evalúa la ciencia y sus resultados. La *Big Science*, describe Javier Echeverría (2003) aglutinó los recursos en unos pocos centros de investigación, vinculó los proyectos científico-tecnológicos con cuestiones políticas y sociales relevantes, y estrechó lazos con el potencial militar e industrial estadounidense; el desarrollo científico y tecnológico suponía un indicador clave del prestigio de una nación. En este periodo crece la dependencia entre la ciencia y la tecnología, dando lugar al constructo “tecnociencia”, una institución en la que la relación entre la ciencia y la tecnología es tan estrecha que no pueden desligarse ni en el nombre mismo (Echeverría, 2003). La investigación científica requiere un soporte tecnológico que depende a su vez de la teoría que proporciona la ciencia, pero la tecnociencia no implica únicamente desdibujar las fronteras de la ciencia y la tecnología, es desarrollo científico-técnico estructurado en instituciones, financiación a gran escala, apoyo gubernamental y una fuerte ligazón al aparato militar y al sector productivo.

La *Big Science*, señala Weinberg (2012), ha entrado en crisis como resultado de la fuerte competición por la financiación gubernamental donde los científicos no solo compiten con los vuelos espaciales tripulados, también con otras necesidades como la educación o el sistema sanitario. Es, señala, una competición muy marcada por la política interior. El Congreso, describe Weinberg, piensa en términos de votos electorales; los grandes laboratorios son costosos pero pueden contribuir a crear puestos de trabajo, así como a enriquecer la zona en la que son construidos; de modo que los congresistas apoyan las propuestas que benefician a sus potenciales electores y desincentivan las que no, sea cual sea la propuesta. En sus palabras:

What really motivates elementary particle physicists is a sense of how the world is ordered –It is, they believe, a world governed by simple universal principles that we are capable of discovering–. But not everyone feels the importance of this. During the debate over the SSC [Superconducting Super Collider] I was on the Larry King radio show with a congressman who opposed it. He said that he wasn't against spending on science, but that we had to set priorities. I explained that the SSC was going to help us learn the laws of nature, and I asked if that didn't deserve a high priority. I remember every word of his answer. It was: "No". (Weinberg, 2012: 63).

La *Big Science* es, además, una competición entre países que aspiran a albergar la sede de alguna macroestructura como el Gran Colisionador de Hadrones (HLC) o el Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER). Finalmente es una competición entre los propios científicos por la financiación necesaria para continuar los proyectos de investigación o abrir nuevas líneas. “La financiación es un problema que afecta a todos los campos”¹⁴ (Weinberg, 2012: 63). El ITER y el HLC son productos de la *Big Science*, al igual que el *Proyecto Manhattan*, que suele citarse como el ejemplo paradigmático: un grupo de científicos seleccionados para desarrollar, en secreto, la Bomba que clausuró la Segunda Guerra Mundial y que, tras lanzarse en Hiroshima y Nagasaki, sumó 210.000 muertos a los que ya había provocado la Guerra, más los 340.000 que murieron durante los siguientes cinco años como consecuencia de los efectos de las explosiones (Cole, 2009).

Frank Oppenheimer, creador del Exploratorium de San Francisco y hermano de Robert Oppenheimer –Director de Proyecto Manhattan y considerado padre de la Bomba Atómica–, describe en su biografía, realizada por K. C. Cole (2009), cómo fue el propio Robert Oppenheimer quien propuso el lugar para ubicar el laboratorio secreto donde se desarrollaría la bomba, un colegio en mitad de la nada en Los Álamos (Nuevo México). El menor de los Oppenheimer, a través de su biógrafa, relata los primeros días en las instalaciones:

Suddenly, top physicists began disappearing from post at universities all over the country, only to reappear on a lonely mesa in New Mexico. A town of five thousand shot up virtually overnight. People were stuffed into trailers, dormitories, and clusters of identical houses painted a bilious green, and outfitted with army furnishings. [...] The stress was salved by almost constant parties, with dancing and plenty of drink, including homebrew. Almost everybody was young (Robert himself was thirty-eight). At one point, the army complained to Robert that too many babies were being born. Of

¹⁴ Traducción propia.

course, censorship and secrecy came with the territory. Driver's licenses were anonymous (numbers replaced names). The address was "Box 1663". Mail was censored; families left behind were completely in the dark. Occasional excursions were permitted to Santa Fe, thirty-five miles to the south, but it was taboo to use the word "physicist" there. Still, it was obvious to the locals that something strange was going on, so the army tried spreading false rumors. (Cole, 2009: 55-56).

La construcción de la Bomba debía realizarse, especialmente tras el ataque a Pearl Harbor. Si antes su desarrollo había sido un reto, después se convirtió en una obligación. La primacía de materializar la Bomba era un triunfo político, económico, militar, científico y humano. En su último día como Director del Proyecto Manhattan, Robert Oppenheimer condensó en su declaración las implicaciones de la autonomía de la ciencia, de las políticas de inversión en ciencia básica, y en general del informe de Vannevar Bush:

When you come right down to it, the reason that we did this job is because it was an organic necessity. If you are a scientist, you cannot stop such a thing. If you are a scientist you believe that it is good to find out how the world works; that it is good to turn over to mankind at large greatest possible power to control the world and to deal with it according to its lights and values. (Cole, 2009: 58).

i) El malestar por la ciencia

El clima favorable a la ciencia de los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se vio rápidamente enrarecido. Avances de indiscutible relevancia en distintos campos científicos se habían producido desde principios de este siglo: en 1913, Alfred Werner recibía el Nobel de Química, sus aportes en química inorgánica fueron claves para la composición actual de la Tabla Periódica de los Elementos; Albert Einstein recibió el Nobel de Física en 1921 por sus contribuciones a la física teórica, entre ellas, la formulación de la Teoría de la Relatividad Especial; James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins recibieron en 1962 el Nobel en Fisiología o Medicina por el descubrimiento de la estructura del ADN, etc. Pero, a partir de la segunda mitad del siglo XX, tras una serie de catástrofes artificiales, otra cara del avance científico-tecnológico se fue poniendo de manifiesto y trajo consigo la alerta progresiva sobre la fuerte dependencia de la ciencia y la tecnología, así como un incremento de la conciencia de su profundo impacto en la vida diaria, en el trabajo y el entorno. Las repercusiones de veinte años de guerra en Vietnam; el accidente del Reactor

Nuclear de Windscale, (Inglaterra) y la explosión del depósito nuclear de Kyshtym (Mayak, U.R.S.S), ambos en 1957; el caso de la Talidomida, prohibida en 1961; el hundimiento de varios submarinos nucleares, tanto norteamericanos como soviéticos, o los vertidos de petróleo; el accidente del *Challenger* en 1986, etc.; aderezado todo ello por el pulso político, ideológico y económico mantenido por la Unión Soviética y Estados Unidos que, durante casi cincuenta años mantuvo, las miradas del mundo occidental fijadas en el cielo. Los resultados de la encuesta que Ronald C. Davis realizó en 1957 en Estados Unidos, sobre la que se volverá en el capítulo 2, habían hecho saltar las alarmas sobre el escaso conocimiento científico y tecnológico que poseía la sociedad estadounidense. En un país enfrascado en una Guerra Fría contra la Unión Soviética, las demostraciones de liderazgo científico y tecnológico eran entendidas como armas políticas y económicas. Una opinión pública poco dispuesta a apoyar la investigación en ciencia y tecnología suponía un problema de respaldo para las políticas científicas, tan necesarias para financiar la ciencia y ganar la guerra.

Este clima de desconfianza y recelo se tradujo en fuertes movimientos contra-culturales, anti-nucleares, el movimiento hippie y el punk, las protestas estudiantiles, la liberación de la mujer, el movimiento ecologista –por ejemplo, *Greenpeace* se fundó en 1971 como consecuencia de la oposición a los ensayos nucleares realizados en Alaska–, etc. Tesoros literarios como *Un mundo feliz* de Aldous Huxley, publicada en 1932; *1984* de George Orwell, publicada en 1949; *Fahrenheit 451* de Ray Bradbury, publicada en 1953, *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* de Philip K. Dick, publicada en 1968 o *Neuromante* de William Gibson, publicada en 1984, se ambientaban en sociedades distópicas significativamente marcadas por la tecnología, anticipando muchas de las preocupaciones que despertaba la repercusión del desarrollo científico-tecnológico en el tejido social y en la vida diaria. De hecho fue un libro el que proporcionó el nombre a este clima de malestar: *Frankenstein* de Mary Shelley, novela publicada en 1818. Así, el término “síndrome de Frankenstein” hace referencia al temor de que las mismas fuerzas que se utilizan para controlar la naturaleza acaben provocando la destrucción del ser humano (García Palacios *et al*, 2001). El director de cine Steven Spielberg caricaturizó los efectos del uso descontrolado de la ciencia y la tecnología en la película *Jurassic park*, estrenada en 1993. En una de sus secuencias más famosas, el Matemático Ian Malcolm reflexiona sobre los últimos sucesos acaecidos en la película y dice: “Dios crea a los dinosaurios. Dios destruye a los dinosaurios. Dios crea al hombre. El hombre destruye a Dios. El hombre crea a los dinosaurios.”. Y la paleontóloga Ellie Sattler añade: “Los dinosaurios de comen al hombre... La mujer hereda la tierra”. La

propia película es en sí misma una llamada de atención frente a la ambición y la arrogancia científica, aquello que Andrew Jamison ha caracterizado como *hubris*, en numerosos escritos: “la arrogancia o el sobredimensionamiento de las competencias humanas, que son esenciales para el desarrollo de la ciencia y la tecnología” (Jamison, 2014: 22). *Hubris* se opone a *hybrid*, la imaginación híbrida, la destreza para combinar de un modo distinto el conocimiento científico y las habilidades tecnológicas de diferentes disciplinas y ámbitos sociales (Hård y Jamison, 2005; Jamison, Christensen y Botin, 2011; Jamison, 2014).

En su recorrido por la historia cultural de la ciencia en términos de *hubris* e *hybrid*, Jamison (2014) señala cómo los cambios acontecidos en las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad desde mediados del siglo XX estuvieron influenciados por estos movimientos sociales y culturales que surgieron en la década de los 60 y 70. Representaban “una protesta global contra el tipo de ciencia y tecnología que se había desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial y en la ‘Guerra Fría’ que le siguió. Protestaban contra la militarización de la ciencia y la tecnología, así como contra sus efectos deshumanizantes e inhumanos.” (p. 33). Las críticas se extendieron también hacia los impactos del desarrollo científico y tecnológico sobre el medioambiente. El libro de Carson, *Primavera silenciosa*, sobre los efectos perniciosos del uso del DDT¹⁵ en el medio ambiente, impulsó el movimiento ecologista y suele considerarse su obra fundacional.

Parte de la reacción social fue el resultado de la movilización de científicos e ingenieros que, desde asociaciones como la estadounidense *Science for the People* o la británica *British Society for the Social Responsibility in Science* protestaron por los abusos derivados del desarrollo científico-tecnológico y, en especial, contra la ideología y el elitismo resultantes del mismo. En la misma época, también las administraciones públicas comenzaron a tomar conciencia de la necesidad de adoptar nuevas medidas para la gestión del desarrollo de la ciencia y la tecnología, y de abrir ciertos espacios a la participación de la sociedad en un intento de hacer frente a la creciente percepción negativa. Uno de los factores que desencadenó la aparición de los centros de ciencia, como distintos de los museos de ciencia, fue precisamente la creciente alerta sobre la

¹⁵ Paul Hermann Müller recibió, en 1948, el Premio Nobel de Fisiología o Medicina por su descubrimiento del Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT) como insecticida. El uso del DDT fue clave en el control de enfermedades transmitidas por insectos como la Malaria, la Fiebre amarilla o la Fiebre tifoidea.

progresiva invasión de la ciencia y la tecnología y su impacto en la sociedad (Schiele, 2008a). El cambio en la sensibilidad quedó reflejado en el incremento de las preocupaciones medioambientales y su inclusión en las agendas de los centros de ciencia (Davallon, Grandmont y Schiele, 1992). En Europa comenzarán a desarrollarse, aunque en este caso con un formato disciplinar, nuevos estudios sobre la ciencia y la tecnología que atenderán a su relación y problemas con la sociedad. El desarrollo de estos estudios tendrá tintes diferentes según en qué lado del Atlántico se sitúen. Aunque ambos incorporen la crítica a la visión tradicional de la ciencia y atiendan a la dimensión social, la orilla estadounidense se centrará en el análisis de las consecuencias sociales del desarrollo científico-tecnológico sobre la base de un análisis generalmente de carácter práctico, cuyo marco vendrá proporcionado por la ética, la teoría política y la teoría de la educación (González García, López Cerezo y Luján López, 1996). En la europea la atención se orientará hacia la incidencia de la dimensión social en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, desde enfoques eminentemente teóricos y descriptivos provenientes principalmente del campo de la sociología, la psicología y la antropología (González García, López Cerezo y Luján López, 1996).

1.5. La tradición académica y la tradición activista

Realizar aquí una revisión en profundidad del desarrollo de ambas tradiciones excede con creces el objetivo de este trabajo. Por el contrario, un resumen abreviado tampoco permite mostrar las sutilezas de cada autor, cada línea de trabajo o programa de investigación. Un término medio se encuentra en la obra que ya se ha mencionado al principio de este capítulo y a lo largo de él – González, García y Luján López (1996)–, y es ella la fuente de gran parte de lo que sigue.

Como se ha señalado antes, un referente central en el origen de la tradición académica es T. S. Kuhn. Suele realizarse una distinción importante al analizar su impacto en la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia de la década de 1970. La interpretación conservadora de la obra kuhniana intentaría encontrar criterios metacientíficos que permitieran el cierre epistémico de las controversias y asegurasen la conservación de la racionalidad de la ciencia en los periodos de revolución científica. Se adscriben a esta línea autores como Imre Lakatos, Paul Feyerabend, Larry Laudan, Gerald Holton, Dudley Shapere o Robert S. Cohen. Por el contrario, en la interpretación radical de Kuhn, se sostenía que

los elementos epistemológicos estaban totalmente entrelazados con los elementos sociales y no podían ser considerados de forma aislada, de modo que no había tales criterios metacientíficos que permitieran la comparación puramente epistémica entre teorías rivales. En esta interpretación, a la que pertenecen sobre todo sociólogos, destacan los nombres de Harry Collins, Bruno Latour, Barry Barnes o David Bloor.

Podría decirse que Bloor y Barnes inauguran la tradición académica. El origen de esta tradición, desarrollada principalmente en Europa, suele situarse en la Universidad de Edimburgo donde se estaba construyendo una sociología del conocimiento nueva, que enfatizaba los aspectos no epistémicos que intervenían en la dinámica de la ciencia. Fue en esta Universidad donde cristalizó el *Strong Programme*, enunciado por Bloor y fundamentado por Barnes. El propósito del programa era proporcionar los principios para una explicación científica de la naturaleza y el cambio del conocimiento científico –Los principios, tan bien conocidos, de causalidad, imparcialidad, simetría y reflexividad (Bloor, 1976)–. En los años siguientes, varios autores aplicarían este programa a diferentes episodios de la historia de la ciencia, desarrollándose además un programa práctico en la Universidad de Bath bajo la dirección de Harry Collins y Trevor Pinch denominado *Empirical Programme of Relativism* (EPOR). El objetivo de este programa era el estudio empírico de las controversias científicas entendiendo estas como lugares en los que aparecen con claridad las confrontaciones entre los intereses. Descendían así a un enfoque más meso-social en comparación con el enfoque macro-social del *Strong Programme*. El programa *Social Construction of Technology* (SCOST) liderado por Wiebe Bijker y Trevor Pinch, supondría un intento de aplicar los principios del *Strong Programme* al desarrollo tecnológico. En el nivel micro se sitúan los estudios de laboratorio que proliferaron en la década de los 80. Inspirados en la etnometodología, eran fundamentalmente descriptivos e hicieron de los laboratorios físicos, y de lo que hacían los científicos en ellos, su objeto de estudio. Un enfoque micro-social de especial relevancia fue la Teoría de Actor Red desarrollada por Bruno Latour y Michael Callon. Otra metodología aplicada al estudio social de la tecnología sería el análisis de redes sociotécnicas llevado a cabo por Thomas Hughes.

En un escenario de malestar por la ciencia provocado por los efectos negativos del desarrollo científico y tecnológico, no es de extrañar que los estudios de la tradición americana se orienten más hacia las consecuencias del

avance de la ciencia y la tecnología, ni que el enfoque sea más práctico, y tampoco que en la reflexión sobre las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad tenga un fuerte peso el aspecto político. El establecimiento de políticas científicas, la evaluación tecnológica, el control social, la participación del público no experto y la educación fueron algunos de los temas que despertaron el interés de los autores adscritos a esta tradición. Sus perspectivas están enraizadas en la filosofía, en la ética o en la epistemología; son enfoques que atacan el determinismo tecnológico y se orientan a la defensa de la democratización de la ciencia y la tecnología.

Tanto los autores de la Alta Iglesia como los de la Baja Iglesia, como irónicamente bautizó Fuller (1992) por el enfoque doctrinal de la tradición académica frente al enfoque evangelizador de la tradición académica, han ido dotando de cuerpo y fundamento al campo de los Estudios Sociales, y en la mayoría de los casos han transitado por sus distintas ramas hasta el punto de disolver las adscripciones disciplinares. Como se señalaba al principio de este capítulo, los Estudios Sociales dan cabida a una amalgama de trabajos de diversa índole que se aglutinan en torno a diferentes problemas. Su carácter trans- e inter-disciplinar hace prácticamente imposible demarcarlos. Aunque no esté disponible un mapa de los Estudios Sociales, los tres *Handbook* de referencia proporcionan las líneas maestras del campo. En la introducción del tercero, Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch y Judy Wajcman (2008) mencionan que el primero requirió de seis años desde su concepción hasta su publicación, el segundo de siete y el último de ocho. Si la pauta se respeta, el próximo verá la luz en 2017. Tomando como referencia las secciones en las que se divide cada *Handbook* (Figura 5), los autores refieren que en el de 1977 los Estudios Sociales eran descritos como un campo emergente que conjugaba ideas y teorías sobre la ciencia y la tecnología. Ya entonces los estudios de ciencia y los estudios de política científica se mantenían separados, una segregación que se ha mantenido en los siguientes volúmenes. En el de 1995 los Estudios Sociales se encontraban en una especie de etapa adolescente y mostraban una identidad más estable; la tecnología acompaña a “ciencia”, adquiere cierta autonomía y tiene una sección propia. En este, la organización de las secciones a través de disciplinas es sustituido por un enfoque más temático, centrado en procesos sociales, fenómenos emergentes, comunicación, controversias y política. El tercero, de 2008, presenta un campo maduro que se adentra en otras disciplinas. El foco en el público adquiere fuerza como reflejan las palabras “People” y “Publics” en dos de las secciones.

Figura 5. Relación de las secciones presentes en los *Handbooks* de los Estudios Sociales de la Ciencia.

<p>Handbook of Science, Technology, and Society (Spiegel-Rösing y de Solla Price, 1977)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Normative and professional contexts • Disciplinary perspectives on science studies • Interdisciplinary perspectives on science policy
<p>Handbook of Science and Technology Studies (Jasanoff, Markle, Peterson y Pinch, 1995)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Theory and Methods • Scientific and Technical Cultures • Constructing Technology • Communicating Science and Technology • Science, Technology, and Controversy • Science, Technology, and the State
<p>Handbook of Science and Technology Studies (Hackett, Amsterdamska, Lynch y Wajcman, 2008)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ideas and Perspectives • Practices, People, and Places • Politics and Publics • Institutions and Economics • Emergent Technosciences

Elaboración propia. Fuente: Spiegel-Rösing y de Solla Price (eds.) (1977); Jasanoff, Markle, Peterson y Pinch (eds.) (1995) y Hackett, Amsterdamska, Lynch y Wajcman (eds.) (2008).

En el marco que proporcionan las secciones, los autores comparten lo que Sergio Sismondo (2008) describe como “la metáfora de la construcción social de la ciencia”, cuyas implicaciones son:

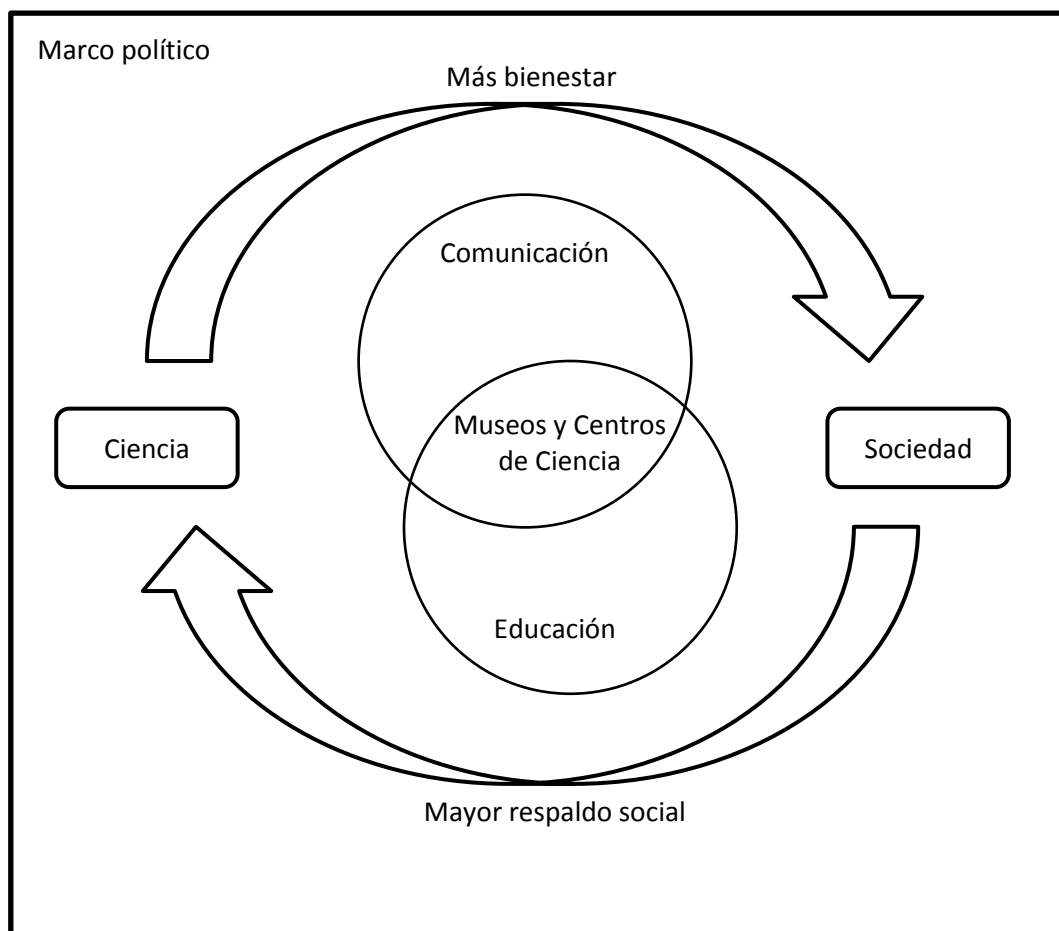
First, science and technology are importantly *social*. Second, they are *active* –the construction metaphor suggests activity–. And third, they do not provide a direct route from nature to ideas about nature; the products of science and technology are *not themselves natural*. (Sismondo, 2008: 14. Énfasis en el original).

Esas asunciones, señala Sismondo (2008), se extienden a otros reinos y, por ello, a los autores mencionados, se suman aquellos que no solo no publican en las revistas del campo sino que probablemente no se adscribirían a los Estudios Sociales de la Ciencia, y, sin embargo, sus presupuestos están impregnados de una construcción de la disciplina que les es propia.

Conclusiones

Este trabajo se adscribe al campo de los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. En términos geográficos, linda al norte con el campo de la comprensión pública de la ciencia, porque en él se mide la cultura científica; al sur con el de la política científica, porque alberga las estrategias de promoción de la cultura científica; al este con el de la comunicación y al oeste con el de la enseñanza, porque ambos son medios claves en el fomento de la cultura científica. Los museos y centros de ciencia suponen un punto de intersección de estas coordenadas. Este es el mapa, y la hoja de ruta comienza en la alfabetización científica y llega hasta la cultura científica.

Figura 6. Concepción de la relación entre la ciencia y sociedad.

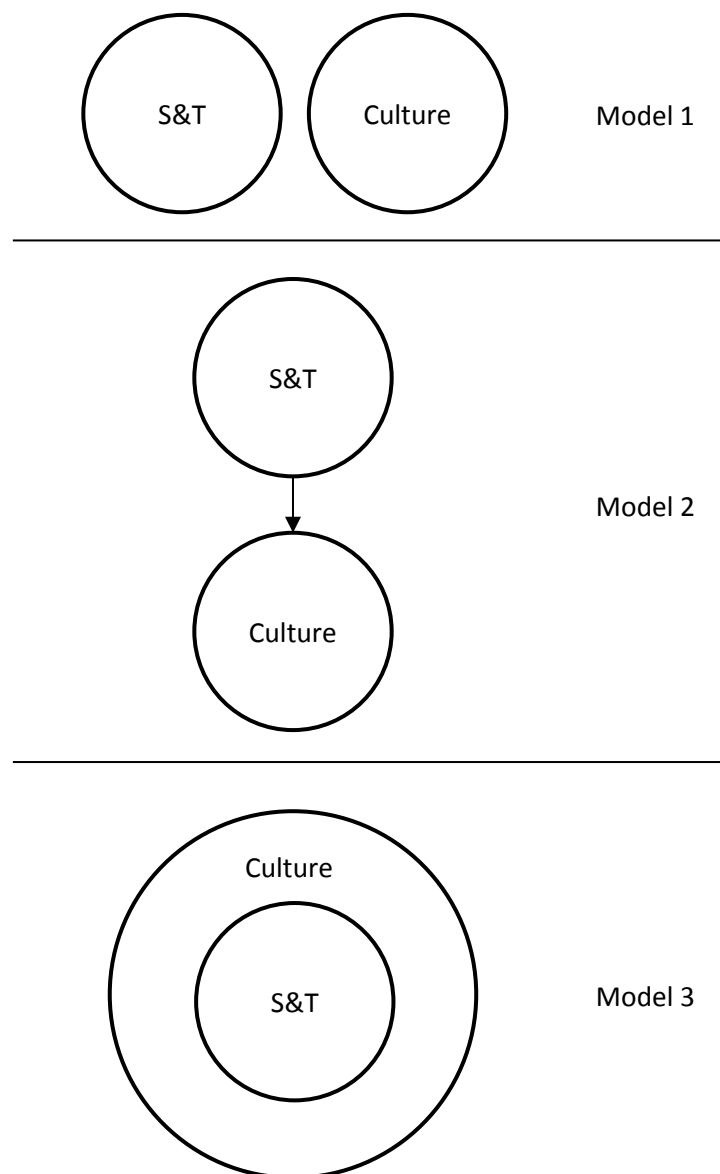


Elaboración propia.

La Figura 6 muestra esquemáticamente la disposición actual de la relación entre la ciencia y la sociedad, en ella se han incluido los ámbitos clave de este trabajo. La sociedad y la ciencia aparecen diferenciadas, vinculadas a través de

intermediarios procedentes del ámbito de la comunicación y de la educación, lugar donde los museos y centros de ciencia se ubican. La idea de que la sociedad debe respaldar la inversión en ciencia básica porque repercute en última instancia en el bienestar social se ha resaltado a través de las flechas. Intencionadamente no aparece la cultura científica.

Figura 7. Tres modelos de la ciencia y la cultura.



Fuente: Godin y Gingras, 2000: 53.

La Figura 6 guarda relación con el modelo de dos estadios (*two stage model*) que recogen Benoît Godin y Yves Gingras (2000). Los autores señalan tres modos de comprender la relación entre la ciencia-tecnología y la cultura (Figura 7): el primero presenta la ciencia-tecnología como una esfera separada, en ocasiones opuesta a la cultura. En el segundo la ciencia-tecnología y la cultura también están separadas, vinculadas a través de intermediarios de la ciencia, de “ángeles” que median, “no entre el cielo y la tierra, sino entre un público desencantado y las instituciones de la ciencia, la industria y la política”¹⁶ (Bauer, Alum y Miller, 2007: 85). En el tercer modelo, la ciencia-tecnología es, desde el principio, definida como parte de la cultura, “necesariamente, la ciencia y la tecnología, juntas como un fenómeno social basado en el esfuerzo colectivo, deben ser incluidas como formas de organización social de la cultura”¹⁷ (Godin y Gingras, 2000: 53).

La representación de los tres modelos de Godin y Gingras (2000) es algo gruesa, pero ilustra bien la relación a grandes rasgos entre la ciencia y la cultura, y podría servir para mostrar, de manera simplificada, la relación entre la ciencia y la sociedad cambiando el término “cultura” por el de “sociedad”. Como se acaba de indicar la disposición que muestra la figura anterior es similar al segundo modelo de Godin y Gingras (2000). Ellos proponen avanzar hacia el tercer modelo, y del mismo modo, en este trabajo se concibe la ciencia, desde el principio, como parte de la sociedad, dándose entre ambas influencias mutuas. Al reubicar las esferas es razonable que ellas mismas se modifiquen, y que las conexiones entre ellas se vean afectadas, provocando cambios en lo que media entre la sociedad y la ciencia. La pregunta que se plantea es cómo se distribuyen los elementos en la nueva disposición y qué función cumplen.

En este capítulo se ha presentado el marco en el que se ha realizado este trabajo. Los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad es un campo que se ha construido sobre la crítica a la concepción heredada de la ciencia, el paradigma que imperó como marco de la relación entre la ciencia y la sociedad hasta el último tercio del siglo XX. Tomando como referencia la fecha señalada por González García (2013), 1977, los Estudios Sociales rondarían, en la actualidad, la cuarentena. No es ya un campo joven, pero tampoco es un campo institucionalizado, conserva una plasticidad que

¹⁶ Traducción propia.

¹⁷ Traducción propia.

permite conjugar distintas disciplinas, una razón para auspiciar este trabajo. No es la única, la cultura científica es un asunto central en estos Estudios Sociales hasta el punto de que ha sido su propio interés lo que ha contribuido a conformar, no un campo de la cultura científica, pero sí el campo *Public Understanding of Science*, que aborda las medidas del nivel de alfabetización científica, de la percepción de la ciencia, de la participación pública y de la apropiación social de la ciencia. También el campo *Science Communication*, que se ocupa de la salud del diálogo entre la ciencia y la sociedad donde la noción de cultura científica juega un papel fundamental; y el campo *Science Policy and Governance*, que también se ha preocupado por la promoción de la cultura científica. Los Estudios Sociales surgen como un cuestionamiento a la clásica visión esencialista y triunfalista de la ciencia y la tecnología. Se dice de ellos que presentan una perspectiva crítica, pero su mirada crítica no puede ejercerse solo sobre al exterior, la incorporación de distintos enfoques estimula a los Estudios Sociales a revisar sus propios presupuestos. La ciencia, entendida como una construcción social e instrumental, es el marco de este trabajo.

Capítulo 2

Alfabetización científica

Introducción

En este capítulo se revisan los cambios en el concepto de alfabetización científica desde sus orígenes hasta la institucionalización del campo “Public Understanding of Science”. Suele remontarse el origen de los estudios de percepción y comprensión social de la ciencia al informe *The Public Impact of Science in the Media*, publicado en 1957, si bien no es este el primer intento de medir la alfabetización científica. Se abordan también las tentativas más destacadas de definir la alfabetización científica, concretamente las propuestas de Milton O. Pella, George T. O’Hearn y Calvin W. Gale (1966), la de Lawrence L. Gabel (1976), la de Rodger W. Bybee (1997), la de Morris Shamos (1995) y por supuesto la de Benjamin S. P. Shen (1975a), que es, probablemente, una de las más influyentes. También se revisan la de Geoffrey P. Thomas y John R. Durant (1987) y, finalmente, la de Jon D. Miller (1983, 1998).

Aunque la reflexión de los diferentes autores se realiza sobre el mismo concepto, el de la alfabetización científica, se muestra cómo unas definiciones se centran más en los contenidos científicos que los individuos deben adquirir para ser considerados científicamente alfabetizados, mientras que otras tienen una orientación más social, y se focalizan en la alfabetización científica como requisito para la toma de decisiones en las sociedades democráticas postindustriales sobre temas que involucran aspectos de la ciencia y la

tecnología. Las primeras, denominadas aquí definiciones de *alfabetización en ciencia*, son más abundantes desde principios del segundo tercio del siglo XX, pero a medida que nos acercamos al XXI, las segundas, las definiciones de *alfabetización científica*, cobran cada vez más presencia. Estas últimas están más cercanas a la concepción de “comprensión pública de la ciencia”, término con el que la alfabetización científica guarda una estrecha relación, tanta que en ocasiones es difícil distinguir si se está hablando de alfabetización científica o de comprensión pública de la ciencia.

2.1. La antesala de la alfabetización científica

Fue en la Ilustración cuando la alfabetización del pueblo comenzó a ser un sueño. En su sentido primigenio “alfabetizar” significaba enseñar a leer y a escribir, y así consta en el *Diccionario de la Real Academia de la Lengua* en su vigésima tercera edición. El nivel mínimo de alfabetización comprende aquellos conocimientos que un individuo o una sociedad debe poseer para desenvolverse en el mundo. Primero fue leer y escribir pero poco a poco, acomodándose a los avances de la civilización, a estos conocimientos básicos se les han ido sumando otros. La lectura y la escritura fueron solo el principio; ciertas nociones de matemática, física, geografía, historia, literatura se hicieron también necesarias. Hoy en día se ha incorporado la informática, el inglés y otros idiomas, como el chino. Miller (1983) señala que la alfabetización científica comenzó a ser objeto de estudio sistemático a raíz de las declaraciones que realizó John Dewey en su artículo “The Supreme Intellectual Obligation” publicado en 1934. Para el filósofo norteamericano no solo existía una brecha entre la ciencia y la sociedad, sino que la ruptura se estaba incrementando. El progresivo distanciamiento entre el científico y la sociedad era inevitable y, en cierto modo necesario, porque, explica Dewey, la naturaleza de la profesión científica precisa de cierta reclusión física y mental por parte del científico, la dinámica de la investigación científica requiere de cierto grado de especialización y el propio lenguaje científico, muchas veces inaccesible para el gran público, es imprescindible para el desarrollo de la investigación científica. Todos ellos son factores que, según el autor, incrementan la distancia entre ciencia y sociedad. Sin embargo, señala, aunque el científico esté distanciado de la sociedad, los avances científicos penetran en la sociedad y tienen consecuencias morales. La ciencia, dice Dewey:

[...] which through technological applications has produced the potentiality of plenty, of ease and security for all, while lagging legal and political institutions, unaffected as yet by the advance of science into their domain, explain the want, insecurity and suffering that are the other term of the paradox [of want in the midst of plenty]. (Dewey, 1934: 2).

La obligación intelectual a la que se refiere en el título de su artículo es la de afrontar esta situación, señalando que es precisamente la ciencia la que tiene el deber de responsabilizarse ante las consecuencias morales que su avance conlleva. Cuando Dewey habla de asumir responsabilidades parece que se está refiriendo a que son los miembros de la comunidad científica, en el desempeño de su actividad, los que deben realizar lo que podría denominarse una ciencia responsable. No obstante, aunque afirma que: “las consecuencias morales de la ciencia en la vida imponen su correspondiente responsabilidad”¹⁸ (Dewey, 1934: 2) no hace explícito en el texto quién debe asumir esa responsabilidad, si desde la comunidad científica, desde el ámbito político, desde la sociedad, todos o una permutación de los tres. Lo que sí hace es sugerir un modo de incidir en ella, y es a través del fomento de una actitud científica (*scientific attitude*) que describe como la voluntad de usar el método científico y el equipamiento necesario para hacer efectiva esa voluntad. Se trataría en general de mantener una actitud abierta, ser intelectualmente íntegro, de observar e interesarse en poner a prueba opiniones y creencias (Dewey, 1934). Dewey ve en el sistema educativo una de las vías más idóneas para fomentar esa actitud científica, especialmente durante los primeros años de las enseñanzas regladas. No obstante, critica que en las estructuras educativas tradicionales las disciplinas están escindidas, se utilizan metodologías didácticas principalmente memorísticas y parece fomentarse una docilidad intelectual en el alumnado, dificultando la adquisición de la actitud científica. El análisis que realiza es una muestra de la profunda preocupación del filósofo estadounidense por la pedagogía, constante en toda su obra y manifiesta en el texto mencionado.

Según Miller (1983) el artículo de Dewey marcó un punto de inflexión en el estudio de la alfabetización científica, ya que a raíz de su publicación varios profesores de ciencia comenzaron a preocuparse por la construcción de una definición operativa de “actitud científica”, así como de los indicadores necesarios para detectar su presencia y medir su alcance en los alumnos. Prácticamente todo el trabajo empírico realizado en la década de 1930 en

¹⁸ Traducción propia.

Estados Unidos, antes de la Segunda Guerra Mundial, por autores como Ira C. Davis, Victor H. Noll o A. G. Hoff, tiene como eje el desarrollo de indicadores para medir una actitud científica entre los estudiantes de diversos niveles educativos. Estos autores pretendían evaluar la capacidad de pensar científicamente a través de un tipo de preguntas que en la actualidad suelen designarse como preguntas de conocimiento del método científico. Desde entonces los intentos de medición han afectado a las propuestas de definición y viceversa. Las definiciones acotan los elementos de la alfabetización científica a medir, y las herramientas de medición tratan de medir cuantitativa y cualitativamente esos elementos. Este proceso de traducción de *¿qué se mide?* a *¿cómo se mide?* provoca un cierto reajuste que requiere repensar la definición y el modo de medir aquello que se aspira a medir. En los estudios de cultura científica que se abordan en el capítulo 5 tiene lugar una situación análoga.

Los estudios posteriores realizados entre 1950 y 1970 en Estados Unidos se adscribían al campo de la educación, así, durante los años de postguerra continuaron los esfuerzos por definir y medir la actitud científica. Simultáneamente fue cobrando fuerza la preocupación por conocer también el grado de comprensión de los constructos científicos básicos. Comenzaron entonces a realizarse estudios que medían el nivel de conocimiento científico en estudiantes, como los realizados por el Educational Testing Service o el College Board. No obstante, fueron los estudios realizados por la National Assessment of Educational Progress (NAEP) en la década de 1970, los primeros en abordar de forma conjunta tanto el nivel de conocimiento de los constructos científicos como la capacidad para pensar en términos lógicos y ordenados. Con el desarrollo de medidas cada vez más cuantitativas, las iniciativas que habían comenzado intentando medir la actitud científica acabaron moduladas de tal modo que se tradujeron por un lado, en la medición del conocimiento de ciertos constructos científicos básicos y, por otro, en la medición del conocimiento de un cierto método de investigación científica. Sin embargo, el estudio que más impacto ha tenido en los estudios de comprensión pública de la ciencia que se desarrollaron posteriormente fue el realizado por Ronald C. Davis en 1957 sobre el consumo de noticias científicas por parte de la sociedad estadounidense. Este estudio incluía preguntas de conocimiento científico y de actitud hacia la ciencia en relación a los hábitos de consumo de noticias científicas, así como del interés mostrado en temas relacionados con la ciencia y la tecnología. Miller encontraría en el estudio de Davies la inspiración para desarrollar los cuestionarios que la

National Science Foundation utilizaría para medir la percepción social de la ciencia en Estados Unidos.

2.2. El informe *The Public Impact of Science in the Media*

En 1958 se publicó el informe *The Public Impact of Science in the Media* realizado por el Survey Research Center de la Universidad de Michigan para la National Association of Science Writers (NASW). El estudio se realizó en dos fases. La primera consistió en un estudio piloto realizado en 1955 a una muestra de 200 entrevistados. Sobre los resultados obtenidos se optimizó el cuestionario, y entre marzo y abril de 1957 se llevó a cabo el estudio a nivel nacional. 200 entrevistadores situados en 66 puntos concretos del país realizaron un total de 1.919 entrevistas a adultos estadounidenses residentes en casas particulares¹⁹. El propósito del estudio fue: “medir el tamaño de las audiencias de la ciencia de los principales medios, y señalar algunos de los factores que contribuyen al consumo de noticias científicas”²⁰ (Davis, 1958: 1). Hasta ese momento la comprensión de la demanda social de noticias científicas se había limitado a intuiciones sobre lo que los ciudadanos querían oír, ver o leer sobre ciencia, y por ello el estudio aspiraba a mejorar la comprensión del proceso de comunicación de masas y a proporcionar una evaluación sobre el estado actual de la divulgación científica, lo que permitiría contar con una base útil para aquellos interesados en incrementar la efectividad de la comunicación de la ciencia al público lego (Davis, 1958). Dado que el estudio fue financiado por la NASW no es extraño que se incluyeran, entre los nueve objetivos específicos, dos (g y h) que atendían a recabar información sobre las actitudes del público hacia la ciencia:

[a] To ascertain the size and composition of the major mass media audiences, [b] to determine the size and characteristics of the science audiences of the media, [c] to describe the content of science news which has been read, heard, and seen, to obtain the science audiences' evaluation of the way in which science news is presented, [d] to analyze the social and psychological factors –abilities, interests and motivations– that relate to the consumption of science news, [e] to see how science news fits into the news reading patterns of the newspaper audience, [f] to examine the effects of differential wording of science news items on the level of reader

¹⁹ Para análisis sobre los resultados del estudio véase Withey, 1959; Withey y Davis, 1984.

²⁰ Traducción propia.

interest, [g] to estimate the distribution of science information among the public, [h] to ascertain the conceptions and attitudes of the public relating to science and scientists. (Davis, 1958: 4).

Para medir la alfabetización se incluyeron cuatro cuestiones sobre ciencia actual. Se construyó una “escala de información científica” (Davis, 1958: 133) teniendo en cuenta cinco factores para seleccionar los ítems de la escala: (1) debido a las limitaciones de la encuesta, tenían que ser solo unos pocos ítems, (2) no podían cubrirse todos los campos de la ciencia, (3) tenían que ser ítems relativamente actuales para que fueran percibidos como preguntas sobre noticias científicas y no como preguntas de un test, (4) su dificultad debía de ir de menos a más, y (5) ser escalables mediante la técnica de Guttman²¹. Finalmente los cuatro tópicos seleccionados fueron: la vacuna de la polio, la fluorización, la radiación y los satélites espaciales, y las preguntas que se realizaron fueron las siguientes (Davis, 1958: 232-234):

Science stories are sometimes about health. For example:

P.6. Do you recall hearing anything about the vaccine for preventing polio (infantile paralysis)? [If yes] P.6.a. What was it that you heard?

P.7. Have you heard anything about plans to launch a space satellite, sometimes called a man-made moon? [If yes] P.7.a. From what you heard, what is the purpose of launching these space satellites?

P.22. Have you heard anything about radioactive fall-out or dust atomic bombs? [If yes] P.22.a. As you understand it, what is radioactivity like?

P.23. In some places around the country fluorides are now being added to the drinking water. Have you heard anything about that? [If yes] P.23.a. What do you think is the purpose of adding fluorides to the drinking water?

A estas cuatro preguntas se incorporó una para medir el conocimiento del método científico (Davis, 1958: 237):

P.44. Some things are studied scientifically, some things are studied in other ways. From your point of view, what does it mean to study something scientifically?

P.44.a. Are there any things that can't be studied scientifically?

²¹ La escala de Guttman es un instrumento de medición cuantitativo acumulativo que, con base en ítems, mide el grado de identificación del sujeto entrevistado respecto de un fenómeno. Es una escala unidimensional puesto que está constituida por afirmaciones que miden una dimensión única, es acumulativa porque las respuestas correctas sucesivas incluyen las anteriores.

P.44.b. How about human beings; do you think we can know how people think, why they behave the way they do, by scientific study?

Son las respuestas a estas preguntas las que están a la base del diagnóstico de analfabetismo científico de la sociedad estadounidense. Rafael Pardo (2014a), en su análisis del tránsito de la alfabetización científica a la cultura científica, refiere que: “El reexamen de los datos de encuesta disponibles acerca de la recepción social de la ciencia desde finales de los años cincuenta a la década de los setenta del pasado siglo muestra que el diagnóstico de la comunidad científica fue claramente exagerado. No hubo tanto una crítica total a la ciencia como a algunos subconjuntos y facetas de la misma, unida a la petición de que la comunidad científica no pasara por alto los valores y las ansiedades del público” (p. 49). Las críticas del público se orientaban hacia aspectos concretos de la ciencia, no hacia la ciencia misma y, aunque la sociedad mantenía expectativas positivas sobre sus potencialidades, era consciente de la doble naturaleza de la empresa científica (Pardo, 2014a).

Para medir las actitudes de la sociedad hacia la ciencia y la tecnología se incluyeron 12 preguntas, las cuales resultarán muy familiares a cualquiera que esté familiarizado con los estudios de percepción social de la ciencia, pues algunas de ellas pueden encontrarse prácticamente intactas en los cuestionarios de los estudios demoscópicos más recientes. Son las siguientes (Davis, 1958: 237-238):

P.43. Now I'd like to ask you a few general questions. All things considered, would you say that the world is better off or worse off because of science?

P.43.a. Would you tell me why you think so?

P.43.b. As you see it, what might be some of the bad effects of science on the world?

[If any bad effects mentioned] P.43.c. Who would you say is responsible for the bad effects of science: the scientists themselves, or others?

[If others] P.43.d. Who? What kind of people?

P.45. Do you think that science may understand most of the things that happen in the world, or do you think that science will never be able to understand a lot of things?

P.46. Do you think that the things that happen in this world have a cause, or do things happen by accident, for no reason at all?

P.47. Do you think that the things that happen in this world are mostly controlled by God, or do you think the world runs pretty much by itself?

P.48. Here are some things that have been said about science. Would you tell me if you tend to agree or disagree with them?

- a) Science is making our lives healthier, easier and more comfortable.
- b) The growth of science means that a few people could control our lives.
- c) Science will solve our social problems like crime and mental illness.
- d) One trouble with science is that it makes our way of life change too fast.
- e) Scientists always seem to be prying into things that they really ought to stay out of.
- f) Most of scientists want to work on things that will make life better for the average person.
- g) One of the bad effects of science is that it breaks down people's ideas of right and wrong.

P.49. It has been said that one of our big troubles is that we depend too much on science and not enough on faith. How do you personally feel about that statement?

P.50. Suppose all you knew about a Mr. Smith was that he was a scientist. What guesses might you make as to the sort of person he was.

P.50.a. What do you think a person might particularly like about being a scientist instead of doing some other kind of work?

P.51. Here are some statements about scientists. Do you tend to agree or disagree with them?

- a) Most scientists are mainly interested in knowledge for its own sake; they don't care much about its practical value.
- b) Scientists are apt to be odd and peculiar people.
- c) One of the best things about science is that it is the main reason for our rapid progress.
- d) Scientist work harder than the average person.
- e) Scientists are not likely to be very religious people.

P.52. Which of these statements comes closest to your point of view about what scientists should do in their work?

- a) Scientists should only work on things that clearly have a practical value.

- b) Scientist should work on understanding nature, even if there is no immediate practical use seen for such work.
- c) Scientists should work on anything that interests them, even if it has no practical value at all.

P.53. Do you think it is all right for scientists to work on anything they want to, even if their discoveries seem to conflict with religious teachings?

P.54. Some people feel they can plan ahead pretty definitely in their lives, others feel they can't. How about you? Have you found that you can pretty well plan your life, or not?

P.55. Do you think that, when you come right down to it, human nature is good, or bad, or what?

Una de las conclusiones del estudio sobre lo que la sociedad percibía de la ciencia fue que el público destacaba sus efectos beneficiosos, en tanto que los negativos eran descritos, prácticamente en su totalidad, en términos del potencial destructivo de la energía atómica. Sin embargo, la atribución de responsabilidad era vaga, y los científicos no eran vistos como culpables directos de los efectos perniciosos de la ciencia. Al contrario, los datos apuntaban a que la imagen del científico era la de una persona inteligente, educada y trabajadora. En resumen: “que la ciencia era vista como algo bueno y los fines de los científicos eran buenos”²² (Davis, 1958: 22).

El perfil del consumidor de noticias científicas que quedó esbozado era el de un hombre, de clase social y económica media-alta, con estudios superiores, adulto, urbano; que aunque entiende la ciencia como algo esencialmente beneficioso, no es ingenuo ante sus consecuencias negativas; que consume contenidos científicos a través de diferentes medios, principalmente escritos; y que demanda más y mejor información científica. En el informe final, realizado por Davis, se concluyó que la información científica de los individuos estaba positivamente relacionada con el nivel de estudios y con la capacidad adquisitiva. Así, la población con estudios universitarios superiores y un nivel económico elevado estaba más informada científicamente que aquella con menos estudios y un nivel económico más bajo. Se infirió también que aquellas personas más informadas mostraban un mayor interés en cuestiones científicas, un resultado que permitía plantear una estrategia de acción basada en la idea de que “cuanto más interesada está una persona en la ciencia, más interés adicional se puede

²² Traducción propia.

estimular”²³ (Davis, 1958: 132) –quizá la formulación original del axioma PUS “the more you know, the more you love it”–. La hipótesis de que un mayor conocimiento científico podría favorecer una actitud positiva hacia la ciencia se convirtió en el núcleo de la investigación realizada en el marco del paradigma *public understanding* (Bauer, Allum y Miller, 2007; Bauer, 2009).

La encuesta de Davis partía de la hipótesis de que las habilidades, los intereses y las motivaciones estaban en la base de los comportamientos. Por lo tanto obtener datos acerca de estos factores contribuiría a profundizar en la comprensión de una conducta específica, como es la de consumir noticias científicas. El estudio de las actitudes, comportamientos o conductas debía permitir perfilar una imagen más precisa de la comprensión pública de la ciencia, una que pudiera ser de utilidad en el reto de lograr una comunicación más eficaz o detectar lagunas de información. Estas fueron las razones para incluir, en un estudio sobre el impacto de los medios de comunicación que transmiten contenidos científicos en el público, cuestiones sobre las actitudes hacia la ciencia.

Es frecuente encontrar el informe *The Public Impact of Science in the Media*, al que suele denominarse abreviadamente “informe Davies”, mencionado al principio de la historia de los estudios de percepción social de la ciencia, como una especie de documento fundacional, y sobre él ha recaído la responsabilidad de la formulación del modelo de déficit cognitivo, que se aborda más adelante en el capítulo 3, así como la sentencia de una población con un nivel bajo de alfabetización científica. Se llevó a cabo pocos días antes del lanzamiento del *Sputnik I* –para consternación de los estadounidenses–, del comienzo de los movimientos contraculturales y de las revueltas que se desencadenaron tras la guerra de Vietnam, de la publicación de *Silent Spring* de Rachel Carson, de *The Structure of Scientific Revolutions* de Thomas S. Kuhn y, en definitiva, de la concreción de la crítica a la concepción heredada de la ciencia y de la consolidación de los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, tal y como se expuso en el capítulo 1.

²³ Traducción propia.

2.3. El problema de la nomenclatura

Antes de entrar en la revisión de las definiciones más relevantes de la alfabetización científica es oportuno detenerse en las formas que ha adoptado el término. Según Rüdiger C. Laugksch (2000) el rótulo “science literacy” apareció por primera vez impreso en la publicación “Science Literacy: Its meaning for American Schools”, de Paul Hurd, en 1958. El uso de “science literacy” ha convivido con el de “scientific literacy”, no solo en inglés, estas dos alternativas se dan también en español. Optar por la forma adjetivada “científica” o por la forma nominal “ciencia” para apellidar a “alfabetización” se replica en otros idiomas y se reproduce en otros pares como “cultura científica” y “cultura de la ciencia”, “cultura innovadora” y “cultura de la innovación” o “cultura tecnológica” y “cultura de la tecnología”. En general hay cierta laxitud en el empleo de un término u otro. “Alfabetización científica” y “alfabetización en ciencia”, incluso “alfabetización de la ciencia”, son términos utilizados indistintamente y, en cualquier caso, no hay estudios sobre la frecuencia de uso en ámbitos concretos²⁴. No obstante, algunos autores, como Douglas A. Roberts (2007) conceden cierta significatividad a qué término sucede a “alfabetización”; estas discrepancias se agudizan cuando se trata del término “cultura”.

Paul Hurd (1958, 1998), Benjamin S. P. Shen (1975a) o Robert N. Carson (1998), entre otros, son ejemplos de autores que no otorgan una importancia clara a la distinción entre “science literacy” y “scientific literacy”. Hurd, emplea indistintamente ambos términos en los títulos de sus publicaciones. Por su parte, Shen o Carson utilizan “science literacy”, pero sin hacer explícitas las razones que les llevan a preferir un rótulo sobre otro. Jon D. Miller (1983), quien formulará su definición de la alfabetización científica sobre la base de la de Shen, utilizará el rótulo “civic scientific literacy” en sus escritos sobre el tema, aun cuando el propio Shen (1975a) utiliza “civic science literacy”. Victor J. Mayer (2002), por ejemplo, desarrolla un currículum para la enseñanza de la ciencia basado en lo que denomina “Global Science Literacy”, en el texto de la obra que lleva este mismo nombre, *Global Science Literacy*, la expresión “scientific literacy” aparece con frecuencia, pero el autor no hace hincapié en los motivos de utilizar uno u

²⁴ Una búsqueda en Google, realizada el 20 de mayo de 2015, arrojó 62.500 resultados para “alfabetización de la ciencia”, 54.100 para “alfabetización científica” y 9.380 para “alfabetización en ciencia”. No son datos significativos, pero en todos los casos los resultados aparecen principalmente páginas relacionadas con la educación y con los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad.

otro. En cualquier caso, para Roberts (2007) “estrictamente hablando, la palabra *ciencia* no es un adjetivo, así que los términos no son exactamente equivalentes”²⁵ (p. 731, énfasis en el original). Señala que es más frecuente encontrar “scientific literacy” vinculado a la enseñanza de la ciencia, siendo ampliamente utilizado en varios países, aunque “science literacy” es más familiar en contextos educativos estadounidenses, es además el que aparece en los materiales y publicaciones del *Project 2061* que se aborda más adelante en este mismo capítulo.

Durante una conversación telefónica, Roberts (2007) le preguntó a F. J. Rutherford, en aquel momento Director emérito del *Project 2061*, sobre la cuestión de los términos, ya que en los primeros documentos publicados por la American Association for the Advancement of Science (AAAS) se utilizaba “scientific literacy” mientras que en los más recientes figuraba “science literacy”. La respuesta de Rutherford fue la siguiente:

‘Science literacy’ refers to literacy with regard to science, while ‘scientific literacy’ properly refers to properties of literacy, namely literacy that is scientifically sound no matter what content domain it focuses on... As far as I know, you are the only one who has raised the question, and most people seem satisfied with either construction. (Citado en Roberts, 2007: 731).

Finalmente, Roberts opta por unificar los dos términos bajo la abreviatura “SL”. Aun así, el autor, detecta dos visiones en la literatura sobre SL.

I shall argue that all of this diverse literature [on scientific literacy] can be better understood if one comes to grips with a continuing political and intellectual tension that has always been inherent in science education itself. I refer to the role of two legitimate but potentially conflicting curriculum sources: science subject matter itself and situations in which science can legitimately be seen to play a role in other human affairs. These two sources have long been used to generate components of science learning –whether in pre-collegiate formal schooling or informal science deduction in museums and the like. [...] I shall call them, simply, *Vision I* and *Vision II*, where a vision is much broader analytical category than, say, a definition. (Roberts, 2007: 729:780. Énfasis en el original).

La “Visión I” supone una mirada introspectiva al canon de la ortodoxia de la ciencia, es decir, atiende a los productos y los procesos de la ciencia; históricamente ha sido la perspectiva que ha orientado la definición de la SL y su

²⁵ Traducción propia.

punto de partida es la ciencia misma. La “Visión II” abarca una perspectiva más social, en ella la ciencia adquiere relevancia en una situación concreta, atiende al uso de la ciencia en un contexto social, por ello, la referencia es la sociedad. Según Roberts, estas dos visiones representan los extremos de un continuo, son extremos idealizados, desarrollados como un mecanismo heurístico.

Las reflexiones de Rutherford y las de Roberts apuntan a que el uso de un término u otro no es inocuo. Sus palabras sugieren que podrían estar coexistiendo al menos dos aspectos de alfabetización en relación con la ciencia, dos vertientes de la alfabetización permitiendo la distinción entre la *alfabetización en ciencia* y la *alfabetización científica*. La primera, la *alfabetización en ciencia*, abarcaría el conocimiento de los constructos básicos de la ciencia y la familiarización con el método científico, entendidos ambos – conocimiento científico y método científico– como parte de los contenidos mínimos del currículum de la ciencia. La segunda, la *alfabetización científica*, incluiría el conjunto de constructos científicos básicos que son necesarios para seguir y dar sentido a los debates públicos que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. De este modo, podría hablarse de un tipo de alfabetización que se definiría por sus contenidos y estaría orientada hacia la enseñanza de la ciencia, la *alfabetización en ciencia*, y un segundo tipo de alfabetización que se definiría por su uso y que tendría un componente de carácter más social o cívico, la *alfabetización científica*.

En muchas de las definiciones que se revisan a continuación están presentes las dos vertientes, aunque no con la misma fuerza. Distinguir claramente estos dos aspectos de la alfabetización –el orientado a la ciencia o a la enseñanza de la ciencia; y el orientado a la sociedad o al impacto de la ciencia en la sociedad– puede contribuir a explicar algunos de los problemas de ajuste entre la definición de la cultura científica y su medición que se aborda más adelante, en el capítulo 5. En la revisión de las distintas aproximaciones que se desarrolla a continuación, al igual que Roberts, se utilizará la abreviatura “SL” para hacer referencia a una alfabetización que incluya las dos vertientes.

2.4. La conceptualización de la *alfabetización en ciencia*

En general, todas las definiciones de SL comparten un mínimo común, incluyen entre sus componentes el conocimiento de los conceptos elementales de la

ciencia y de los rudimentos básicos de la investigación científica. Aunque, en ambas, las nociones científicas conforman el estrato base, en el caso de la *alfabetización en ciencia* su inclusión se hace de forma explícita, son un fin en sí mismo, mientras que en el de la *alfabetización científica* son un medio para alcanzar un fin.

i) Las definiciones de Milton O. Pella, Goerge T. O’Hearn y Calvin W. Gale

Pella, O’Hearn y Gale (1966) realizaron una sistematización de los contenidos de la SL basada en la codificación de artículos sobre el tema publicados entre 1946 y 1964. Su trabajo constituye uno de los primeros intentos de proporcionar una base empírica en la definición de la SL (Laugksch, 2000). Tras revisar 100 *papers* identificaron los seis aspectos de la SL más comunes en la literatura especializada:

The scientifically literate individual presently is characterized as one with [1] an understanding of the basic concepts in science, [2] nature of science, [3] ethics that control the scientist in his work, [4] interrelationships of science and society, [5] interrelationships of science and humanities, [6] differences between science and technology. (Pella, O’Hearn y Gale, 1966: 206).

Donde (4) las interrelaciones entre la ciencia y la sociedad, (3) la ética y (2) la naturaleza de la ciencia tenían más presencia en la literatura académica que los otros tres aspectos, que son: (6) las diferencias entre la ciencia y la tecnología, (1) los conceptos básicos de la ciencia y (5) las interrelaciones entre la ciencia y las humanidades (Pella, O’Hearn y Gale, 1966). Esta lista de componentes es indicativo de que conviven dos focos dentro de la SL: uno relacionado con los contenidos científicos y otro relacionado con la interacción entre la ciencia y la sociedad, la *alfabetización en ciencia* y la *alfabetización científica*.

ii) La definición de Lawrence L. Gabel

En su Tesis Doctoral, Gabel (1976) llevó a cabo una revisión de las definiciones de la SL entre 1950 y 1970 y, tal y como destacaría Miller (1983), la mayoría de ellas se adscriben al campo de la educación. Estas definiciones estarían más vinculadas a la “Visión I” de Roberts, más cerca de la *alfabetización en ciencia*.

Gabel pretendía conceptualizar la literatura sobre SL a través de una matriz bidimensional (Figura 8) basada, por un lado, en las seis categorías principales de objetivos cognitivos de la taxonomía de Benjamin Bloom y sus tres categorías de los objetivos afectivos²⁶, y, por otro, en la revisión de la bibliografía especializada. El eje de abscisas de la matriz lo constituye la dimensión cognitiva (*cognitive domain*) y la dimensión afectiva (*affective domain*), en el eje de ordenadas figuran los rasgos de la SL señalados por Pella, O’Hearn y Gale, ampliados por Gabel de seis a ocho.

La intención de Gabel era comparar las conclusiones de esta clasificación de la bibliografía sobre la SL con la percepción social de la alfabetización científica. Para ello llevó a cabo un estudio cuantitativo en Ohio (Estados Unidos). La muestra estaba conformada por tres grupos: un grupo de personas orientadas hacia la ciencia (definidos como personas cuyas ocupaciones requieren cierta preparación en ciencia), un grupo de personas no orientados hacia la ciencia (definidos como personas cuyas ocupaciones no requieren preparación en ciencia) y uno combinado. La recogida de información se llevó a cabo mediante un cuestionario enviado a 350 personas que albergaba 45 preguntas en torno a qué se debe esperar de los graduados universitarios en relación a la ciencia. En mayo de 1976, concluida la fase de recogida de datos, se habían recibido solo 185 respuestas, aunque las pruebas estadísticas avalaban que la muestra continuaba siendo representativa. Del análisis de los datos Gabel (1976) infirió siete rasgos principales de la alfabetización científica a las que denominó dimensiones (Figura 9).

²⁶ En 1956 Bloom desarrolló una taxonomía de objetivos educativos que ha constituido una herramienta clave para estructurar y comprender el proceso de aprendizaje. En la actualidad la taxonomía de Bloom ha sido revisada para adaptarla a los nuevos contextos educativos marcados por la inclusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (véase, por ejemplo, Anderson y Sosniak, 1994; Anderson y Krathwohl, 2001). La taxonomía de los objetivos de la educación propuesta por Bloom *et al*, (1956) incluye tres dominios: afectivo, psicomotor y cognitivo, cada uno de los cuales incluye una serie de niveles que a su vez están conformados por diferentes procesos. Los niveles forman un continuo, de modo que los niveles inferiores son lugares de paso necesario para los superiores. La dimensión afectiva hace referencia a la conciencia, a la actitud, a las emociones y a los sentimientos, los niveles de esta dimensión son, en orden ascendente: *Receiving, Responding, Valuing, Organizing* y *Characterizing*. La dimensión psicomotora se refiere a los cambios acontecidos en la conducta o en las habilidades, comprende los niveles, en orden ascendente: *Perception, Set, Guided response, Mechanism, Complex over response, Adaptation* y *Origination*. Para la dimensión cognitiva, que incluye tanto el conocimiento como el desarrollo de habilidades intelectuales, se establecen seis niveles, en orden ascendente: *Knowledge, Comprehension, Application, Analysis, Synthesis* y *Evaluation*.

Figura 8. Componentes de la matriz bidimensional de Lawrence Gabel.

Eje de abscisas		Eje de ordenadas
Cognitive domain	Affective domain	
A.1. Knowledge A.2. Comprehension A.3. Application A.4. Analysis A.5. Synthesis A.6. Evaluation	B.1. Valuing B.2. Behaving B.3. Advocating	I. Organization of Knowledge I.a. Factual Component I.b. Generalizations Component I.c. Discipline Component II. Intellectual Processes III. Value and Ethics IV. Process of Enquiry V. Human Endeavour VI. Interaction of Science and Technology VII. Interaction of Science and Society VIII. Interaction of Science, Technology and Society

Elaboración propia. Fuente: Gabel, 1976.

Figura 9. Dimensiones de la alfabetización científica según Lawrence Gabel.

Rasgo	Dimensión
La producción de nuevo conocimiento a través de la síntesis de un tipo de actividad.	<i>Scientific Inquiry</i>
La valoración de las personas que toman contacto con los nuevos descubrimientos en ciencia y tecnología y su comprensión.	<i>Maintaining Current Awareness</i>
La valoración personal de los métodos que los científicos utilizan en su trabajo.	<i>Valuing Methods of Science</i>
La aplicación del conocimiento científico y los métodos de la ciencia en la vida diaria.	<i>Personal Application of Science</i>
La diferenciación de la ciencia y la tecnología en términos de éxitos y resultados.	<i>Distinguishing Between Science and Technology</i>

Rasgo	Dimensión
El conocimiento y el uso del conocimiento fáctico de la naturaleza para varios propósitos.	<i>Utilizing Factual Knowledge</i>
La sociedad examina sus valores en tanto que la ciencia proporciona a la humanidad más capacidades. Además la sociedad debe establecer las condiciones en las que la ciencia puede prosperar.	<i>Mutual Involvement of Science and Society</i>

Elaboración propia. Fuente: Gabel, 1976.

El análisis de Gabel revelaba que la percepción social de la SL era mucho más pragmática que la imagen académica, y se refirió a ella como la “perspectiva de los legos” (*layman’s perspective*, Gabel, 1976: 277). De nuevo, sus conclusiones apuntan a la existencia de dos vertientes de la SL, siendo más predominante en el campo académico la *alfabetización en ciencia*.

iii) Las definiciones de Rodge W. Bybee y Morris Shamos

La mayoría de las definiciones de *alfabetización en ciencia* contemplan entre sus componentes algún tipo de conocimiento sobre la ciencia y sus productos, manteniéndose en un nivel epistémico, y trazan un rango que, en cierto modo, abarca de cero conocimiento científico a cien. En última instancia, el objetivo de promover la *alfabetización en ciencia* lleva a la conversión del lego en experto. Por ejemplo, Bybee (1997) conceptualizó la alfabetización científica como un *continuum* que comienza:

- 1) con la asociación de nombres con áreas generales de la ciencia y la tecnología sin una comprensión exacta (*nominal literacy*),
- 2) continúa con la lectura y la escritura de artículos con un vocabulario científico básico (*functional literacy*),
- 3) alcanza la comprensión de la estructura de la disciplina científica y los procedimientos para desarrollar nuevos conocimientos (*conceptual and procedural literacy*),
- 4) y culmina con la comprensión, no solo de la estructura de la ciencia, sino con la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con la sociedad (*multidimensional literacy*).

Su *continuum* comienza con la adquisición de ciertos rudimentos científicos, y solo en última instancia atiende a las implicaciones de la ciencia para con la sociedad. Esta linealidad de menos a más está presente también en otros autores como Shamos.

Shamos hace uso de los dos términos, *science literacy* y *scientific literacy*. Utiliza la expresión “scientific literacy” del mismo modo que Roberts utiliza “SL”, es decir, como marco que unifica las dos vertientes, su uso de “science literacy” se alinea con la “Visión I” de Roberts. De acuerdo con Shamos (1995) la promoción de la comprensión pública de la ciencia se orientaría hacia dos objetivos: (1) hacia la consecución de un aprecio y un apoyo del público que asegure la continuidad y la estabilidad de la comunidad científica, y (2) hacia la promoción de la participación del público en el proceso de la toma de decisiones en cuestiones que tienen base científica o tecnológica. Para la consecución de estos objetivos es necesaria la adquisición de *alfabetización en ciencia*, proceso que Shamos (1995) establece en tres niveles:

- 1) Un primer nivel denominado alfabetización científica cultura (*cultural science literacy*) que consiste en una familiarización con la ciencia y que supone el nivel mínimo para mantener una comunicación básica.
- 2) Un segundo nivel que incluye ya la capacidad de conversar, leer y escribir utilizando de forma coherente términos científicos en contextos no técnicos, al que se refiere como alfabetización científica funcional (*functional science literacy*).
- 3) Un tercer nivel donde reside la verdadera alfabetización (*true science literacy*), que implica entender la estructura científica en general y la comprensión de los principales esquemas conceptuales de la ciencia, además de los elementos específicos de la investigación científica.

Según Shamos (1995), alcanzar el tercer nivel para toda la población es una meta inalcanzable, es poco realista pensar en la posibilidad de lograr que la ciudadanía en general pueda llegar a realizar juicios independientes sobre las cuestiones sociales que involucran aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología. No en vano su obra de 1995 se titula *The Myth of the Scientific Literacy*. Para Shamos, buscar el asesoramiento experto es la única forma práctica de resolver los principales aspectos técnicos de un tema dado, y sugiere, como medida válida para alcanzar la verdadera alfabetización, los siguientes tres principios rectores (Shamos, 1995: 217. Énfasis en el original):

- 1) Teach science mainly to develop appreciation and awareness of the enterprise, that is, as a *cultural* imperative, and not primarily for content [...].
- 2) To provide a central theme, focus on technology as a *practical* imperative for the individual's personal health and safety, and on an awareness of both the natural and man-made environments [...].
- 3) For developing social (civic) literacy, emphasize the *proper* use of scientific experts, an emerging field that has not yet penetrated the science curriculum.

En su intento de reconciliar la definición de Shamos (1995) con la de Shen (1975a), Roberts equipara los principios rectores de Shamos con los tipos de alfabetización científica de Shen. Para Roberts (2007: 740) “Este mapa [los principios guía de Shamos] llevan directamente a las tres categorías de Shen [...] y suponen una alternativa a lo que Shamos ve como una ‘tarea imposible’”²⁷. Sin embargo, esto supondría ignorar la afirmación de Shamos de que la alfabetización científica es un mito inalcanzable, además Shamos establece niveles de alfabetización mientras que Shen se refiere a tipos de alfabetización científica. Pero hay un modo, no de reconciliar a Shamos y a Shen, pero sí de encontrar un punto de fuga al mito de la alfabetización científica. Shamos estaría dando cuenta de dos visiones de la SL: una orientada a futuros científicos y otra orientada a futuros ciudadanos. Los niveles que propone (*cultural science literacy, functional science literacy y true science literacy*) podrían ser entendidos como los componentes de la *alfabetización en ciencia*. Escalar por ellos efectivamente no llevaría, como dice Shamos, a la formación de ciudadanos capaces de realizar juicios independientes sobre las cuestiones sociales que involucran aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología. En cambio, los principios (*cultural imperative, practical imperative y the ‘proper’ use of scientific experts*) podrían ser entendidos como componentes de la *alfabetización científica* que sí podrían ser útiles para lograr la meta de la SL.

2.5. La conceptualización de la *alfabetización científica*

Es posible continuar el diagnóstico de Miller (1983) añadiendo que, si las definiciones de la SL durante los años 50 y 70 provenían del campo de la

²⁷ Traducción propia.

educación, en los años posteriores, muchos de los intentos de conceptualización vendrían de la mano de los estudios de percepción social de la ciencia. Pero antes de avanzar en el tiempo, es necesario detenerse un momento en la definición de Shen, pues supone un punto de inflexión en la concepción de la SL ya que sus tres tipos de alfabetización han inspirado muchas de las definiciones posteriores. Tanto es así que Lewenstein, en su revisión de los campos de investigación sobre periodismo científico señala que “la mayoría de los esfuerzos subsiguientes [...] básicamente han replanteado o ampliado las categorías de Shen”²⁸ (Lewenstein, 1995: 353)²⁹. El propio Miller (1983, 1998, 2004), cuya definición de alfabetización científica continúa siendo una referencia internacional, reconoce la influencia de Shen en la formulación de su propuesta, sin embargo Miller ha centrado su atención en la *alfabetización científica cívica*, focalizándose en un único aspecto de la SL, aun cuando para Shen es más urgente fomentar la *alfabetización científica práctica*.

i) La definición de Benjamin S. P. Shen

En la literatura especializada las citas y referencias a Shen suelen limitarse a enunciar los tres tipos de alfabetización, dejando de lado que el propio Shen otorga a cada de ellas una importancia diferente en relación a las demás. Shen (1975a) estableció tres tipos de alfabetización científica: (1) práctica, (2) cívica y (3) cultural:

- 1) *Practical science literacy*: es estar en posesión del tipo de *know-how* científico y tecnológico que puede ser inmediatamente utilizado para mejorar el nivel de vida.

Su artículo “Science Literacy”, que no supera las cuatro páginas en extensión, es mucho más que la formulación de una tipología, es una llamada de atención global sobre qué clase de mundo queremos dejar en herencia. “Un poco de información científica puede ser la diferencia entre la salud y la enfermedad, la vida y la muerte” (p. 265). En algunos casos, dice, disponer de

²⁸ Traducción propia.

²⁹ Sorprende por lo tanto que, en la bibliografía comentada sobre alfabetización científica y tecnológica de Layton, Jenkins y Donnelly (1994), no se mencione a Benjamin S. P. Shen y sí, por ejemplo, a John Durant, a Jon. D. Miller o a Sir Walter Bodmer.

este tipo de alfabetización –la práctica– es tan urgente que estaría justificado que tuviera preferencia en la financiación gubernamental respecto de la alfabetización propiamente dicha (leer y escribir), ya que la alfabetización científica puede lograrse mediante discursos e imágenes, sin necesidad de la escritura. Es necesario, resalta, un profundo esfuerzo conjunto por parte de los medios de comunicación de masas, de las organizaciones nacionales e internacionales, tanto gubernamentales como privadas, de los científicos, de los legos y de los expertos de la comunidad educativa, para hacer llegar la alfabetización científica práctica a gran parte de la población.

- 2) *Civic science literacy*: es tener la capacidad de comprender y seguir un debate público que involucre temas de ciencia y tecnología, así como de formarse una opinión crítica basada en la evidencia científica disponible, separando los aspectos técnicos del debate de los que no lo son.

En un entorno de opiniones científicas contradictorias, en el que las conclusiones científicas son poco más que conjeturas informadas y juiciosas, en el que las conclusiones pueden estar influenciadas por sesgos personales e intereses, el objetivo de la alfabetización científica cívica es, según el autor, permitir al ciudadano lego saber cómo separar los aspectos técnicos de los que no lo son, de distinguir lo subjetivo de lo objetivo, y de hacer uso del conocimiento científico sin ser abrumado por él. Más aún, señala, la alfabetización científica cívica debería aspirar a capacitar al ciudadano para ir más allá de las interpretaciones en términos de riesgos y beneficios que orientan a los políticos en la toma de decisiones, hasta la evidencia científica en sí misma. Lograr un nivel mínimo de alfabetización científica cívica requerirá de una mayor exposición a la ciencia por parte del público, a través del incremento de noticias científicas, de un mayor esfuerzo desde el ámbito educativo y de un incremento de la divulgación por parte de la comunidad científica (Shen, 1975a).

Para Shen, muchas cuestiones políticas están relacionadas con temas científicos o tecnológicos, y aquellos que han sido legitimados para tomar decisiones suelen contar con asesoramiento experto. Sin embargo, manifiesta, la mayoría de la población tiende a dejar en manos de los políticos y expertos la toma de decisiones en estos asuntos pero no duda en formarse y expresar su opinión cuando se tratan cuestiones relacionadas con los impuestos o el proceso electoral, a veces mucho más complejas que aquellas que involucran cuestiones de ciencia y tecnología. Shen explica que esto es debido principalmente a una falta de familiaridad con los temas científicos y tecnológicos, por eso el propósito

de la alfabetización científica cívica es capacitar al ciudadano para que sea más consciente de las cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, y permitirle aplicar el sentido común sobre ellas, participando más plenamente en el proceso democrático de una sociedad marcada cada vez más por la tecnología. “La tarea de la alfabetización científica cívica [...] no es explicar la ciencia al lego, sino convencerle de que no hay razón para huir de ella.”³⁰ (p. 267).

3) *Cultural science literacy*: interesarse en la ciencia como en cualquier otro aspecto de la cultura. Desarrollar una actitud científica.

La alfabetización científica cultural estaría motivada por un deseo de saber más de ciencia, entendida como el mayor logro de la humanidad. No soluciona problemas prácticos directamente, reconoce Shen, pero ayuda a cerrar la brecha entre las dos culturas, la humanística y la científica. Es esta alfabetización científica, señala, la que permitiría limitar la influencia del “nuevo irracionalismo”: la creencia en supersticiones, en la astrología y otras formas de pseudociencia.

El propósito de la alfabetización científica cultural “no es formar científicos aficionados o futuros científicos”³¹ (p. 268). Shen destaca que este tipo de alfabetización científica viene lastrada por la idea de que es “una concesión a la mediocridad” (p. 268). Se sustenta sobre la idea de que no es posible tener una opinión sobre una cuestión que involucre algún aspecto de la ciencia y la tecnología sin estar en posesión de ciertos conocimientos científicos. Para Shen esto es como afirmar que se requiere entender al nivel de un estudiante de física cómo se produce la fisión para tomar una decisión sobre la instalación de una central nuclear requeriría. Frente a esta visión, Shen resalta la existencia de ejemplos de buena divulgación que son capaces de poner en entredicho la afirmación de que el lenguaje técnico de la ciencia no puede traducirse a un lenguaje cotidiano sin una considerable pérdida de significado. Sugiere una vía alternativa a la adquisición de conocimientos científicos, más orientada a la divulgación. Dice, al igual que entre los filósofos coexisten textos escritos en “lenguaje filosófico comprensible”, accesibles para todo el mundo, y textos escritos en lenguaje simbólico, incomprensibles para el lego, en el caso de la ciencia es necesario un “lenguaje científico comprensible” (Shen, 1975).

³⁰ Traducción propia.

³¹ Traducción propia.

Hay una tensión que recorre todo el artículo de Shen que dificulta conjugar los tres tipos de SL. Por un lado reconoce que no hay razón para que una persona se interese por la ciencia y quiera saber más sobre el razonamiento científico, por otro afirma la necesidad de que todos, científicos y no científicos, dispongan de una mejor comprensión de la ciencia y de sus aplicaciones. Es como si quisiera afirmar que los conocimientos científicos no son imprescindibles al tiempo que reconoce que son necesarios para desenvolverse en un mundo mediado por la ciencia y la tecnología. En realidad Shen está constatando una tensión que ha impregnado los estudios de alfabetización científica y cultura científica, los estudios de percepción social de la ciencia y los estudios de participación, una cuestión que se podría formular en forma de pregunta: ¿es posible formarse una opinión crítica sobre temas que involucran aspectos de ciencia y tecnología sin disponer de un cuerpo básico de conocimientos científicos y técnicos?

Shen marca el tránsito de la reflexión sobre la *alfabetización en ciencia* hacia la reflexión sobre la *alfabetización científica*. No es la suya una tipología procedente del ámbito educativo, de hecho es la propuesta de un científico, y no deja de ser una llamada a la reflexión el hecho de que una de las definiciones más influyentes de alfabetización científica venga precisamente de un profesor de astronomía y astrofísica. Esto no significa que en el campo de la educación se haya cerrado la reflexión sobre la SL, al contrario, sigue vigente hoy en día. Lo que sucede es que los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, que ya han empezado a consolidarse cuando Shen publica su artículo, comienzan a interesarse por la alfabetización científica en tanto que herramienta para la democratización de la ciencia. Estos estudios, como ya se ha señalado en el capítulo 1, se estaban conformando desde la década de 1970, conjugando voces críticas procedentes de autores de la historia y la filosofía de la ciencia, la sociología del conocimiento científico o la teoría de la educación, entre otras.

ii) La definición de Geoffrey P. Thomas y John R. Durant

La propuesta de Thomas y Durant defiende la comprensión pública de la ciencia como un elemento indispensable para la toma de decisiones en las sociedades democráticas. Desde esta perspectiva señalan que la promoción de alfabetización científica debería resultar en individuos capaces de realizar juicios

críticos sobre cuestiones científicas que surgen en la vida diaria sin necesidad de que estos se conviertan en científicos (Thomas y Durant, 1987). Se distancian, por tanto, de otras perspectivas que asumen el conocimiento científico como punto de partida o parte esencial de la SL, o como se han venido denominando, definiciones de la *alfabetización en ciencia*. Los autores, en su revisión de las características principales de la alfabetización más comunes en la literatura especializada detectan las siguientes (Thomas y Durant, 1987: 12-13):

- 1) An appreciation of the nature, aims and limitations of science; a grasp of “the scientific approach” –rational argument, the ability to generalize, systematize and extrapolate; the role of theory and observation.
- 2) An appreciation of the nature, aims and limitations of technology, and of how these differ from those of science
- 3) A knowledge of the way in which science and technology actually work, including the funding of research, the conventions of scientific practice, and the relationships between research and development.
- 4) An appreciation of the inter-relationships between science, technology, and society, including the role of scientists and technicians as experts in society and the structure of relevant decision-making processes.
- 5) A general grounding in the language and some of the key constructs of science
- 6) A basic grasp of how to interpret numerical data, especially relating to probability and statistics.
- 7) The ability to assimilate and use technical information and the products of technology, “user-competence” in relation to technologically-advanced products.
- 8) Some idea of where or from whom to seek information and advice about matters relating to science and technology.

Pero estas características no satisfacen a los autores. Para Thomas y Durant “es de suponer que la perspectiva no es la creación de una sociedad compuesta en su totalidad de científicos profesionales y politólogos científicos”³² (Thomas y Durant, 1987: 13). Señalan que aunque fuera posible encontrar una persona que cumpliera con todos estos requisitos fuera del ámbito científico, no es realista pensar que una sociedad pueda cumplirlos, y aun siendo así cabría preguntarse si es esto lo que se debe entender por una persona científicamente alfabetizada. Su postura se alinea con la perspectiva de Shamos, al igual que él, entienden que

³² Traducción propia.

si el fin de la alfabetización científica es una sociedad de científicos, este es irrealizable. Por ello, los autores defienden que:

To be scientifically literate is not to be expert in anything in particular, but rather to be able to deal effectively with matters scientific as they arise in the course of life; it is to be able to cope with science in a way that is both respectful of scientists' legitimate expertise and wary of their many fallibilities and weaknesses; it is to be able to recognize science for what it is, and thus to make discerning judgments about its personal and social relevance. (Thomas y Durant, 1987: 13).

Los autores toman como referencia la definición del informe *Political Education and Political Literacy* de la Working Party of the Hansard Society's Programme for Political Education, donde se entiende por alfabetización política:

The knowledge, skills and attitudes that are necessary to make a man or woman both politically literate and able to apply this literacy. (Citado en Thomas y Durant, 1987: 11).

Thomas y Durant trasladan esta definición a la de alfabetización científica. Así para el *conocimiento* se especifican ciertos conocimientos básicos de la ciencia y la tecnología, particularmente en el contexto de las vidas de los individuos; para las *habilidades*, las necesarias para interpretar los nuevos avances de la ciencia y la tecnología, en particular aquellos con incidencia en la vida individual; finalmente, para las *actitudes*, aquellas que permitan a los individuos responder activamente y con eficacia a los desarrollos de la ciencia y la tecnología de forma apropiada. Durant, Evans y Thomas (1992) señalan que las dimensiones relevantes para medir la comprensión pública de la ciencia son:

- 1) Conocimiento científico: comprensión de los productos intelectuales de la ciencia.
- 2) Método científico: comprensión del proceso formal de la investigación científica.
- 3) Cultura científica: comprensión de las estructuras institucionales de la ciencia.

En el mismo sentido, Miller también resalta la necesidad de incluir en la definición de alfabetización científica la atención a la percepción que los impactos de la ciencia y la tecnología tienen en la sociedad y no limitarse a la medición del conocimiento del vocabulario básico de constructos científicos y a la comprensión del método de la investigación científica (Miller, 1998). Sin embargo Miller no renunciará al término “alfabetización científica”, dándose en

él una suerte de situación inversa, ya que su concepto de SL absorbe las pretensiones de PUS.

iii) La definición de Jon D. Miller

En 1978 La National Science Foundation encargó la elaboración de una encuesta que permitiese medir tanto la alfabetización en ciencia como las actitudes hacia la ciencia y la tecnología, lo que sería la primera *Survey of Public Understanding of Science and Technology* publicada en 1979, que fueron dirigidas por Jon D. Miller y Linda Kimmel. Según Miller (1983), los estudios realizados hasta ese momento se habían limitado a medir la comprensión de las normas de la ciencia y el conocimiento de los principales constructos científicos, eran estudios de alfabetización en ciencia. Desde su concepción:

These two dimensions together –an understanding of the norms of science and knowledge of major scientific constructs– constitute the traditional meaning of scientific literacy as applied to broader populations. But if scientific literacy is to become truly relevant to our contemporary situation, one additional dimension must be added: awareness of the impact of science and technology on society and the policy choices that must inevitably emerge. (Miller, 1983: 31).

Se ha escogido deliberadamente este párrafo porque es la única vez en la que Miller utiliza el término “awareness” en la definición de la tercera dimensión, término que también utiliza Shen para describir la alfabetización científica cívica:

Familiarity with science and awareness of its implications are not the same as the acquisition of scientific information for the solution of practical problems [...]. (Shen, 1975b: 49)

The aim of civic science literacy is to enable the citizen to become more aware of science and science related issues [...]. (Shen, 1975a: 266).

“Be aware”, “awareness” en inglés significa tener “conocimiento de”, pero también ser “consciente de”. Según el DRAE en su vigesimosegunda edición, la primera acepción de “conocer” (de Latín *cognoscĕre*) es “Averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas”. La de “consciente” (del Latín *consciĕns*) es “Que siente, piensa, quiere y obra con conocimiento de lo que hace”. El conocimiento y la consciencia apelan a dimensiones distintas de la comprensión, donde “tomar consciencia de

algo” es más que “conocer algo”, es integrarlo y obrar en consecuencia. En base a esto, la definición de alfabetización científica de Miller, o al menos su primera formulación, es algo distinta de la que la que mencionan Bauer, Allum y Miller, 2007, que se menciona más adelante.

Inspirado por el trabajo de Shen y por el estudio realizado por Davis, Miller diseñó un cuestionario que atendía a esta tercera dimensión. Se establecieron así los criterios de corte de la alfabetización científica (Miller, 1983):

- 1) Una persona que dice comprender el método científico debe rechazar la idea de que la astrología es científica.
- 2) Una persona capaz de entender un debate público sobre resultados científicos o las cuestiones de política pública relativas a la ciencia y a la tecnología debe comprender claramente al menos uno de tres constructos (que en la encuesta diseñada por Miller en 1978 fueron: ADN, PIB y Radiación) y tener una idea general de un segundo.
- 3) Una persona que tenga un conocimiento claro sobre cuestiones de política científica debe nombrar un mínimo de seis beneficios o perjuicios potenciales de ciertos avances científicos (concretamente: aditivos químicos en alimentos, energía nuclear y exploración espacial) de entre doce posibles.

En cierto modo, el estudio de 1979 competiría por el estatus de documento fundacional de los estudios de percepción social de la ciencia con el informe Davis, puesto que es en realidad la definición de Miller la que se toma como referencia en la bibliografía especializada y en la realización de los cuestionarios de percepción social de la ciencia. Es, de hecho, la que toman Bauer, Allum y Miller (2007) cuando hablan del primer paradigma de la comprensión pública de la ciencia³³. La definición que plantea Miller en comparación con los criterios para medir la alfabetización científica muestra la existencia de una distancia

³³ Aunque se ha mencionado en la presentación de este trabajo, y se abordará con detenimiento en el capítulo 3, Bauer, Allum y Miller (2007) sintetizaron tres paradigmas de la comprensión pública de la ciencia: *science literacy*, *public understanding* y *science and society*. *Grosso modo*, cada uno de ellos describe una relación entre la ciencia y la sociedad en términos de déficit. El primero se caracteriza por una sociedad con un déficit de conocimientos científicos; en el segundo, la sociedad se caracteriza por un déficit de interés hacia la ciencia y en el tercero, existe un déficit de confianza por parte de la sociedad hacia las instituciones científicas conjugado con un déficit de comprensión por parte de la comunidad científica hacia la sociedad.

entre el planteamiento teórico de las dimensiones y la práctica de su medición que se traduce en un salto cualitativo entre la concepción de la alfabetización científica a nivel teórico (su definición, la conceptualización de sus dimensiones, etc.) y la medición de la alfabetización científica a nivel práctico (su medición empírica, la construcción de preguntas sobre alfabetización, etc.). Como consecuencia, la comprensión de las normas de la ciencia se mide recogiendo datos sobre los conocimientos que el encuestado tiene sobre constructos concretos; el conocimiento de los principales constructos científicos, a través de la opinión que el individuo muestra frente a un tema o, al menos, la que cree mantener; y la toma de conciencia del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y en la política se mide a través de la capacidad del individuo para percibir las consecuencias de un avance científico.

Aun así el trabajo de Miller supone “el único esfuerzo empírico para proporcionar una estimación de la proporción de adultos cualificados como científicamente alfabetizados [*civic scientifically literate*]”³⁴ (Miller, 1998: 205). La definición canónica de alfabetización científica ha tomado como referencia su reformulación posterior según la cual la alfabetización científica debería ser conceptualizada como involucrando tres dimensiones relacionadas:

(1) A vocabulary of basic scientific constructs sufficient to read competing views in a newspaper or magazine, [*vocabulary dimension*], (2) an understanding of the process or nature of scientific inquiry, [*process or inquiry dimension*] and (3) some level of understanding of the impact of science and technology on individuals and on society. (Miller, 1998: 205).

Bauer, Allum y Miller se basaron en los resultados de las mediciones de Miller para argumentar que su definición de alfabetización científica había sido una pieza clave en la consolidación del modelo de déficit como teoría explicativa y predictiva (Bauer, Allum y Miller, 2007; Bauer, 2008a, 2009). Para los autores la definición de Miller incluía cuatro elementos (Bauer, Allum y Miller, 2007: 80-81. Énfasis en el original):

- a) Knowledge of basic textbook *facts* of science,
- b) an understanding of scientific *methods* such as probability reasoning and experimental design,

³⁴ Traducción propia.

- c) an appreciation of the *positive outcomes* of science and technology for science³⁵,
- d) and the *rejection of superstitious* beliefs such as astrology or numerology.”

En base a estos cuatro requisitos se han diseñado los indicadores de las medidas de alfabetización científica y siguen siendo de referencia en el diseño de los cuestionarios de percepción social de la ciencia como los Eurobarómetros, los *Science and Engineering Indicators* y en otros estudios de ámbito nacional expuestos en el capítulo 5. Estos indicadores han sido objeto de numerosas críticas que no parecen haber hecho mella en su uso para monitorizar el nivel de alfabetización científica³⁶.

Los indicadores que se han construido para medir el “conocimiento de ciertos principios y conceptos de la ciencia propios de un libro de texto” han sido los denominados “indicadores de alfabetización”. Consisten en preguntar al encuestado si una serie de afirmaciones son verdaderas o falsas, afirmaciones tales como:

- El centro de la Tierra está muy caliente.
- Toda la radioactividad es producto del hombre.
- Es el gen del padre el que determina el sexo del bebe.
- Los láseres funcionan mediante ondas sonoras.
- Los electrones son más pequeños que los átomos.
- Los antibióticos matan tanto virus como bacterias.
- Los continentes en los que vivimos se han movido durante millones de años y continuarán haciéndolo en el futuro.

Concretamente estas siete listadas son las que han utilizado los *Science and Engineering Indicators* de la NSF desde. El propio Miller (1983) puso en duda la capacidad de estos indicadores para medir la alfabetización científica. Describe cómo la National Assessment of Educational Progress (NAEP) comenzó utilizando preguntas de respuesta múltiple que permitían discriminar si el nivel de conocimiento científico mostrado en los resultados era producto de la comprensión de las normas y los métodos de la ciencia, y no solo, o en mayor

³⁵ La revisión del trabajo de Miller sugiere que hay una errata en el texto, y en el rasgo c, donde dice “for science” probablemente debería decir “for society”.

³⁶ Una crítica más extensa se encuentra desarrollada en (Laspra, 2014).

medida, producto de una memorización. Ante el hecho de que gran parte de los encuestados era capaz de responder adecuadamente a una pregunta de conocimiento científico, pero incapaz de explicar el proceso o los principios que lo sustentaban, Miller (1983) concluyó que el conocimiento científico no se construía únicamente sobre la comprensión de los principios y procesos científicos subyacentes, sino sobre datos memorizados. Es decir, que lo que se estaba midiendo no era tanto el conocimiento científico derivado de la comprensión de las normas y los métodos de la ciencia como el adquirido a través de procesos memorísticos. Sin embargo, se lamenta Miller (1983), la NAEP abandonó este formato en favor de preguntas de respuesta simple que no permitían realizar esta discriminación. Esta fue la batería de preguntas que pasó a formar parte de los indicadores de la NSF y, si bien fue Miller el que dotó a estos indicadores de la forma que tienen en la actualidad, él mismo muestra su descontento con ellos. Para Miller, la alfabetización científica incluye la comprensión de las normas de la ciencia y el conocimiento de los principales constructos científicos, pero también contempla:

[...] an individual's knowledge about what may be generally called organized science –that is, basic science, applied science, and development– and includes both general information about the impact of science on the individual society and more concrete policy information on specific or technological issues. (Miller, 1983: 35).

Bauer, Allum y Miller (2007) han atribuido a Miller la consideración de “el conocimiento de ciertos principios y conceptos de la ciencia propios de un libro de texto” como un elemento de la alfabetización científica, sin embargo, sería más preciso atribuir dicha responsabilidad a la inercia derivada de la institucionalización de los indicadores de percepción social de la ciencia y al imperativo de la comparabilidad que ha llevado a los estudios de percepción social de la ciencia a incluir el menor número de cambios posibles para poder llevar a cabo análisis longitudinales en el tiempo y hacer posible la comparabilidad entre encuestas del mismo tipo. Bauer, Allum y Miller (2007) también han atribuido a Miller la inclusión de “una cierta comprensión de los resultados positivos de la ciencia y la tecnología”, resaltando en cursiva “resultados positivos”. Esta afirmación contrasta con la reflexión sobre la alfabetización científica de Miller, ya que el propio autor sugiere que la comprensión de los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad debe incluir tanto los beneficios como los perjuicios. En sus definiciones utiliza el término “awareness” (Miller, 1983), “understanding of the impacts” (Miller,

1998, 2004), y no parece explicitar que en la comprensión social de la ciencia queden excluidos los resultados negativos. No se desprende de la lectura de los textos de Miller una defensa de un consentimiento social ciego hacia la ciencia, sino la de una toma de conciencia de los impactos de la ciencia y la tecnología en la vida de los individuos. Para Miller:

A strong belief in the benefits of science and technology does not mean that individuals have no reservations about the impact of science and technology. [...] belief in the promise of science and technology and concern about negative consequences from science and technology were separate factors, or dimensions. (Miller, 2004: 286).

De nuevo, la responsabilidad de este indicador: “una comprensión de los resultados positivos de la ciencia y la tecnología” sería más preciso hacerla recaer sobre la inercia de los cuestionarios. Los indicadores que se han construido para medir la percepción social de los impactos de la ciencia y la tecnología en la sociedad han tendido a vincular la percepción positiva de dicho impacto con una actitud de apoyo a la ciencia, y al contrario, a vincular una percepción negativa con una actitud de rechazo. Sobre esto se volverá en el capítulo 5.

En general, es posible rastrear una insatisfacción subyacente en los autores que tratan de medir la comprensión pública de la ciencia, es razonable pensar que dicha insatisfacción responde a la distancia entre lo que se quiere medir y lo que se mide, entre la comprensión pública de la ciencia y los indicadores. Tanto para Miller como para Durant las herramientas para medir la relación entre la ciencia y la sociedad son muy problemáticas. En sus primeros escritos Miller hablaba de una tercera dimensión de la alfabetización científica que describía como “*awareness of the impact of science and technology on society*” (Miller, 1983), una dimensión que va desdibujándose a medida que se desarrollan los indicadores para medir la comprensión pública de la ciencia hasta prácticamente desaparecer. Por su parte, Durant también menciona una tercera dimensión de la comprensión pública de la ciencia a la que se refiere concretamente como “*scientific culture*” (Durant, Evans y Thomas, 1992: 164) y que hace referencia a la comprensión de las estructuras institucionales de la ciencia, pero de la que finalmente no se ocupa, centrándose exclusivamente en la dos primeras: conocimiento y proceso.

2.6. El Project 2061

El aún vigente *Project 2061*³⁷ fue un factor determinante en la concreción del contenido de la alfabetización científica. Se trata de una iniciativa de largo alcance que puso en marcha la American Association for the Advancement of Science (AAAS) en 1985. El objetivo de este proyecto era, y continúa siendo, ayudar a la sociedad estadounidense a alcanzar la alfabetización en ciencia, matemática y tecnología. Entre sus acciones se incluye la publicación, en 1989, de *Science for All Americans. Education for changing future*, donde se identifica aquello relativo a la ciencia, matemática y tecnología que será importante para las generaciones futuras. Se menciona aquí porque su concepción de la SL obedece a la *alfabetización en ciencia*, y esta misma definición es la que ha sido tomada como referencia en la elaboración de las preguntas que miden la *alfabetización científica* en estudios de percepción social de la ciencia en el ámbito norteamericano y en el europeo. La influencia del *Project 2061* no se adscribe únicamente a los estudios de percepción social de la ciencia. Es un marco que auspicia numerosos proyectos de alfabetización científica en el ámbito de la enseñanza formal de la ciencia, desarrollando materiales didácticos, herramientas de evaluación y proporcionando asesoramiento a los docentes. También tiene influencia en el ámbito de la enseñanza no formal, sus principios sobre aprendizaje efectivo de la ciencia guiaron el diseño de varias exhibiciones interactivas del Museo de la Ciencia de Boston; el Instituto Cranbrook para la Ciencia en Bloomfield Hills (Michigan) rediseñó sus exhibiciones basándose en los sistemas descritos en el *Science for All Americans*; las exhibiciones de *Science Alive!*, un centro de ciencia interactivo sito en Grand Rapids (Michigan), se organizaron en torno a cuatro de sus doce capítulos.

El *Science for All Americans* es solo uno de sus muchos documentos y herramientas fruto de las investigaciones de *Project 2061* desarrolladas en torno a la *alfabetización en ciencia* de los individuos a través de mecanismos educativos. En él se detallan una serie de recomendaciones acerca de qué ideas y modos de pensar son esenciales para todo ciudadano en un mundo conformado por la ciencia y la tecnología. Las recomendaciones responden a una *alfabetización en ciencia* definida como:

³⁷ Su página web está disponible en <http://www.project2061.org/publications/sfaa/> [Último acceso: 4 de abril de 2015].

Science literacy —which encompasses mathematics and technology as well as the natural and social sciences— has many facets. Being familiar with the natural world and respecting its unity; being aware of some of the important ways in which mathematics, technology, and the sciences depend upon one another; understanding some of the key concepts and principles of science; having a capacity for scientific ways of thinking; knowing that science, mathematics, and technology are human enterprises, and knowing what that implies about their strengths and limitations; and being able to use scientific knowledge and ways of thinking for personal and social purposes. (AAAS, 1989: online).³⁸

Para la elaboración del *Science for All* se seleccionaron diversas ideas consideradas de importancia científica que sirvieran de base duradera sobre las que erigir más conocimientos a lo largo de la vida. La AAAS coordinó un amplio grupo de científicos para que realizaran recomendaciones sobre cinco campos: (1) ciencias biológicas y de la salud, (2) matemáticas, (3) ciencias físicas y de la información e ingeniería, (4) ciencias sociales y de la conducta y (5) tecnología. Durante dos años los grupos se reunieron para discutir los contenidos más relevantes de cada uno de los campos en términos de su importancia científica y educativa. Los criterios para seleccionar los contenidos fueron los siguientes (AAAS, 1989: online):

- a) Utilidad: ¿amplía la posibilidad de obtener un empleo? ¿Es útil para tomar decisiones personales?
- b) Responsabilidad social: ¿ayuda al ciudadano a participar de manera inteligente en la toma de decisiones políticas y sociales sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología?
- c) Valor intrínseco del conocimiento: Los aspectos científicos, matemáticos y tecnológicos que presenta ¿son tan importantes en la historia humana, o tan comunes en nuestra cultura, que una educación general quedaría incompleta sin ellos?
- d) Valor filosófico: ¿contribuye a la capacidad de las personas para valorar cuestiones vitales como la vida y la muerte, la percepción y la realidad, el bien individual frente al bienestar colectivo o la duda y la certeza?
- e) Enriquecimiento de la infancia: ¿mejora la infancia en sí misma o como etapa previa a la edad adulta?

³⁸ El texto también está disponible en español. La traducción oficial que proporciona la AAAS de la primera frase es: “La formación en ciencias que abarca matemáticas y tecnología, así como ciencias naturales y sociales tiene muchas facetas.” (AAAS, 1989: online). Es decir, “science literacy” se ha traducido por “formación en ciencias”.

El documento final está compuesto por quince capítulos (Figura 10). Los doce primeros son de contenido científico, y los tres últimos abordan cuestiones relacionadas a la enseñanza de esos contenidos. Es de aquí de donde surgen las preguntas de alfabetización científica en las que se pide al encuestado que señale si son verdaderas o falsas una serie de afirmaciones, especialmente del capítulo de “Perspectivas históricas”. Entre los contenidos se encuentra el tema de la probabilidad y el de la investigación científica, y es que las preguntas de conocimiento del método científico también surgen de aquí. “*Science for All Americans* podría ser visto como el inventario más completo del cuerpo de constructos para un ciudadano que aspire a comprender las cuestiones políticas que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología.”³⁹ (Miller, 2004: 278-279).

Los estudios de percepción social de la ciencia han basado la construcción de las medidas de alfabetización científica en el resultado del consenso que los científicos alcanzaron sobre aquello que toda persona debería saber sobre ciencia, matemática y tecnología. Los estudios de la National Science Foundations incluyeron estas medidas desde 1988, no es que antes no se midiera el grado de conocimiento científico, pero es a raíz de la publicación del documento *Science for All Americans* que se produce una sistematización del modo en que se mide. Los Eurobarómetros las incluyeron en 1990. EL *Project 2061* ha seguido su andadura y ha continuado publicando una larga serie de documentos sobre *alfabetización en ciencia* que son referentes internacionales en la enseñanza de la ciencia.

³⁹ Traducción propia.

Figura 10. Resumen de contenidos del *Science for All Americans* (12 capítulos).

<p>La naturaleza de la ciencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • La visión del mundo científico • Investigación científica • El proyecto científico 	<p>La naturaleza de las matemáticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pautas y relaciones • Matemáticas, ciencia y tecnología • La investigación matemática 	<p>La naturaleza de la tecnología</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología y ciencia • Diseño y sistemas • Las consecuencias de la tecnología 	<p>Temas comunes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas • Modelos • La constancia y el cambio • Escala 	<p>Hábitos de la mente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valores y actitudes • Cálculo y estimación • Manipulación y observación • Comunicación • Destrezas de respuesta crítica
<p>El ambiente vivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diversidad de la vida • Herencia • Células • Interdependencias de la vida • Flujo de materia y energía • Evolución de la vida 	<p>Sociedad humana</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efectos culturales en el comportamiento • Conducta grupal • Cambio social • Trueques sociales • Sistemas políticos y económicos • Conflicto social • Interdependencia global 	<p>El mundo diseñado</p> <ul style="list-style-type: none"> • La agricultura • Materiales y manufactura • Los recursos energéticos y su uso • La comunicación • Procesamiento de la información • Tecnologías de la salud 	<p>El mundo matemático</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naturaleza y uso de los números • Relaciones simbólicas • Figuras • Incertidumbre • Raciocinio 	
<p>El entorno físico</p> <ul style="list-style-type: none"> • El Universo • La Tierra • Procesos que le dan forma a la Tierra • Estructura de la materia • Transformaciones de la energía • Movimiento • Fuerzas de la naturaleza 	<p>El organismo humano</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identidad humana • Desarrollo humano • Funciones básicas • Aprendizaje • Salud física • Salud mental 	<p>Perspectivas históricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Tierra deja de ser el centro del Universo • Unión del cielo y la Tierra • Relación entre la materia y la energía, y entre el tiempo y el espacio • Extensión del tiempo • Movimiento de los continentes • Comprensión de la naturaleza del fuego • División del átomo • Explicación de la diversidad de la vida • Descubrimiento de los gérmenes • Aprovechamiento de la energía 		

Elaboración propia. Fuente: AAAS, 1989.

2.7. La encuesta conjunta de John Durant y Jon D. Miller

Entre junio y julio de 1988 John Durant, en Reino Unido, y Jon D. Miller, en Estados Unidos, llevaron a cabo una encuesta simultánea (referida en adelante: 1988 U.K.-U.S.), con una muestra de 2.009 británicos y 2.042 estadounidenses. La encuesta pretendía explorar la comprensión pública de la ciencia y de la tecnología (Durant, Evans y Thomas, 1989). Incluía una combinación de preguntas abiertas y cerradas que, según Miller (1989) proporcionó significativamente mejores estimaciones sobre la comprensión social de la ciencia que ningún otro estudio hasta ese momento. Desde que empezaran a realizarse los estudios por parte de Jon D. Miller y Linda Kimmel en 1979, esta encuesta supondría un salto cualitativo en la medición de la percepción social de la ciencia⁴⁰.

El estudio de comprensión pública de la ciencia incluía medidas de (1) interés, (2) actitudes y (3) conocimientos (Durant, Evans y Thomas, 1988). Por supuesto también se incluyeron las preguntas de clasificación.

- 1) El interés, considerado como “la base del cultivo individual de la comprensión y la formación de actitudes”⁴¹ (Durant, Evans y Thomas, 1989: 11) se midió a través de preguntas cerradas sobre el interés manifestado por los encuestados en “deportes”, “política”, “nuevos descubrimientos médicos”, “estrenos cinematográficos”, “nuevos inventos y tecnologías” y “nuevos descubrimientos científicos”, y la disposición a leer una serie de noticias en función del interés despertado por el titular. Preguntas que se acompañaron de medidas sobre la autopercepción de la información, uso de fuentes de información y consumo de información.
- 2) Las actitudes se midieron mediante preguntas acerca de cómo percibían los encuestados la científicidad de una serie de disciplinas y actividades, cuál era el principal objetivo de la ciencia, el grado de acuerdo con afirmaciones sobre los científicos y la investigación científica, así como valoraciones sobre la posibilidad de que ocurrieran una serie de eventos

⁴⁰ La integración de todas las variables de los cuestionarios de los estudios realizados en Estados Unidos por la NSF entre 1979 y 1997. Véase: NSF Poll 2006-Science.

⁴¹ Traducción propia.

en el futuro⁴². Se incluyeron también medidas sobre la presencia de actitudes pseudocientíficas, beneficios y riesgos; acompañadas de las preguntas de corte político económico que recogían la opinión de los encuestados sobre “quién invierte más dinero en investigación científica” o “cuáles son las áreas en las que debería incrementarse o reducirse la inversión económica”.

- 3) Respecto al conocimiento, la comprensión de los hechos y contenidos teóricos de la ciencia se midió a través de preguntas de alfabetización; y la comprensión de los procesos intelectuales y prácticos de la investigación científica a través de dos preguntas: una pregunta cerrada por la auto-percepción del encuestado sobre su comprensión del método científico y una abierta en la que se preguntaba al encuestado por la definición de estudiar algo científicamente.

De acuerdo con los resultados de la encuesta conjunta, el grado de interés en la ciencia, la tecnología y la medicina, tanto de los británicos como de los americanos, era relativamente alto, sin embargo, los conocimientos de la población sobre cada una de las distintas áreas eran manifiestamente más bajos, habiendo además una demanda de más información. Es decir, que aunque el público se percibía desinformado, mostraba un fuerte interés por la ciencia. Solo una minoría de aquellos que habían afirmado estar muy interesados afirmó también estar bien informados; este grupo tenía por lo general un mayor nivel educativo y obtuvo más aciertos en las preguntas de evaluación objetiva de los conocimientos científicos. En base a estos resultados se fortaleció la idea de la existencia de una correlación entre un grado de comprensión alto y las actitudes favorables ya que los encuestados mejor informados mantenían actitudes más positivas hacia la ciencia y los científicos. Sin embargo, la correlación positiva entre interés, información y conocimientos era especialmente fuerte en el ámbito del deporte, la política o los estrenos cinematográficos, y no se daba de forma tan clara en la ciencia, la tecnología y la medicina. Los resultados

⁴² La pregunta fue: ¿con qué probabilidad piensa que ocurrirán estas cosas en los próximos 25 años? (la encuesta fue hecha en 1987) Y las alternativas fueron: “otro accidente nuclear como Chernóbil”, “la cura para las formas comunes del cáncer”, “el aterrizaje del hombre en Marte”, “la propagación de un organismo peligroso, creado por el hombre, en el medioambiente”, “la cura del SIDA”, “una guerra espacial” (Durant, Evans y Thomas, 1988). Quizá a excepción de “otro accidente nuclear como Chernóbil”, si consideramos el accidente de Fukushima, el resto siguen siendo casi ciencia ficción, al menos de momento.

contribuyeron a respaldar la asociación entre el grado de interés y el grado de comprensión que ya se percibía desde la encuesta de 1979. No obstante, a pesar del avance que supuso en el diseño de indicadores, tanto Miller como Durant señalaron que los resultados debían ser tomados con cautela y que era necesario profundizar en su análisis (Durant, Evans y Thomas, 1989; Miller, 1998).

Aunque diseñaron la encuesta de forma conjunta, Miller y Durant discrepaban en cómo debía medirse la alfabetización científica, sus posteriores análisis sobre los resultados de los estudios de percepción social de la ciencia son un buen reflejo de las diferencias existentes entre ambos tanto en la concepción de la alfabetización científica como en los indicadores adecuados para medirla. Ambos estaban de acuerdo en que era una medida conformada por el conocimiento científico por un lado y la comprensión del método científico por otro, pero discrepaban en la selección de los indicadores. En el análisis de los resultados de la encuesta de 1988 U.K.-U.S., el equipo de Durant tuvo en cuenta una serie de preguntas para construir las medidas de la comprensión del proceso de investigación científica, mientras que Miller, en su análisis comparativo entre el Eurobarómetro de 1992 y la encuesta de NSF de 1995, utilizaba medidas diferentes para medir lo mismo.

En las siguientes Figura 11 y Figura 12 se muestran comparativamente las preguntas que uno y otro tuvieron en cuenta para medir la comprensión del proceso de investigación científica y la comprensión de los constructos científicos básicos. Hay preguntas que ambos tuvieron en cuenta, preguntas comunes con una formulación diferente y preguntas que uno incluyó pero el otro no, y no necesariamente porque no estuvieran disponibles en los distintos cuestionarios. Es significativo, por ejemplo, que Miller incluyera la pregunta por la cientificidad de la astrología⁴³ (Miller, 1998) –para Miller, el rechazo de la astrología como

⁴³ En los cuestionarios de los estudios de percepción social de la ciencia suele incluirse una pregunta en la que se pide al encuestado que clasifique una serie de disciplinas en una escala que va de “muy científica” a “nada científica”, entre ellas la astrología. De acuerdo con las medidas de Miller (1998), para que una persona sea considerada científicamente alfabetizada, esta debe reconocer la astrología como una disciplina nada científica. Sin embargo, la relación entre el rechazo de la astrología como disciplina científica y el nivel de alfabetización científica ha sido objeto de crítica. Allum y Stoneman (2012) señalan que algunos encuestados pueden haber confundido los términos “astrología” y “astronomía” y haber contestado erróneamente, generando un falso negativo. Bauer y Durant (1997) sugieren que la astrología puede, desde un punto de vista positivista, ser entendida como un atavismo de un mundo pre-científico; pero también puede ser entendida sociológicamente, como una de entre una serie de posibles vías de escape que resulta atractiva para aquellas personas que tienen dificultades para conjugar las

científica ha sido siempre uno de los requisitos para ser considerado alfabetizado científicamente—, mientras que Durant no la tuvo en cuenta (Durant, Evans y Thomas, 1989), aunque la pregunta sí existía en la encuesta 1988 U.K.-U.S.

Figura 11. Medidas de la comprensión de estudiar algo científicamente.

Durant	Miller
1988 U.K.-U.S.	Eurobarómetro 1992 - NSF 1995
Qué significa estudiar algo científicamente (pregunta abierta ⁴⁴).	
Los médicos le dicen a una pareja que, debido a su carga genética, tienen una posibilidad de entre cuatro de tener un hijo que herede la enfermedad. ¿Qué quieren decir?	
<ul style="list-style-type: none"> a. Si solo tienen tres hijos ninguno padecerá la enfermedad. b. Cada hijo tendrá el mismo riesgo de padecer la enfermedad. c. Si los tres primeros hijos están sanos, el cuarto padecerá la enfermedad. d. No sé. 	
Suponga que se sospecha que un medicamento utilizado para tratar la tensión alta no funciona correctamente. Escoja uno de estos tres modos de proceder por parte de los científicos para investigar el problema:	Dos científicos quieren saber si cierto medicamento es efectivo contra la tensión alta. El científico a. quiere dar el medicamento a 1.000 personas que tienen la tensión alta y ver cuántos de ellos experimentan una bajada de tensión. El científico b. quiere dar el medicamento a 500 personas que tienen la tensión alta, y no dar el medicamento a otras 500 personas que también tienen la tensión alta, y así ver cuántos de ambos grupos muestran niveles más bajos de tensión. ¿Cuál es la mejor manera de testar el medicamento?
<ul style="list-style-type: none"> a. Hablar con los pacientes. b. Utilizar su conocimiento médico para decidir cómo de bueno es el medicamento. c. Administrar el medicamento a un grupo de pacientes y a otro grupo no, y después comprobar qué pasa. d. No sabe. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Dársela a los 1.000. b. dársela a 500 y no dársela a 500 c. No sé.

incertidumbres que genera la vida en las sociedades modernas: “Belief in astrology is rather a matter of the moral fabric of modern society than of scientific literacy. [...] we conclude that popular belief in astrology may be part and parcel of late modernity itself.” (Bauer y Durant, 1997: 69). En este sentido, la pregunta por la científicidad de la astrología podría no ser un indicador de un nivel bajo de alfabetización científica.

⁴⁴ Esta pregunta no consta en el Eurobarómetro de 1993. En los casos que sí se realizó, en la encuesta conjunta y en la NSF 1992, solo tuvieron que contestar a la pregunta los que habían afirmado tener “una clara comprensión” o “una idea general de lo que significa” el término “estudio científico” en la pregunta anterior: (10.a) Algunas noticias hablan sobre los resultados de un “estudio científico”. Cuando lee o escucha el término “estudio científico”, usted tiene... (1) una clara comprensión de lo que significa, (2) una idea general de lo que significa, (3) una escasa comprensión de lo que significa, (4) No sé. (Durant, Evans y Thomas, 1988; NSF Poll 2006-Science).

Durant	Miller
1988 U.K.-U.S.	Eurobarómetro 1992 - NSF 1995
	En una escala de 1 a 5 donde 1 significa que no tiene nada que ver con la ciencia y 5 que es muy científica. La astrología, el estudio de la influencia oculta de las estrellas, planetas, etc. sobre las cuestiones humanas es... ⁴⁵
Cuando los científicos hablan de la Teoría de la Relatividad de Einstein, ¿a qué se refieren? (A una idea o a una corazonada / A una explicación bien establecida / A un hecho probado / No sé)	
Cuando los científicos hablan de la Teoría de la Evolución de Darwin, ¿a qué se refieren? (A una idea o a una corazonada / A una explicación bien establecida / A un hecho probado / No sé)	
Todas las teorías científicas de hoy en días seguirán siendo aceptadas pasados cien años.	
Las nuevas tecnologías no dependen de la investigación básica.	

Elaboración propia. Fuente: Durant, Evans y Thomas, 1988, 1989; Miller, 1998; NSF Poll 2006-Science, CE, 1993.

Figura 12. Medidas de la comprensión de los constructos científicos.

Durant	Miller
1988 – U.K. y U.S.	Eurobarómetro 1992 – NSF 1995
El centro de la Tierra está muy caliente.	
La leche radioactiva puede volverse segura mediante su ebullición.	
Los láseres funcionan con ondas sonoras.	
Los continentes se mueven lentamente sobre la superficie de la Tierra.	
Los electrones son más pequeños que los átomos.	
Los antibióticos matan tanto a los virus como a las bacterias.	
Los primeros humanos vivieron al mismo tiempo que los dinosaurios.	
¿Qué viaja más rápido, la luz o el sonido? (la luz / el sonido / no sé).	
¿La tierra gira alrededor del Sol o el Sol gira alrededor de la Tierra?	

⁴⁵ Solo se realizó en el Eurobarómetro 2003.

Durant	Miller
1988 – U.K. y U.S.	Eurobarómetro 1992 – NSF 1995
¿Cuánto tarda la Tierra en hacer un giro alrededor del Sol? ⁴⁶ (un día / un mes / un año / no sé).	
Toda la radioactividad está hecha por el hombre o se produce de forma natural (por el hombre / de forma natural / no sé).	
Cuando los científicos utilizan el término ADN, tiene que ver con... (estrellas / rocas / cosas vivas / ordenadores / no sé).	¿Qué es el ADN? (Pregunta abierta) ⁴⁷ .
	¿Qué es una molécula? (Pregunta abierta) ⁴⁸ .
Todos los insectos tienen ocho patas.	
El oxígeno que respiramos viene de las plantas.	
Los rayos del Sol pueden causar cáncer de piel.	
El aire caliente sube.	
El hígado fabrica la orina.	
Los futuros hijos de un culturista heredarán los beneficios de su entrenamiento.	
Los diamantes están hechos de carbón.	
Es el gen paterno el que decide si el bebé es niño o niña.	
Las vitaminas naturales son mejores que las hechas en laboratorio.	
La sal común está hecha de carbonato cálcico.	
¿Qué es más grande? ¿Y lo siguiente más grande? ¿Y lo más pequeño? (sistema solar / galaxia / tierra / universo / sol / no sé).	

Elaboración propia. Fuente: Durant, Evans y Thomas, 1988, 1989; Miller, 1998; NSF Poll 2006-Science; CE, 1993.

⁴⁶ Solo tuvieron que contestar aquellos encuestados que en la pregunta anterior habían contestado “la Tierra gira alrededor del Sol” cuando se les preguntó: 26.a. ¿Gira la Tierra alrededor del Sol o el Sol alrededor de la Tierra? (Durant, Evans y Thomas, 1988). Esta pregunta no aparece en el cuestionario del Eurobarómetro.

⁴⁷ Solo tuvieron que contestar aquellos encuestados que en la pregunta anterior habían afirmado tener “una clara comprensión” o “un sentido general” a la pregunta: Q 65. ¿Tiene una clara comprensión, un sentido general o una escasa comprensión del término ADN? (NSF Poll 2006-Science).

⁴⁸ Solo tuvieron que contestar aquellos encuestados que en la pregunta anterior habían afirmado tener “una clara comprensión” o “un sentido general” a la pregunta: Q 67. ¿Tiene una clara comprensión, un sentido general o una escasa comprensión del término molécula? (NSF Poll 2006-Science).

Durant, Evans y Thomas (1992) sospechaban que era difícil establecer clara y concisamente, en palabras de uno mismo, el significado de estudiar algo científicamente; formulada así, defendían, la pregunta no recogía el hecho de que la gente pudiera saber lo que era estudiar algo científicamente pero no fuera capaz de explicarlo. La respuesta, sugirieron, bien podría depender de la habilidad lingüística del encuestado. Sostenían que la codificación de las respuestas se había interpretado en términos de su cercanía al modelo hipotético-deductivo, y si se hubiera escogido otra referencia los resultados hubieran sido bien distintos. Basándose en la encuesta conjunta de 1988 U.K.-U.S., Durant, Evans y Thomas desarrollaron un conjunto de preguntas cerradas para medir la comprensión de estudiar algo científicamente, estas preguntas fueron posteriormente incorporadas a los Eurobarómetros. Las nuevas medidas confirmaron las sospechas de los autores sobre el hecho de que muchos encuestados poseían un conocimiento tácito del proceso de investigación científica. Constataron que: “Mientras que menos del 14% de los encuestados hicieron referencia a experimentos en las respuestas a la pregunta, no menos del 56% optó por el enfoque experimental cuando se les dio a escoger entre métodos alternativos de investigar un problema médico”⁴⁹ (Durant, Evans y Thomas, 1992: 166).

Miller y Pifer (Miller, 1998), también albergaban dudas acerca de la capacidad de la pregunta, así que en un estudio de alfabetización biomédica de la National Institutes of Health incluyeron la pregunta abierta por el significado de estudiar algo científicamente, pero añadieron una nueva que posteriormente se incluyó también en los *Science and Engineering Indicators* de la NSF. La pregunta se planteó en los siguientes términos (Miller y Pifer, 1995: Anexo: cuestionario):

Now, please think of this situation. Two scientists want to know if a certain drug is effective against high blood pressure. The first scientist wants to give the drug to 1000 people with high blood pressure and see how many experience lower blood pressure levels. The second scientist wants to give the drug to 500 people with high blood pressure, and not give the drug to another 500 people with high blood pressure, and see how many in both groups experience lower blood pressure levels. Which is the better way to test this drug?

Why it is better to test the drug this way?

⁴⁹ Traducción propia.

La conclusión a la que llegaron Miller y Pifer (Miller, 1998), fue que algunos de los encuestados que habían demostrado, a través de otras preguntas, entender lo que implica estudiar algo científicamente, escogieron la primera opción porque consideraban que por motivos éticos no podían negarle el medicamento a 500 personas enfermas. En contraposición, algunos encuestados que demostraron no entender el significado de estudiar algo científicamente se decantaron por la segunda, alegando que si el medicamento resultaba perjudicial para la salud, solo 500 personas saldrían perjudicadas. Esta situación muestra que existen múltiples factores en juego a la hora de tomar una decisión y que, a pesar de la aparente concreción de la pregunta, las personas ven con ojos distintos a los de los científicos. Unos se habían preocupado por las repercusiones que sobre la salud puede tener el medicamento y los otros por probar la eficacia del medicamento de forma fiable.

Tanto Durant como Miller utilizaron preguntas de alfabetización que recogían los conocimientos de los encuestados sobre ciencia escolar, inspiradas en el documento *Science for All Americans*. Es necesario señalar que algunas preguntas que estaban disponibles en la encuesta conjunta, en el Eurobarómetro de 1993 o en el estudio de la NSF de 1995 se descartaron debido a dos razones: que no eran comparables con otras encuestas o que su resultado era poco significativo, pero originalmente sí se tuvieron en cuenta, lo que sugiere que había una intención de considerarlas. Las dos tablas, tomadas en conjunto, ofrecen una idea bastante precisa de lo que la alfabetización científica significa en la práctica para Durant y para Miller. Se aprecia que existen discrepancias en qué preguntas son las seleccionadas a la hora de construir las medidas, especialmente en el caso del conocimiento de los constructos básicos de la ciencia, reflejando una concepción diferente en los autores de qué es la alfabetización científica y de cómo se mide.

2.8. ¿Cuál es el nivel mínimo de alfabetización científica?

En el marco del Seminario Internacional “Indicadores de Cultura Científica y Tecnológica” Mario Albornoz (2013) abrió su intervención con una pregunta: “¿Qué nivel de alfabetización científica es necesario alcanzar?”. Los estudios realizados en su país, Argentina, mostraban una población con niveles muy bajos de alfabetización científica; sin embargo, reflexionaba, la gente era capaz de tomar decisiones inteligentes e informadas sobre temas que involucraban

cuestiones de ciencia y tecnología. Albornoz cuestionaba de este modo el planteamiento del modelo de déficit al sugerir que otros factores, además del conocimiento científico, estaban desempeñando un papel en la toma de decisiones. La pregunta ¿cuál es el nivel mínimo de alfabetización científica? no tiene una respuesta sencilla tal y como reflejan los numerosos intentos por responderla.

El alcance de la comprensión requerida por un ciudadano para ser capaz de seguir y participar en los debates políticos sobre cuestiones científicas y tecnológicas ha sido objeto de amplios debates. Para Shen (1975a) la alfabetización debía ser entendida como una serie de medidas separadas, una para el rol del ciudadano, una para el rol del consumidor y otro más general de la comprensión cultural. Shen (1975a) situaba el mínimo nivel de alfabetización científica en la comprensión de los términos y constructos científicos suficientes para leer un artículo o noticia científica de la prensa diaria, y captar lo esencial de los argumentos que se esgrimen en una controversia dada. Es decir, hacerse una idea de lo que dice el artículo. En la misma línea Miller (1983) situó el mínimo de alfabetización científica en aquella necesaria para entender la sección de ciencia de los martes del *New York Times*, comprender los puntos esenciales de los argumentos involucrados y evaluar o sopesar esos argumentos. Shamos (1995) es mucho más concreto ya que sitúa el listón en la comprensión, al mismo nivel que un físico, de la tercera ley de la termodinámica. Consecuentemente es prácticamente imposible que los ciudadanos alcancen una comprensión de la ciencia suficiente como para participar en los debates que involucren cuestiones de ciencia y tecnología, por lo que dichas cuestiones solo pueden resolverse en el tribunal de la ciencia (Shamos, 1995).

El mínimo de alfabetización científica que sugieren estos autores apela a la comprensión por parte del individuo de ciertos argumentos que involucran temas de ciencia y tecnología. Pero ¿cuándo es posible afirmar con certeza que un individuo ha comprendido una controversia científica?

El *Project 2061* es probablemente uno de los intentos más enconados de dar respuesta a la pregunta por el nivel mínimo de alfabetización científica. El documento *Science for All Americans* publicado en 1989 fue fruto del acuerdo entre científicos mediante paneles de expertos. *Benchmarks for Science Literacy*, también obra del *Project 2061* y publicado en 1993, establecía un currículum marco para la enseñanza de la ciencia en estudiantes en edades comprendidas entre 2 y 12 años. Si *Science for All Americans* aportaba los contenidos mínimos

de la ciencia, *Benchmarks for Science Literacy* describe los niveles de comprensión y habilidad esperables por parte de cualquier estudiante alfabetizado científicamente⁵⁰ (AAAS, 1993). Tomados conjuntamente constituyen una herramienta útil tanto para la educación formal como la enseñanza de la ciencia en otros formatos. Estos documentos supondrían una opción de respuesta válida a la pregunta “¿cuál es el nivel mínimo de alfabetización en ciencia?”

Los estudios académicos sobre *alfabetización en ciencia* han dotado a los estudios de percepción social de la ciencia de herramientas de medición, y le han dado contenido a la alfabetización científica. Por su parte, los estudios de percepción social de la ciencia han proporcionado, a los estudios académicos de alfabetización científica, base para la orientación de las políticas de promoción de la educación científica. Si bien esta relación también ha tenido su reverso. En el caso de los estudios de percepción social de la ciencia, los problemas que hay en relación a la medición de la alfabetización científica, podrían entenderse en términos de confusión de vertientes, de modo que los indicadores de *alfabetización en ciencia* se estarían utilizando para medir la *alfabetización científica*. Sería, tomando la terminología de Shen (1975a), como construir un indicador de alfabetización científica cultural y luego utilizarlo para medir la alfabetización científica cívica. En el fondo, la pregunta “¿cuál es el mínimo de alfabetización científica?” continúa sin una respuesta satisfactoria.

Conclusiones

El desafío que Dewey lanzara, mediante su artículo de 1930, de fomentar la actitud científica se tradujo en herramientas para medir la familiaridad con el método científico a través de estudios que comenzaron a realizarse por docentes de la ciencia en distintas etapas del sistema educativo estadounidense. Tras la II Guerra Mundial, estos estudios se fueron institucionalizando, haciéndose de forma más sistemática y alcanzando el nivel nacional. Las preguntas que

⁵⁰ El proceso que llevó a *Benchmarks for Science Literacy* fue muy distinto al de *Science for All American*. En este caso los seis equipos estaban formados por 25 profesores y directores de centros, asesorados por especialistas en educación y respaldados por científicos. Durante casi cuatro años cada equipo trabajó en el diseño de un modelo de plan de estudios que pudiera ser utilizado en distintos centros descolares y cumpliera con los objetivos del *Science for All Americans*.

pretendían medir la actitud científica de Dewey se completaron con preguntas que hoy en día se denominan, en el ámbito de los estudios de comprensión pública de la ciencia, “de alfabetización”. En 1957 tuvo lugar el estudio de R. C. Davis cuyas preguntas de alfabetización incluían estos dos aspectos – conocimiento científico y conocimiento del método científico– aunque hay que señalar que las de conocimiento científico eran, en aquel momento, de ciencia actual. Este estudio incluía también preguntas orientadas a medir la percepción que la sociedad tenía de la ciencia y los científicos.

Desde los años 30 se han propuesto numerosas definiciones de alfabetización científica. El volumen *Scientific and Technological Literacy. Meanings and Rationales* de David Layton, Edgar Jenkins y James Donnelly, publicado por la UNESCO en 1994, recoge casi 200 definiciones. Incluir la revisión de todas excede los límites de este trabajo, por ello se ha centrado la atención en aquellas que autores de referencia en la conceptualización de la alfabetización científica han tenido en cuenta para la propuesta de sus propias definiciones. El análisis de la literatura especializada parece revelar que tiene lugar una suerte de coexistencia de dos vertientes en la definición de los contenidos de la SL. En este trabajo una se ha denominado *alfabetización en ciencia* y la otra ha recibido el nombre de *alfabetización científica*.

La *alfabetización en ciencia* se remonta a los estudios previos a la II Guerra Mundial, realizados en el ámbito educativo estadounidense. Se adscriben a esta tres de los rasgos de la SL detectados por Pela, O’Hearn y Gale en su análisis sobre las fuentes académicas, coincidiendo con la imagen que extrae Gabel de una revisión similar. También queda incluida la definición de las AAAS, que se ha abordado desde el contexto del *Project 2061*; la de Bybee y los niveles de alfabetización propuestos por Shamos, así como la “alfabetización científica cultural” de Shen. Incluso podría considerarse la inclusión de la definición de alfabetización científica cívica de Miller en este grupo, al menos la definición que se desprende de los indicadores que finalmente se consolidaron y que son los que la National Science Foundation tiene en cuenta para elaborar los *Science and Engineering Indicators*.

La *alfabetización científica* tiene una aparición posterior y surge de la insatisfacción de diversos autores ante las limitaciones de la *alfabetización en ciencia* cuando tratan de llevarlo al terreno de lo social y reivindicarla como elemento necesario para el ejercicio de la democracia. Se adscriben a esta los otros tres rasgos de la SL detectados por Pela, O’Hearn y Gale y la imagen que

extrae Gabel de su estudio demoscópico. Los principios rectores de Shamos también tienen cabida aquí. Quedarían también englobadas la “alfabetización científica cívica” y la “alfabetización científica práctica” de Shen, así como la propuesta de Thomas y Durant. Finalmente, la definición de Miller, por su énfasis en la necesidad de incluir la atención a los impactos sociales de la ciencia y la tecnología.

La definición de Miller proporcionó los parámetros para medir la alfabetización científica. Para que un individuo sea caracterizado como científicamente alfabetizado, este debía responder correctamente a una serie de preguntas de verdadero o falso sobre conocimiento científico, debía demostrar que comprendía el método científico y, además, rechazar la astrología como disciplina científica; también debía de ser capaz de reconocer ciertos efectos positivos del desarrollo científico y tecnológico. Sin embargo, en sus últimas publicaciones, Miller (2012, 2014) ha manifestado que la alfabetización científica definida como el conjunto de vocabulario y términos científicos necesarios para comprender la ciencia y las cuestiones relacionadas con ella, responde a un modelo que fue funcional en los siglos previos, pero es erróneo e inadecuado para lo que él denomina una Era Electrónica, caracterizada principalmente por el acceso instantáneo e ilimitado a la información científica que permiten las Tecnologías de la Información y la Comunicación, concretamente Internet. Por ello Miller ha pasado de construir medidas para el conocimiento científico a construir medidas para monitorizar el proceso de adquisición de la información científica. De modo que la alfabetización científica no es definida únicamente como un conjunto de constructos que permiten comprender información científica, es también la capacidad de decodificar nueva información y de integrarla.

La distinción entre los dos tipos de alfabetización que se presentan aquí concuerda con lo que Roberts ha denominado “Visión I” y “Visión II”, pero a diferencia de él, las dos vertientes no son concebidas como extremos de un mismo constructo, sino como dos aspectos distintos de un mismo constructo que requieren de medidas distintas. La diferencia principal entre ellas es el peso específico que otorgan a los elementos epistémicos. Dichos elementos están presentes en ambas, aunque son más importantes para la *alfabetización en ciencia*, lo que no significa que no lo sean en la *alfabetización científica* pues desempeñan un papel distinto, pero no central. Es razonable suponer que la imposibilidad de reconciliar ambas vertientes ha propiciado la proliferación del

término “public understanding of science”. Este acrónimo permitirá posponer la respuesta a la pregunta sobre la necesidad del conocimiento científico (¿es posible formarse una opinión crítica sobre temas que involucran aspectos de ciencia y tecnología sin disponer de un cuerpo básico de conocimientos científicos?) porque el foco de atención de la investigación se desplazará del conocimiento a las actitudes.

El documento *Science for All Americans* dotó de contenido a la alfabetización científica, y tuvo una significativa presencia en la construcción de las medidas de alfabetización que se utilizaron en la encuesta conjunta realizada en 1988, por Jon D. Miller en Estados Unidos y John Durant en Gran Bretaña. La encuesta conjunta supuso un salto cualitativo en la medición de la percepción social de la ciencia y tuvo una enorme repercusión en el diseño de los cuestionarios tanto de los estudios demoscópicos realizados por la Comisión Europea en el ámbito de la percepción social de la ciencia –los Eurobarómetros, que se analizan en el capítulo 5–, y en los estudios realizados por la National Science Foundation en el ámbito norteamericano –los *Science and Engineering Indicators*, que también se abordan en el capítulo señalado.

Desde la encuesta conjunta realizada en 1988 por Miller y Durant, el cuerpo de indicadores que se utilizaron continúa vigente, y ello a pesar de las numerosas críticas, muchas de las cuales fueron formuladas por los propios autores que los crearon. Hay diferencias entre los indicadores que diseñó Miller y los que diseñó Durant, pero, también hay similitudes. Para ninguno de los dos el concepto de alfabetización científica quedaba reducido a la dimensión epistémica, ambos concebían la alfabetización como algo más complejo. Los intentos por ir más allá se materializarían en indicadores de comprensión pública de la ciencia que incluían medidas de interés y de actitud. En realidad, cuando se realizó esta encuesta, el foco de atención de los estudios de percepción social de la ciencia se estaba desplazando desde el conocimiento a las actitudes (Bauer, Allum y Miller, 2007). Las medidas de alfabetización científica permitían asignar puntuaciones a individuos, arrojaban datos cuantitativos comparables entre sí y eran fácilmente extrapolables a otros países. Proporcionan la tranquilidad de disponer de un método fiable, pero también despertaban la sospecha de que no se estaba midiendo lo que, en el fondo, se quería medir. Es una situación similar a la que describe Carina Cortassa (2010) respecto al modelo de déficit. Es un modelo que provoca *tranquilidad* porque tiene una fuerte capacidad explicativa: la falta de respaldo social hacia la ciencia se explica en términos de una

importante laguna de conocimiento científico en el público. Pero el modelo también provoca una fuerte *desazón*, porque no acababa de funcionar del todo, los estudios de comprensión pública de la ciencia seguirían arrojando niveles bajos de alfabetización científica, la distancia entre la ciencia y la sociedad no parecía reducirse.

Figura 1. Relación de definiciones de SL.

Ref.	Conceptualización	
Pella, O'Hearn y Gale, 1966.	Understanding basic concepts in science. Understanding nature of science. Understanding ethics that control the scientist in his work. Understanding interrelationships of science and society. Understanding interrelationships of science and humanities. Understanding differences between science and technology.	
Gabel, 1976. (Bidimensional matrix)	Organization of knowledge. Intellectual processes. Values and ethics. Process and inquiry. Human endeavor. Interaction of science and technology. Interaction of science and society. Interaction of science and technology and society.	Knowledge. Comprehension. Application. Analysis. Synthesis. Evaluation. Valuing. Behaving. Advocating.
Shamos, 1995.	Cultural science literacy. Functional science literacy. True science literacy.	
Bybee, 1997.	Nominal literacy. Functional literacy. Conceptual and procedural literacy. Multidimensional literacy.	
Shen, 1975a.	Practical scientific literacy. Civic scientific literacy. Cultural scientific literacy.	
AAAS, 1989.	Familiarity with the natural world and respecting its unity. Awareness of some of the important ways in which mathematics, technology, and the sciences depend upon one another, knowing that are human enterprises and that have implications about their strengths and limitations. Understanding some of the key concepts and principles of science. Having a capacity for scientific ways of thinking. Being able to use scientific knowledge and ways of thinking for personal and social purposes.	
Thomas y Durant, 1987.	Been able to deal effectively with matters scientific as they arise in the course of life. Been able to cope with science in a way that is both respectful of scientists' legitimate expertise and wary of their many fallibilities and weaknesses. Been able to recognize science for what it is, and thus to make discerning judgments about its personal and social relevance.	

Ref.	Conceptualización
Miller, 1983.	Understanding of the norms of science. Knowledge of major scientific constructs. Awareness of the impact of science and technology on society.
Miller, 1998.	Vocabulary of basic scientific constructs sufficient to read competing views in a newspaper or magazine. Understanding of the process or nature of scientific inquiry. Understanding of the impact of science and technology on individuals and on society.

Elaboración propia.

Capítulo 3

Comprensión pública de la ciencia

Introducción

Siguiendo el camino trazado por Bauer, Allum y Miller (2007) a través de la formulación de los tres paradigmas de la comprensión pública de la ciencia que se aborda en este capítulo, se avanza desde la “alfabetización científica” hacia la “comprensión pública” y se llega al paradigma “ciencia en sociedad”. Cada uno de los paradigmas es asociado con un déficit, siendo esta la fortaleza del planteamiento ya que permite explicar las estrategias que se adoptaron para paliar cada uno de los déficits en cada paradigma, así como entender cómo se ha ido modulando la relación entre la ciencia y la sociedad. Pero este esquema también tiene su reverso, porque explicar la evolución de la comprensión pública de la ciencia apelando al déficit muestra la vigencia de este modelo. Con el análisis del déficit cognitivo, entendido como el reverso de la alfabetización científica, se abre este capítulo. La idea de déficit se revisa recorriendo las principales críticas que distintos autores han desarrollado. Principalmente las de John Ziman (1991), Pierre Fayard (1992), Jean-Marc Lévy-Leblond (1992), Brian Wynne (1992), John Durant, Geoffrey Evans y Geoffrey Thomas (1992), Martin W. Bauer, Nick Allum y Steve Miller (2007) y Rafael Pardo y Félix Calvo (2002).

El texto se detiene en dos informes: el *Public Understanding of Science*, publicado por la Royal Society en 1985, y el *Science and Society*, publicado por la House of Lords de Gran Bretaña en 2000. El primero ilustra cómo la

preocupación por las actitudes de la sociedad hacia la ciencia sustituye a la preocupación por el nivel de alfabetización. En él se propondrá el fomento de la divulgación científica como la estrategia para lograr una mejor comprensión social de la ciencia. El segundo supone un paso hacia delante respecto al anterior en dos sentidos: la comprensión social es también un tema central en este informe, pero la estrategia va más allá de divulgar contenidos científicos al público; entre la comunidad científica y la sociedad debe promoverse el diálogo, y se apelará a estrategias de participación orientadas a incluir la voz social en la toma de decisiones que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. Por ello también serán necesarios nuevos espacios para que el diálogo tenga lugar, donde se posibilite la participación de la sociedad en la ciencia.

Finalmente se muestra cómo los museos y centros de ciencia no han permanecido al margen de cómo se concebía la relación entre la ciencia y la sociedad, reflejo de ello es la atención que los informes *Public Understanding of Science* (Royal Society, 1985) y *Science and Society* (House of Lords, 2000) han dedicado a estos espacios. Entre las propuestas contenidas en estos dos informes se sugieren estrategias de acción para incrementar la alfabetización científica, para potenciar la comunicación de la ciencia y para incrementar la participación pública, y se proponen espacios donde realizar esas acciones, entre ellos, los museos y centros de ciencia.

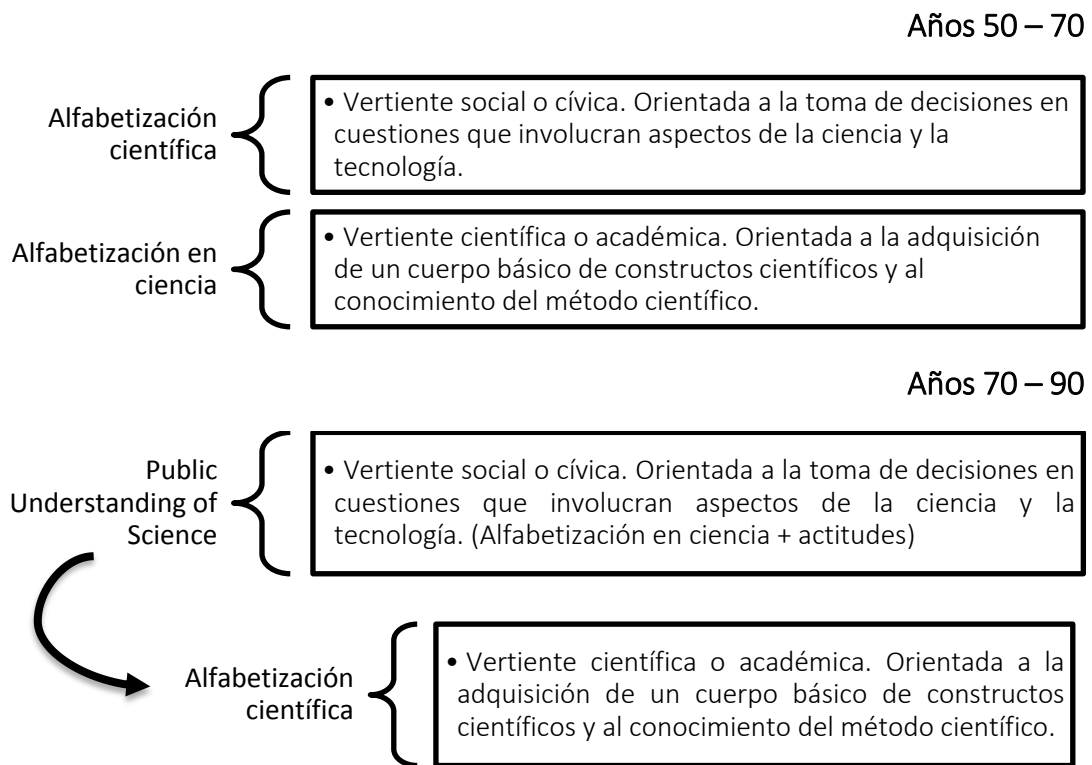
3.1. La antesala de la comprensión pública de la ciencia

El monográfico 112 (2) de la revista *Daedalus*, publicado en 1983 dedicado íntegramente a la alfabetización científica, en el que participan autores como Jon D. Miller o Kenneth Prewitt, recoge en sus contribuciones el clima de insatisfacción provocado por las limitaciones del concepto SL. Este es el caldo de cultivo perfecto para la proliferación de “public understanding”, pues se presenta como un concepto capaz de superar las constricciones de la SL. Sin embargo, no tiene lugar una sustitución de los estudios de alfabetización científica por estudios de comprensión pública, sino que se produce una suerte de asimilación del campo de la SL al campo PUS al tiempo que los contenidos de los rótulos de *alfabetización científica* y *alfabetización en ciencia* se reubican. El término “alfabetización en ciencia” seguirá estando vinculado al ámbito educativo, aunque mantendrá su presencia en algunos autores del campo de los Estudios

Sociales. Bauer, por ejemplo, lo utiliza para denominar al primer paradigma de la comprensión pública de la ciencia (Bauer, Allum y Miller, 2007).

En el fondo la distinción entre “alfabetización en ciencia” y “alfabetización científica” no cuaja y optar por uno u otro no es significativo, obedece más bien a las preferencias de los autores. Esto no implica negar la existencia de dos vertientes en la SL, tan solo un uso arbitrario de los nombres –hay quienes no distinguen entre los colores lila, morado y violeta, lo que no quiere decir que cada uno no tenga su propia longitud de onda–. En cierto modo, el campo *Public Understanding of Science* absorberá la finalidad de la *alfabetización científica*, alineándose con la Visión II de Roberts (2007); pero, al mismo tiempo, el término “alfabetización científica” asumirá los contenidos propuestos por Miller (1983) y quedará ligado a la *alfabetización en ciencia*, más cercano a la Visión I de Roberts (2007). La siguiente Figura 13 muestra de manera muy simplificada esta deriva en los contenidos de los términos.

Figura 13. Esquema del cambio en el contenido de SL y PUS.



Elaboración propia.

Una muestra de esta reubicación se encuentra en el artículo “Why should we promote the public understanding of science?” de Geoffrey Thomas y John Durant en el volumen *Scientific Literacy Papers* publicado en 1987. Thomas y Durant, afirman:

In developing our own thoughts on this subject [public understanding of science], we have found it helpful to make use of the concept of *scientific literacy*. This concept encapsulates what in our view should be a major, or even the main goal of efforts to enhance public understanding of science; and at the same time, it serves to convey the fundamental nature of the issues. (Thomas y Durant, 1987: 10. Énfasis y negrita en el original).

Su artículo es una muestra de cómo el concepto de comprensión pública de la ciencia envuelve al de alfabetización científica y, con él, toda la problemática asociada a su definición. Elocuentemente señalan Shukla y Bauer:

Firstly, over the years the research has shifted from ‘literacy’ to ‘public understanding’ (literacy + attitudes), exploring in some detail the relationship between literacy, knowledge and attitudes. (Shukla y Bauer, 2007: 13).

En las definiciones de “public understanding” el conocimiento de los hechos y del método científico es entendido como un componente más de entre otros; ya no se trata tanto de lo que la sociedad sabe de la ciencia como de las actitudes que alberga hacia ella. Si el listón de la SL venía dado por el nivel de conocimiento científico, el de PUS será determinado por la presencia o ausencia de una actitud favorable hacia la ciencia.

En un artículo posterior, Durant, Evans y Thomas (1992), dan cuenta de las razones de este cambio. Explican que al cuantificar el nivel de alfabetización científica en una sociedad inevitablemente se asignaban puntuaciones a los individuos. Aunque esto no significaba que se estigmatizaran como inferiores a aquellos que, dicho coloquialmente, obtuvieron notas bajas, lo cierto es que sí sucedía. Afirmaban que “una medida de alfabetización científica cuantificada es fácilmente comprensible para los pedagogos y los responsables políticos, y una fuente de titulares para los periodistas”⁵¹ (Durant, Evans y Thomas, 1992: 164)⁵².

⁵¹ Traducción propia.

⁵² La afirmación de Durant, Evans y Thomas (1992) sigue vigente. Recientemente el periódico *El País* publicó la siguiente noticia “Un 25% de los Españoles cree que el Sol gira alrededor de la Tierra” (El País, 24 de abril de 2015). El dato procede de los resultados preliminares de la última

Por ello los autores abogaban por abandonar el listón en favor de una escala. De este modo los encuestados no se situarían en relación a un listón sino que se clasificarían en términos de sus niveles relativos de logro, evitando así el término “alfabetización” en favor de “comprensión pública”, ya que permite hablar de alta o baja comprensión social. No obstante, cambiar una escala por un listón no resolverá el estigmatismo del que hablan Fayard (1992) y Durant, Evans y Thomas (1992). Al asociar actitudes y conocimientos, los estudios de percepción social de la ciencia abren un rango que va de una actitud favorable hacia la ciencia ligada a un elevado interés y un mayor nivel educativo, a una actitud negativa hacia la ciencia ligada al desinterés y un nivel educativo más bajo. Las estrategias del segundo paradigma irán orientadas a modificar las actitudes negativas.

A lo largo de la década de los 80, el rótulo “public understanding of science” cobra cada vez más presencia, proliferando su uso en los artículos especializados, particularmente en el ámbito europeo. Como campo, *Public Understanding of Science* abarca aquellas actividades cuyo objetivo es acercar la ciencia a la sociedad y la promoción de la comprensión social de la ciencia en la tradición de una retórica pública de la ciencia (Bauer, 2008a). Este campo aunará bajo el incómodo acrónimo “PUS” diferentes perspectivas disciplinares cuyo eje común será la preocupación por comprender la relación entre la ciencia y la sociedad a través de estudios demoscópicos sobre las actitudes, las opiniones, los comportamientos y las actividades que mantiene la sociedad en relación a la ciencia y la tecnología. Sintomático de la institucionalización de este campo es la aparición de la prestigiosa revista *Public Understanding of Science* en 1992⁵³, fuertemente inspirada, señala Wynne (2014) por las reacciones internacionales de instituciones y patrocinadores de la ciencia ante el surgimiento de

encuesta de Percepción Social de la Ciencia de la FECYT realizada en 2014. El preocupante porcentaje podría responder al modo en que se realizó la pregunta y no necesariamente al analfabetismo científico, pero en la noticia nada se dice de la metodología empleada en la recogida de datos, limitándose a ofrecer un titular descontextualizado y sensacionalista.

⁵³ Jon Durant sería su editor hasta 1997. Fue sucedido por Bruce V. Lewenstein quien desempeñó el cargo hasta 2003, dando paso a Edna F. Einsiedel, quien precedió a M. W. Bauer. Desde 2009 es editada por él, y a fecha de enero de 2015, la revista comenzó a buscar un nuevo editor. Quién edita *Public Understanding of Science* es especialmente significativo, pues la revista tiene un fuerte impacto en el campo de la comprensión pública de la ciencia y orienta las investigaciones realizadas en él. No ha sido fortuita la cantidad de estudios cuantitativos de percepción social de la ciencia a gran escala que se han realizado en los últimos años teniendo en cuenta el corte sociológico del perfil de M. W. Bauer. En julio de 2015 Massimiano Bucchi, una autoridad en comunicación de la ciencia, sucedió a Martin W. Bauer en el cargo.

movimientos sociales que comenzaban a cuestionar las implicaciones sociales de los programas radicales de innovación desarrollados en los años de posguerra.

Public understanding incorpora la noción de alfabetización científica, y esta pasará a formar parte de un complejo dimensional mucho más rico, integrado también por intereses, creencias, valores, actitudes, pautas de actuación, consumo de información científica, etc. Un ejemplo de esta subsunción se encuentra en el informe *Public Understanding of Science*, que se aborda en este capítulo. Las veces que aparece el término “scientific literacy” se cuentan con los dedos de una mano, sin embargo, “public understanding of science” aparece por doquier⁵⁴.

3.2. El déficit cognitivo

The deficit model [...] depicts an idealized representation of sciences, but also a crystallization of values and attitudes of the relevant social groups and, more generally, of how they perceive themselves and how they relate to the other social groups and to society as a whole. It's a dual relationship: cognitive (observing a form of knowledge and culture) and social (valuing and justifying a way of organizing knowledge production). Thus, the deficit model could also be understood as a certain configuration of the ‘science-society’ relationship, with science embedded in a particular way in the social aspect. (Schiele, 2008b: 96).

El origen de la idea de déficit es algo difuso. Generalmente suele ser suficiente con remontar hacia atrás el hilo de las referencias para localizar a quién puso un concepto, una teoría o término en juego. Sin embargo, en este caso no parece haber una referencia común. En el campo de los estudios de percepción pública de la ciencia suele remontarse al Informe realizado por Davis en 1958 (véase, por ejemplo, Bauer, Allum y Miller, 2007); por su parte, Walter F. Bodmer (2010) atribuye la acuñación del término a John Ziman. Bernard Schiele (2008b) remonta a Charles P. Snow la teorización de la idea. Jon Miller (1983) menciona ambas fuentes, Snow y Davis, aunque no en relación al modelo de déficit, sino a la idea de alfabetización. En la literatura especializada, dentro de los estudios de percepción social de la ciencia, los autores hacen uso del concepto de déficit

⁵⁴ El término “scientific literacy” aparece, sin contar las apariciones en la bibliografía, tres veces; mientras que “public understanding of science” aparece 70 veces incluyendo la del título y excluyendo las referencias.

para hacer referencia a la falta de *algo* por parte de la población, sea conocimiento, sea una cierta actitud, sea confianza, etc. El modelo de déficit se focaliza en la falta de conocimiento científico por parte de la sociedad, y sitúa en los científicos, la fuente de ese conocimiento. Bodmer en su retrospectiva sobre la Royal Society y el COPUS afirma que el modelo ya estaba claramente presente en el informe *Public Understanding of Science*:

Starting from the premise that there was ‘a crisis of trust’ between scientists and the public, the report came to the conclusion that ‘the view of public understanding of science was demeaning and condescending and is no longer enough. Scientists need to understand the public: hence the importance of dialogue and engagement.’ This was clearly an implied criticism of the 1985 report and suggested that all that was being proposed was for scientists to feed the public with the scientific facts and they would then quietly support science.” (Bodmer, 2010: 157).

En cierto modo “conocimiento” y “déficit cognitivo” son dos caras de la misma moneda. Podría rastrearse la idea hasta el Siglo de las Luces, donde el ensalzamiento de la razón trajo consigo la lucha contra la ignorancia. La *Encyclopédie*, al fin y al cabo, fue un arma contra el obscurantismo. Pero aunque parece que puede atisbarse una primigenia formulación del modelo de déficit vinculado a la Ilustración, el modelo, dentro del marco de los estudios de percepción pública de la ciencia, fue explícitamente formulado entre finales de la segunda guerra mundial y principios de la década de 1980. Este modelo estuvo fuertemente ligado a las políticas promoción de la ciencia, “el objetivo político [en Estados Unidos] respondía a la necesidad de generar, no solo posibles productores o innovadores, sino también futuros usuarios de las nuevas tecnologías. [...] se encontraba en el fundacional ‘Informe Bush’ el objetivo político primordial de entender a la educación científica de los ciudadanos, en tanto medio transmisor de la importancia fundamental de la ciencia y la tecnología como motor del progreso económico y social” (Sanz Merino, 2009: 167). “El *modelo de déficit* ha servido a la agenda educativa, demandando un incremento de los esfuerzos en la educación científica en todas las etapas del ciclo educativo”⁵⁵. (Bauer, 2007: 80. Énfasis en el original).

El modelo de déficit como marco explicativo de la relación entre la ciencia y la sociedad se asienta sobre un silogismo: El conocimiento científico genera actitudes favorables hacia la ciencia, los ciudadanos no muestran actitudes

⁵⁵ Traducción propia.

favorables hacia la ciencia. Luego los ciudadanos no poseen suficiente conocimiento científico. Si el objetivo es conseguir más respaldo social para la ciencia, el camino se despeja: es necesario alfabetizar científicamente a la sociedad. Aunque puedan describirse paradigmas del déficit –cognitivo, actitudinal, de confianza (Bauer, Allum y Miller, 2007)– el sustrato es que el público es visto como *deficiente*, mientras que la ciencia es *suficiente* (Sturgis y Allum, 2004). El modelo de déficit permite remontar el problema del respaldo social de la ciencia a la falta de conocimiento científico de los individuos y lleva a la conclusión de que un incremento en el conocimiento científico de los individuos repercutirá en última instancia en un mayor respaldo social a la ciencia.

Las críticas al modelo surgen inmediatamente después de su tematización. Para Ziman (1991) el modelo de déficit es demasiado simple y no proporciona un marco de análisis adecuado para los resultados de los estudios de la comprensión pública de la ciencia, ya que los resultados son interpretados en términos de ignorancia o analfabetismo científico. No es el único que cuestiona la legitimidad de un enfoque que utiliza la ciencia como la vara con la que medir la naturaleza y el grado de la comprensión pública de la ciencia, también autores como Fayard (1992), Lévy-Leblond (1992) o Wynne (1992) lo ponen en entredicho.

Fayard (1992) afirma que el modelo de déficit es normativo porque involucra el juicio valorativo específico de que la comprensión de la ciencia es inherentemente buena. Los defensores del modelo de déficit mantienen la opinión de que el público debe saber ciencia, en tanto que aquellos que son científicamente alfabetizados son, de alguna manera superiores, moral y socialmente a aquellos que no lo son. El pensamiento de Fayard se refleja en el título del su artículo: “Let's stop persecuting people who don't think like Galileo!”. Según Wynne (1992) el modelo de déficit denuesta a la ciencia al presentarla como un cuerpo de conocimiento no problemático, obviando el desacuerdo dentro de la comunidad científica y las controversias. Desde el punto de vista de Lévy-Leblond (1992) el modelo de déficit pasa por alto el hecho de que la mayor parte del conocimiento científico está totalmente alejado o es ajeno e irrelevante para la vida diaria. Lévy-Leblond (1992) señala que vivimos en una cultura de la ignorancia en la que es imposible que todo el mundo esté bien informado de todo. Tanto los científicos como los no científicos son ignorantes de las cuestiones que quedan fuera de su esfera personal inmediata o de su

ámbito laboral o profesional. En esta situación, afirma el autor, la supervivencia dependerá de poseer una gran habilidad para adquirir tanto conocimiento como sea necesario y nada más.

Prewitt (1983) sugirió que era necesaria una mayor atención hacia las consecuencias del desarrollo científico, aunque fuese a costa de reducir la preocupación por el nivel de conocimiento científico de la sociedad. Hace uso del término “savvy person”, que tiene la habilidad de actuar sobre la base de una comprensión de los principios y las estructuras que rigen situaciones complejas y resolverlas con éxito. Prewitt contempla diferentes tipos: “street savvy”, “political savvy”, “entrepreneurial savvy” o “scientific savvy”. Cada uno de estos “savvys” es capaz de lidiar con las cuestiones propias de su campo, así por ejemplo, el “scientific savvy” es capaz de sobreponerse a la introducción de una nueva tecnología o no dejarse intimidar por el lenguaje técnico de la ciencia (Prewitt, 1983).

Para Wynne (1991) lo pertinente no es definir y medir la comprensión de los conceptos científicos. Sustentar el nivel de alfabetización científica sobre cierta cantidad demostrable de conocimiento científico presupone la existencia de un déficit de conocimientos en el individuo. Es decir, al fijar un nivel mínimo de alfabetización científica (que se traduce en la cantidad de conceptos y constructos científicos que un individuo posee, en su opinión sobre un tema científico y en su percepción de las consecuencias de un avance científico) se están afirmando dos cosas: que pueden establecerse unos contenidos mínimos para la alfabetización científica y que esos contenidos son exigibles a los individuos para desempeñar su vida diaria en un mundo caracterizado por el desarrollo científico y tecnológico. Ziman (1991) y Wynne (1991) argumentan que lo que significa la ciencia se negocia socialmente, y por ello, no debe presuponerse que el conocimiento de los científicos es mejor que el sentido común o el conocimiento local de los no científicos.

Durant, Evans y Thomas (1992) reconocen que el marco de análisis que construye el modelo de déficit es de hecho insuficiente para dar cuenta de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad, y que cuestiones particulares del campo requieren de un tratamiento distinto; sin embargo no abandonan el modelo de déficit. Aceptan que gran parte del conocimiento científico es controvertido, pero afirman que hay otra parte al menos tan grande o incluso mayor que no lo es, que está consolidado. En muchas áreas del conocimiento científico, señalan, hay un fuerte consenso que hace posible la construcción de

medidas de los niveles de comprensión pública de la ciencia. Los autores aceptan que vivimos en una cultura de la ignorancia y que nadie puede ser experto en todo, asimismo reconocen que no se debe estigmatizar a aquellos con bajos niveles de comprensión pública de la ciencia. Sin embargo no ven nada pernicioso en querer obtener datos sobre qué sabe la gente de ciencia y cuánta gente sabe de ciencia. Para ejemplificar su postura toman como herramienta análoga los test de inteligencia. Estas herramientas permiten establecer el cociente intelectual (CI) de los individuos, y hacen posible construir una escala, de más CI a menos CI, en la que se sitúan las personas en función de sus resultados. Medir los niveles de comprensión científica en una población, señalan, tiene como resultado algo similar a lo que sucede con los test de inteligencia: la asignación de puntuaciones a los individuos. Esto permite construir una escala de comprensión pública de la ciencia en la que los individuos con valores más altos se situarían arriba y aquellos con resultados más bajos en la parte inferior de la escala. No hay nada malo en intentar medir la inteligencia, afirman los autores, otra cosa son los malos usos de esa herramienta o las consecuencias que conlleve. Aprender más sobre las complejas redes de ideas, imágenes, creencias y actitudes que constituyen las representaciones sociales de la ciencia, requiere alguna forma de medir la comprensión pública de la ciencia en relación a unos contenidos científicos según señalan Durant, Evans y Thomas (1992). Si bien estos autores consideraban que otros factores económicos, sociales, políticos, la confianza o la percepción del riesgo podían influir en la actitud del público, sostenían que no había razones para suponer que el conocimiento científico no tuviera un efecto adicional e independiente.

Los estudios que miden la percepción social de la ciencia se han basado en la asunción de que el nivel de estudios, el interés hacia cuestiones científicas y tecnológicas o la información científica que poseen los individuos están detrás de sus actitudes hacia la ciencia. Durante décadas los datos han mostrado que los individuos que obtienen valores medios-altos en estos factores suelen mostrar actitudes favorables hacia la ciencia. Pero, recientemente, la relación entre actitudes, conocimientos e interés está siendo revisada. Bauer (2012b) basándose en los resultados de los Eurobarómetros realizados entre 1992 y 2001, han señalado que niveles altos de comprensión de la ciencia no siempre correlacionan con un alto grado de apoyo a la ciencia: los resultados de estos estudios muestran un paulatino descenso en el interés por la ciencia al tiempo que muestran un incremento del conocimiento.

Bauer ha concluido que “el concepto de déficit de la comprensión pública de la ciencia es falso: cuanto más conocemos la ciencia, menos la queremos (al menos en términos de la ideología moderna)”⁵⁶ (2008b: 21). Según el autor, en los países post-industrializados, cuanto más elevado es el nivel de alfabetización científica más consciente es la sociedad de los riesgos y los perjuicios asociados a la ciencia, dando lugar a actitudes más críticas. El modelo de déficit explicaba las dudas sobre el valor del progreso científico o los miedos ante las nuevas tecnologías en términos de desconocimiento. Lo desconocido despierta ansiedades, actitudes de recelo, temores hacia aquello cuyos efectos o consecuencias se ignoran. Sin embargo, cada vez más estudios cuestionan la ignorancia como factor determinante de la desconfianza, argumentando que el público entiende la incertidumbre y el riesgo sobre la base de su experiencia cotidiana. Aquellos que son críticos con la relación entre la falta de conocimiento y las actitudes negativas ponen en entredicho que los miedos irracionales de los legos se expliquen efectivamente apelando a la falta de comprensión científica. Mary Douglas y Aaron Wildavsky (1982), también Paul Slovic y Ellen Peters (1998) han defendido que los miedos sociales responden en gran medida al contexto social y no al esperable reconocimiento de los riesgos objetivos⁵⁷.

Bauer ha detectado que “a medida que una sociedad se desplaza a lo largo de la transición axial de una economía industrial a una economía intensiva post-industrial basada en el conocimiento, la distribución y la relación entre el conocimiento de la gente, sus intereses y actitudes hacia la ciencia caen de forma diferente”⁵⁸ (2009: 229). Este fenómeno se denomina la U invertida de Bauer (2009) en referencia a la representación gráfica de la relación entre el conocimiento y las actitudes hacia la ciencia en un sistema de coordenadas; aunque él se ha referido a ella como la “hipótesis post-industrial” (Bauer, 2012b) En las sociedades postindustriales personas con niveles altos de cultura científica mantienen actitudes de desconfianza y crítica hacia la ciencia, de hecho, una percepción positiva de los resultados de la ciencia no es necesariamente un indicativo de un alto nivel de cultura científica. Sobre la base de estas diferencias, Shukla y Bauer (2007) han postulado el modelo de las dos culturas de la

⁵⁶ Traducción propia.

⁵⁷ Un ejemplo de ello es el descenso de la preocupación social, así como de la cobertura mediática, por el cambio climático, a pesar de las múltiples fuentes que advierten de que el problema se está agravando y urgen a tomar medidas globales (véase Fernández Reyes y Mancinas-Chávez, 2013; Muñoz van den Eynde, 2012).

⁵⁸ Traducción propia.

comprensión pública de la ciencia, uno para los países industrializados y otro para los países post-industrializados. Mientras que para los países industrializados se asume que el conocimiento incrementa el interés y viceversa, y que esta circularidad repercute en un mayor apoyo a la ciencia, en los países post-industrializados la gente que está informada sobre la ciencia varía en sus conclusiones sobre el significado de la ciencia en la sociedad (Shukla y Bauer, 2007). Dinamarca o Reino Unido, países con una mejor comprensión de la ciencia, son al mismo tiempo más escépticos, tal y como muestran los resultados de sucesivos Eurobarómetros. En Estados Unidos el público es relativamente favorable hacia la ciencia, pero también relativamente ignorante sobre el método científico; apoyan la ciencia y la tecnología porque asumen que contribuyen al desarrollo económico, pero esta postura es independiente del conocimiento científico que posee la sociedad.

Para Pardo y Calvo (2002) aunque el conocimiento no sea una palanca para las actitudes positivas, sí lo es de la calidad de esas actitudes, sean positivas o negativas. Las actitudes basadas en el conocimiento son más resistentes al cambio, afirman que el conocimiento marca la diferencia entre tener o no tener una actitud, no entre actitudes positivas y negativas. Pardo y Calvo (2002) han puesto de manifiesto la necesidad de modelos robustos capaces de explicar la estructura y la dinámica de la cultura científica. Los análisis estadísticos y metodológicos así como las escalas que miden las actitudes hacia la ciencia actuales son débiles, especialmente cuando se aplican a otras áreas de investigación científica social. Recientemente Pardo (2014a) ha señalado la tendencia de los estudios de percepción social de la ciencia a sobredimensionar el analfabetismo científico en la sociedad. Las medidas de la alfabetización científica son muy controvertidas, y señala que es necesario tomar con cautela los resultados que arrojan los estudios de percepción.

Xiufeng Liu (2009) argumenta que la noción de alfabetización científica tiene tres deficiencias: está basada en un modelo de déficit, en un modelo de comodidad y en un modelo estático. En primer lugar el modelo de déficit ignora el hecho de que el público en general posee una amplia variedad de conocimiento informal y de experiencias que no son totalmente compatibles con el conocimiento científico experto. En segundo lugar, el modelo de comodidad asume que la transmisión de la cultura científica es sumatoria, ignorando el hecho de que la ciencia está en constante evolución. Al contrario, defiende que la alfabetización científica es un aprendizaje permanente. En tercer lugar, se basa

en un modelo estático de transmisión de la información científica que es considerada como no-problemática, universal y valorativamente neutral. La alfabetización científica, sugiere Liu, solo tiene sentido en relación a un público determinado, sobre cuestiones concretas y con propósitos específicos.

3.3. Los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia

Bauer, Allum y Miller (2007) han sintetizado tres paradigmas de la comprensión pública de la ciencia tomando como base la atribución de un déficit en el público de conocimiento, actitud o confianza (Figura 14). Los autores datan el comienzo y el final de cada paradigma, pero, tal y como señalan, no deben entenderse como paradigmas consecutivos, sino que se da en ellos un cierto solapamiento.

Figura 14. Paradigmas de la comprensión pública de la ciencia.

Different Paradigms, Problems and Solutions			
Period	Attribution diagnosis	Strategy research	Geography
Science literacy 1960s – 1980s	Public déficit knowledge	Measurement of literacy education	United States of America
Public understanding 1985 – 1990s	Public déficit attitudes	Know x attitude Attitude change Education Public Relations	Great Britain – Europe
Science-in-Society 1990s – present	Trust deficit Expert deficit Notion of public Crisis of confidence	Participation deliberation 'Angels' mediators Impact evaluation	Great Britain – Europe

Fuente: Bauer, Allum y Miller, 2007.

El primer paradigma, denominado “Science literacy” surge en la década de los 60 y deja de tener preeminencia hacia mediados de 1980, siendo desbancado por el paradigma al que se refieren como “public understanding” y que da comienzo después de 1985. El último paradigma es “Science in Society” que comienza en la década de los 90. Los nombres de los paradigmas no son arbitrarios, Bauer, Allum y Miller (2007) especifican que las denominaciones y las fechas se deben a los informes británicos *Public Understanding of Science* y

Science and Society. El rótulo “Science literacy” hace referencia a la definición de Jon D. Miller y la fecha de inicio al Informe Davis.

El núcleo del primer paradigma es la atribución de un déficit cognitivo a la sociedad. El planteamiento tiene una vertiente educativa y una vertiente política: la toma de decisiones en democracia es más efectiva si está informada, y se consigue una sociedad informada a través de mecanismos educativos. El modelo de déficit es una premisa que permite afirmar, en el ámbito educativo, que la sociedad no está lo suficientemente alfabetizada, y justifica el incremento de los esfuerzos por mejorar la educación; y en el ámbito político, que la sociedad no está suficientemente alfabetizada para tomar decisiones en democracia, lo que permite poner en cuarentena el juicio social. Las preocupaciones de la alfabetización científica continúan en el paradigma “public understanding”, ya que las medidas de alfabetización son necesarias para poner a prueba el axioma “the more you know, the more you love it”. El cambio reside en abandonar el umbral de alfabetización en favor de una escala, ya no es tanto si un individuo está o no científicamente alfabetizado si no qué grado de comprensión posee.

El núcleo del segundo paradigma es la atribución de un déficit de actitudes favorables hacia la ciencia por parte de la sociedad (Bauer, Allum y Miller, 2007). Los ciudadanos no poseen ni el suficiente ni el adecuado tipo de conocimiento científico, y por ello no son capaces o fallan al mostrar actitudes positivas o formarse una percepción del riesgo razonable. La sociedad no es lo suficientemente favorable hacia la ciencia y hacia la tecnología y esto debe ser una preocupación para las instituciones científicas. La preocupación por las actitudes pasa a ser el foco de atención y las preguntas clave serán: ¿cómo se construyen las actitudes? (Pardo y Calvo, 2002), ¿cómo se relacionan las actitudes generales con las actitudes particulares? (Daamen y VanderLands, 1995) y ¿cómo se relacionan conocimiento y actitudes? (Einsiedel, 1994).

Tiene lugar una aquiescencia generalizada en la literatura especializada hacia el hecho de que la gente no parece estar lo suficientemente implicada con la ciencia y la tecnología, las discrepancias surgen ante las medidas que hay que adoptar. Según Bauer, Allum y Miller (2007), para los normativos-racionalistas es un problema de racionalidad, las actitudes son el producto de un proceso racional de la información. Solo a través de la racionalidad se eliminan los sesgos y puede la sociedad estar de acuerdo con los expertos. Para los realistas-empíricos, continúan los autores, las actitudes son relaciones cargadas valorativamente sobre el mundo. Valores, emociones y racionalidad se

entrecruzan y entender cómo se afectan unas a otras es complicado dado la confusión de valores con emociones y cogniciones, y de emociones con racionalidad e irracionalidad.

El núcleo del tercer paradigma es la atribución de un déficit de confianza por parte del público hacia la comunidad científica. Pero tiene lugar una redistribución del déficit, ya que no es únicamente el público el que carece de suficientes conocimientos científicos, actitudes favorables hacia la ciencia o confianza en las instituciones científicas y en los científicos. La atribución del déficit recae también sobre los expertos respecto a su comprensión del público, considerado ignorante, dando lugar a un clima de desconfianza y recelo mutuos. La crisis de confianza muestra una ruptura del contrato social de la ciencia cuyos efectos se intentan paliar mediante la deliberación y la participación (conferencias de consenso, jurados de ciudadanos, encuestas deliberativas y otros mecanismos). La pérdida de confianza será un tema central del informe *Science and Society*, sobre el que se vuelve más adelante.

El déficit alude a una carencia de la sociedad respecto de la ciencia. El apellido del déficit (cognitivo, de actitud, de confianza, comportamental...) orienta el foco del problema y señala las estrategias de actuación. Los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia señalados por Bauer, Allum y Miller remiten a lugares geográficos, aunque no se reducen a ellos. En Estados Unidos el enfoque en términos de “Scientific literacy” ha llevado a acciones orientadas a incrementar y mejorar la presencia de la ciencia en el sistema educativo. En Gran Bretaña y otros países del norte de Europa donde “PUS” y “Science and Society” han tenido una incidencia mayor, los esfuerzos se han centrado en mejorar la comunicación y la participación de la ciencia. En la actualidad la convivencia de los paradigmas, que acertadamente señalan los autores, ha llevado a la convergencia de ambas líneas de actuación de modo que enseñanza, comunicación y participación se han convertido en estrategias clave para lograr una sana y provechosa interacción entre la ciencia y la sociedad. Si bien se explican los tres paradigmas en términos de déficit cognitivo (de conocimiento, de actitud, de confianza), la alfabetización científica (SL) es un propósito educativo, la percepción pública de la ciencia (PUS) es la medición de la imagen que la sociedad tiene de la ciencia y la sociedad, y ciencia y sociedad (S&S) es una estrategia para fomentar el diálogo entre las partes. Tras la cosificación de los tres paradigmas se hace difícil pensar en el desarrollo de la comprensión pública de la ciencia en otros términos.

3.4. El informe *Public Understanding of Science*

En noviembre de 1982 Roger Blin-Stoyle, físico reconocido y fundador de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Sussex, presidió el Comité de Ciencias de la Educación de la Royal Society. De esa reunión surgió un informe, publicado ese mismo año, en el que se recomendaba la creación de un pequeño grupo de trabajo cuya función era investigar los modos de mejorar la comprensión pública de la ciencia. Así fue formado el equipo liderado por Walter F. Bodmer⁵⁹. Bajo la premisa de que “una imagen pública sensata y equilibrada sobre la educación científica depende del desarrollo de una mayor toma de conciencia e ilustración sobre la ciencia y su rol en la sociedad”⁶⁰ (Bodmer, 2010: 152), la recién creada comisión realizó el informe *Public Understanding of Science*, publicado en 1985, cuyos objetivos eran (Royal Society, 1985: 7):

- a) to review the nature and extent of public understanding of science and technology in the UK and its adequacy for an advanced industrialized democracy;
- b) to review the mechanisms for effecting the public understanding of science and technology and its role in society;
- c) to consider the constraints upon the processes of communication and how they might best be overcome;
- d) to make recommendations and report to Council.

La idea central era robustecer la necesidad de que los científicos se comunicaran con el público; y para ello se establecían una serie de líneas para mejorar la comprensión pública de la ciencia. En Gran Bretaña, las obras y los esfuerzos de divulgación eran producto de iniciativas particulares de la mano de científicos ya reputados, muchos de ellos miembros de la Royal Society. Aun así los actos de divulgación no tenían buena acogida pues era considerada como un asunto colateral a la investigación científica que restaba prestigio científico ya que, en cierto modo, divulgación era sinónimo de vulgarización, aquello a lo que Shen (1975a) se había referido como una “concesión a la mediocridad”. Para los aspirantes a convertirse en miembros de la Royal Society el miedo a ser rechazados por exceso de popularidad desincentivaba cualquier acto de

⁵⁹ Entre los miembros del comité destaca especialmente el nombre de John Ziman.

⁶⁰ Traducción propia.

divulgación (Bodmer, 2010). En este informe se define la comprensión pública de la ciencia como algo que incluye:

[...] not just the facts of science, but also the method and its limitations as well as an appreciation of the practical and social implications [...], including the nature of risks, uncertainty and variability, and an ability to assimilate numerical data” (Royal Society, 1985: 6).

La premisa era que una mayor comprensión pública de la ciencia mejoraría la calidad de la toma de decisiones por parte del público, pero no porque se tomaran las decisiones correctas, sino porque se defendía que las decisiones tomadas “a la luz de una adecuada comprensión de las cuestiones suelen ser mejores que las decisiones que las que se toman en la ausencia de dicha comprensión” (Royal Society, 1985: 9).

El informe proponía recomendaciones específicas en diversos ámbitos (Royal Society, 1985):

- 1) En primer lugar para el sistema educativo en todas sus etapas, dirigidas a los estudiantes, a los profesores y a los contenidos.
- 2) En segundo lugar para los medios de comunicación de masas, a quienes se les recomendaba ampliar la cobertura científica, incrementar la presencia de los contenidos científicos y tecnológicos tanto en la prensa como en la televisión y radio, así como responsabilizarse de la imagen de la ciencia que transmitían.
- 3) En tercer lugar, a los miembros de la comunidad científica, se les instaba a mejorar la comunicación con los distintos segmentos del público, la divulgación de la ciencia debía ser considerada como un deber.
- 4) Finalmente, para la propia Royal Society, el informe sugirió:
 - a. la creación de una red de información que sirviera de fuente fiable para los periodistas sobre temas científicos y tecnológicos relevantes,
 - b. estrechar relaciones con el gobierno de cara a mejorar la información científica relacionada con cuestiones de política pública,
 - c. el establecimiento de un premio de carácter anual que reconociera el esfuerzo individual o colectivo por la promoción pública de la ciencia y, finalmente,
 - d. la creación de un comité para la comprensión pública de la ciencia.

- 5) En lo que respecta al sector institucional el informe resaltaba la importancia de incrementar actividades de promoción pública de la ciencia en el seno de las sociedades científicas y en los museos de ciencia, a través de la organización de conferencias, talleres, concursos, etc.
- 6) En cuanto al sector industrial, también tenían la capacidad de organizar este tipo de actividades, y por lo tanto debía procurar acercarse al sistema educativo, a los medios y a la comunidad científica.

25 años más tarde, Walter F. Bodmer (2010) evaluó las repercusiones del informe. Desde la perspectiva que le otorga la distancia temporal, señalaba que se había mejorado la enseñanza de la ciencia en los primeros años del sistema educativo, pero en la enseñanza secundaria la imagen de la ciencia que persistía era la de un proceso lógico que genera respuestas inequívocas, realizado por científicos igualmente lógicos, carentes de emociones y extraídos del desorden de la vida real. La brecha entre las humanidades y las ciencias continuaba abierta. El informe recomendaba incrementar la presencia de la ciencia en los medios de comunicación, sin embargo, Bodmer relata cómo los intentos de acercamiento a los medios de comunicación fueron infructuosos. Esto no significa que no haya habido un incremento de la cobertura mediática de la ciencia, solo que, según él, no es atribuible al informe, como tampoco es consecuencia directa del informe el extraordinario desarrollo de los museos de ciencia y de las exhibiciones *hands-on*⁶¹. Lo que sí es obra del informe es la creación de los premios Michael Faraday, un galardón otorgado desde 1986 por la Royal Society que premia la excelencia de la comunicación de la ciencia al público. Resultado del informe fue también la creación del Committee on the Public Understanding of Science (COPUS) a través del cual la Royal Society y la British Association for the Advancement of Science aunaron esfuerzos para afianzar el compromiso de las organizaciones científicas para con la población. Durant (1992) cuenta cómo a finales de 1980 el COPUS formó varios grupos de trabajo, entre ellos uno dedicado a los centros de ciencia interactivos. El objetivo de este grupo era impulsar el crecimiento de algo que ya se estaba extendiendo rápidamente, una red de centros de ciencia interactivos en Reino Unido. Fruto de su trabajo fue el volumen *Sharing Science* editado por Máire Geoghegan-Quinn y publicado en 1989, que abordaba los problemas y las perspectivas de una nueva

⁶¹ A diferencia de las exhibiciones que muestran objetos en vitrinas que no se pueden tocar, las exhibiciones *hands-on* están pensadas y diseñadas precisamente para permitir la manipulación y la interacción con los objetos.

generación de centros de ciencia. El libro impulsó la creación de un segundo grupo de trabajo, el COPUS Museum Working Group, creado en 1990. Una de las primeras acciones de este segundo grupo fue la organización de un congreso internacional sobre museos y centros de ciencia, que tuvo lugar en la sede del Science Museum de Londres, en abril de 1992. Las contribuciones quedaron recogidas en el volumen, editado por Durant y publicado en 1992, con el significativo título *Museum and the Public Understanding of Science*.

De acuerdo con Bauer, Allum y Miller (2007) el déficit de conocimiento se intentó corregir con alfabetización científica. El axioma “the more you know, the more you love it”, cuya primigenia formulación se remonta al Informe Davis de 1958, se había entendido como una estrategia de actuación que llevó a incrementar el esfuerzo por mejorar los mecanismos de enseñanza de la ciencia. La premisa era la falta de alfabetización científica de la sociedad, la conclusión: el incremento del conocimiento científico de los individuos repercutirá en un mayor aprecio social hacia la ciencia (el modelo de déficit). Sobre esta esperanza, especialmente en Estados Unidos, pero también en Europa, se habían incrementado los esfuerzos por mejorar la educación científica, un fruto de esos esfuerzos fue, por ejemplo, el documento *Science for All Americans*, realizado en el seno del *Project 2061* por parte de la American Association for the Advancement of Science (AAAS). Pese a todo, los estudios demoscópicos de percepción pública de la ciencia, iniciados en 1979, y que ya se realizaban sistemáticamente a nivel global en los años 80 y 90, arrojaban resultados poco halagüeños con respecto al nivel de conocimientos científicos de la población. A finales del siglo XX, la población adulta norteamericana que podía caracterizarse como científicamente alfabetizada no alcanzaba el 20%; resultados similares se obtuvieron en Gran Bretaña, Francia, Dinamarca y los Países Bajos, y para el resto de países, como Japón u otros miembros de la Unión Europea, los resultados eran aún más bajos (Miller, 2004). Las estrategias por mejorar la educación científica no habían sido tan efectivas como se había esperado.

En el informe de la Royal Society se señala que prácticamente todas las encuestas realizadas a la población adulta que se estaban haciendo sobre percepción social de la ciencia se centraban en actitudes más que en la comprensión. Y es que el foco de los estudios de percepción se había desplazado de medir conocimientos a medir interés. Por eso el informe *Public Understanding of Science* centra sus recomendaciones en mejorar los canales de comunicación que van desde los científicos a la sociedad, y marca en Reino Unido, como han

señalado Bauer, Allum y Miller (2007), la transición del paradigma de la alfabetización científica al paradigma de la comprensión pública de la ciencia (Bauer, Allum y Miller, 2007). La falta de apoyo a la ciencia era debida a un bajo interés por parte de la sociedad en temas relacionados con la ciencia y la tecnología (Bauer, 2009). Si bien el nivel de conocimientos científicos de la población podía incrementarse con estrategias educativas, el desinterés de la población y la actitud negativa hacia la ciencia podía afrontarse con estrategias de comunicación, concretamente mejorando la divulgación científica. De nuevo, las estrategias de actuación emanaban de la comunidad científica.

3.5. El informe *Science and Society*

El informe *Science and Society*, publicado en 2000 por la House of Lords de Gran Bretaña y realizado bajo la dirección de Jenkin of Roding⁶² da continuidad al objetivo de su predecesor, el informe *Public Understanding of Science*. Incide en la necesidad de que los científicos se comuniquen con el público, sin embargo, en él se señala que este planteamiento es incompleto. Así, las debilidades contenidas en el primer informe son los retos del segundo. Ya no es suficiente con que el público comprenda la ciencia, es necesario también que los científicos comprendan al público, lo escuchen y estén abiertos a su crítica. Por ello las recomendaciones del informe van orientadas a involucrar a los científicos en actividades de comprensión pública de la ciencia que van más allá de fomentar la divulgación⁶³ o la difusión de su actividad, presuponiendo que alentará al público a ser más crítico y a estar más informado.

Una de las preocupaciones principales del informe de 1985 era la apatía del público respecto a la importancia que la ciencia y la tecnología tienen en las sociedades modernas, así como la aparente disposición del público a rechazar el

⁶² Entre los miembros del equipo figuran, como asesores expertos, John Durant y Brian Wynne.

⁶³ Siguiendo la definición de Alfredo Marcos Martínez y Fernando Calderón Quindós (2002) la comunicación es un fenómeno múltiple que puede darse dentro de la propia comunidad de expertos, entre esta y la sociedad o entre sectores; la transmisión de contenidos que tiene lugar a través del sistema educativo (asignaturas de ciencias), a través de mecanismos propios del mundo académico (revistas especializadas, congresos, etc.), o a través de los medios de comunicación tradicionales (prensa, televisión y radio) y nuevos (museos, cine, Internet). El término “divulgación científica” se refiere específicamente a la comunicación de la ciencia que se realiza a través de los medios de comunicación (Marcos Martínez y Calderón Quindós, 2002).

asesoramiento científico sobre toda clase de decisiones que involucren temas de riesgo (Wynne, 1992). En el informe de 2000 el panorama ha cambiado: hay un reconocimiento del interés de la sociedad en la ciencia enmarcado en una crisis de confianza. Paradójicamente, en este marco de desconfianza, existe un fuerte interés por la ciencia que va acompañado de un creciente escepticismo sobre los matices de la relación entre la ciencia y la política científica. El informe *Science and Society* abre con el siguiente diagnóstico:

Society's relationship with science is in a critical phase. [...] On the one hand, there has never been a time when the issues involving science were more exciting, the public more interested, or the opportunities more apparent. On the other hand, public confidence in scientific advice to Government has been rocked by a series of events, [...]; and many people are deeply uneasy about the huge opportunities presented by areas of science including biotechnology and information technology, which seem to be advancing far ahead of their awareness and assent. In turn, public unease, mistrust and occasional outright hostility are breeding a climate of deep anxiety among scientists themselves. (House of Lords, 2000: art. 1.1).

El informe traza una línea argumental que vincula la percepción social de la ciencia con la riqueza futura y el bienestar social. El planteamiento es el siguiente: una mala comprensión de la ciencia es terreno abonado para que prospere el uso inadecuado, el abuso, el desaprovechamiento o incluso el rechazo de ciertos avances científicos y tecnológicos. Una mala comprensión de la ciencia puede llegar a generar desconfianza social hacia la ciencia y sus productos, desconfianza que puede desembocar en un descenso de la inversión en investigación y desarrollo, en la pérdida de puestos de trabajo y en la fuga de cerebros. Por ello, las actitudes hacia la ciencia tienen potencialmente capacidad para condicionar el desarrollo científico-tecnológico, pueden determinar la inversión en I+D, y afectan a la cantera de científicos de un país a través de las vocaciones científicas.

Si en el primer informe la estrategia se orientaba a mejorar la comunicación entre la ciencia y la sociedad para alcanzar una mejor comprensión social de la ciencia, en este informe se avanza un paso más en esa dirección, reivindicando que la comprensión debe ser mutua –quizá por eso lo que media entre la sociedad y la ciencia en el título del informe es una conjunción–. La cuestión parece ser significativa porque en el informe *Science and Society* se propone cambiar el nombre del Committee of Public Understanding of Science por el de “Council on Science and Society”. Bajo el acrónimo “PUS” subyacía la idea de que las dificultades de la relación entre la ciencia y la sociedad eran debidas a la

ignorancia y a la incomprensión del público, y que con suficientes actividades de comprensión, el público adquiriría un mayor conocimiento, y su actitud hacia la ciencia será menos desfavorable (House of Lords, 2000).

La definición de “comprensión pública” que ofrecía el informe *Public Understanding of Science* de 1985 incluía el conocimiento de hechos de la ciencia, la habilidad de asimilar información cuantitativa, familiarización con sus metodologías de investigación y el reconocimiento de sus implicaciones prácticas y sociales, incluyendo la naturaleza del riesgo. Pese a que este segundo informe mira más hacia la sociedad, la definición de “comprensión pública” que se puede leer en él no dista mucho de la anterior.

“Public understanding of science” means the understanding of scientific matters by non-experts. This cannot of course mean a comprehensive knowledge of all branches of science. It may however include understanding of the nature of scientific methods, including testing of hypotheses by experiment. It may also include awareness of current scientific advances and their implications. (House of Lords, 2000: art. 3.1).

Aunque incrementar los conocimientos científicos de la sociedad no es ya un fin en sí mismo, es un requisito para una mejor comprensión pública de la ciencia. Los lugares claves para el fomento de la comprensión pública de la ciencia serán, según el informe *Science and Society*: el sistema de enseñanzas regladas y las universidades, los museos y los centros de ciencia, Internet y el periodismo científico, y el informe dedica una especial atención a cada uno de ellos. Los modos de involucrar al público son las consultas ciudadanas, las encuestas deliberativas, los paneles de consulta, los grupos focales, los jurados de ciudadanos o las conferencias de consenso que son, según el informe, la única forma de consulta pública designada específicamente para tratar cuestiones científicas y tecnológicas.

En la actualidad el término que está afianzándose es el de “public engagement with science” que recoge las aspiraciones del informe *Science and Society* al reconocer la necesidad de un diálogo en el cual tanto los científicos como el público puedan contribuir al debate, un compromiso mutuo que requiere de cierta comprensión de los temas científicos en cuestión por parte del público (Bodmer, 2014), pero también de asunción de cierto protagonismo por parte de la sociedad y de la comprensión de las consecuencias sociales del avance de la ciencia por parte de los científicos. Los no expertos deben ser capaces de comprender los aspectos de la ciencia y la tecnología que les afectan,

al mismo tiempo, los científicos necesitan comprender el impacto que su trabajo, y el de las aplicaciones derivadas de él, tienen en la sociedad y en la opinión pública. Se trata de hacer tanto ciudadanos alfabetizados científicamente como lo que Neal Lane (1997), Director de la National Science Foundation entre 1993 y 1998, denominó “civic scientist”.

Entre el marco que proporciona el paradigma “science and society” y el que proporciona el “engagement” parece haber una diferencia sutil. El objetivo de ambos es incorporar la voz pública en la toma de decisiones en cuestiones que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología, generalmente mediante mecanismos de participación pública. Pero en el *engagement* se hace explícita la reivindicación de que esa voz sea incorporada en todas las etapas del desarrollo y la investigación científica. Sobre el *engagement* se volverá más adelante, en el capítulo 6.

3.6. La relación entre los museos de ciencia y el déficit

Los museos de ciencia son lugares donde el alcance del modelo de déficit como marco definitorio de la relación entre la ciencia y la sociedad puede verse con nitidez. Los tres paradigmas de la comprensión pública de la ciencia (Bauer, Allum y Miller, 2007) remitían cada uno a un tipo de déficit –cognitivo, actitudinal y de confianza–, y para cada caso se habían establecido estrategias orientadas a reducirlos –de alfabetización, de comunicación, de participación–. Una revisión de los cambios acontecidos en los museos de ciencia revela que estas instituciones no han sido ajenas a los giros del déficit, las estrategias propuestas para paliar cada déficit pueden rastrearse en ellas. Las influencias son mutuas, también los dos informes que se acaban de mencionar, conscientes del potencial de los museos y centros de ciencia en la promoción de la comprensión pública de la ciencia, dedican parte de su atención a estas entidades.

i) Museos y centros de ciencia de alfabetización científica

Desde su origen, ya en los primeros museos de ciencia hay un cierto interés por la alfabetización científica que se insertaba en el marco que proporcionaban los ideales ilustrados de alfabetización, pero no hay en estas entidades una preocupación explícita por la alfabetización, es más bien un efecto colateral. Eran

museos más orientados a *mostrar* la ciencia que a *demostrarla* o a *comunicarla*⁶⁴ (Pérez Abad *et al*, 1999). Fue el tomar consciencia de su potencial como lugares de enseñanza el que llevó a muchos museos a la obsolescencia. Los museos intentarían dar respuesta al desafío educativo restructurándose sobre la base de metodologías de exposición más didácticas, pero la abundancia de piezas fue un lastre para muchos de ellos.

Así los museos comenzaron a añadir a sus funciones de conservación y presentación del patrimonio científico una decidida voluntad pedagógica y cultural (Pérez Abad *et al*, 1999). Esta voluntad se tradujo en una reducción de los artefactos que se mostraban y en el incremento de las demostraciones científicas (Danilov, 1976). Por primera vez los fondos (todos los objetos del museo) y los contenidos (los objetos expuestos) de las exposiciones de los museos comienzan a separarse, siguiendo la estela abierta por la forma de organizar la exhibición de la Exposición Internacional de Chicago en 1933, que clasificaba los objetos temáticamente y no cronológicamente como era la pauta. La concepción del público también cambió, se contemplaba como una masa potencialmente alfabetizable en materias de ciencia y tecnología, pero su consideración no iba más allá de una mera entidad pasiva que recibe la información de la comunidad científica. En general los museos de este tipo presentan las posibilidades de la ciencia y la tecnología como solución a los problemas de la humanidad (Baird, 1986). Los museos reproducían el modelo lineal de comunicación descrito por Massimiano Bucchi (2008) y el modelo lineal de desarrollo que se intuye en el informe de Vannevar Bush (1945).

El giro hacia la alfabetización se incorpora a los museos y se explicita en sus propios objetivos. Son ejemplos paradigmáticos el Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik de Múnich y el Palais de la Découverte de París. Inspirándose en la Exposición Internacional de la Electricidad en 1881, celebrada

⁶⁴ Carmen Pérez Abad *et al*, (1999) realizan una clasificación de museos de ciencia atendiendo a sus objetivos últimos. Distinguen tres tipos de museos: los que *muestran* la ciencia, los que *demuestran* la ciencia y los que *comunican* la ciencia. Los museos en los que la ciencia se *muestra* remontan su origen a las colecciones de curiosidades, máquinas o instrumentos, y sus funciones son principalmente las de conservación y presentación del patrimonio científico y técnico. Los museos en los que se *demuestra* la ciencia añaden a estas funciones una decidida voluntad pedagógica y cultural; corresponden a los museos creados en el primer tercio del siglo XX. Finalmente los museos en los que la ciencia se *comunica* son aquellos orientados a despertar la curiosidad de los visitantes por las cuestiones científicas, se trata de los Centros de Ciencia que surgen a partir de la década de los 70.

en París, Oskar von Miller fundó el Deutsches Museum en 1903 con el objetivo de “crear una institución educativa para todos en la que se impartieran los fundamentos de la ciencia la tecnología mediante el encuentro con sus obras maestras”⁶⁵ (Knerr, 2000: 8). El Palais, construido para albergar la Exhibición Internacional de 1937, se transformó en un establecimiento permanente en 1938. La pretensión del museo era que el público comprendiera la importancia de los descubrimientos científicos en la creación de la civilización (Schiele, 2008a), y su objetivo declarado era la difusión de la cultura científica (Hernández Hernández, 1998).

Alexandre Segarra, Amparo Vilches y Daniel Gil (2008) realizaron un estudio sobre la imagen que los museos de ciencia⁶⁶ presentan una visión “correcta” de las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, donde por “correcta” entienden (Segarra, Vilches y Gil, 2008: 8):

Se hace referencia al interés de los problemas abordados por la investigación e innovación tecnocientífica.

Se abordan las implicaciones CTSA [Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente] de los estudios realizados (posibles aplicaciones, repercusiones negativas, toma de decisiones fundamentadas...).

Se estudian los problemas de degradación del medio que afectan “glocalmente” (a la vez local y globalmente) a la totalidad del planeta, sus causas y las posibles soluciones que habría que adoptar ante la grave situación de crisis planetaria, contribuyendo a mostrar el papel que la ciencia y la tecnología en esta problemática.

Se muestran situaciones en las que las opiniones, intereses, etc., de los ciudadanos e instituciones cuentan e influyen en las líneas de investigación propuestas.

Se plantea al visitante la necesidad de la comunicación y el debate de ideas para posibilitar la investigación de cualquier tipo de problema y el avance de la ciencia sin barreras ideológicas, pero teniendo en cuenta el “Principio de precaución” que evite aplicaciones apresuradas, insuficientemente evaluadas.

⁶⁵ Traducción propia.

⁶⁶ Fueron diez los museos analizados, siete nacionales de ellos nacionales: el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (Madrid), los dos CosmoCaixa de Madrid y Barcelona, el Museo Kutxaespacio de la Ciencia (San Sebastián), el Museo Príncipe Felipe (Valencia), el Parque de las Ciencias (Granada), el Museo Interactivo de Ciencia (Málaga), el Museo de las Ciencias Naturales de La Habana (Cuba), el Science Museum (Londres) y el Science Museum (Tokio).

Se sale al paso de la visión simplista de la tecnología como “aplicación” de la ciencia, mostrando, por ejemplo, cómo la tecnología ha precedido durante milenios a la ciencia, o cuáles son las características específicas de la elaboración de productos tecnocientíficos.

Se señala el papel fundamental de la tecnología en la construcción del conocimiento científico, siempre en el centro de la actividad científica, ya que, por ejemplo, para someter a prueba las hipótesis necesitamos construir diseños experimentales.

Se muestra la interdependencia creciente de la ciencia y la tecnología.

Los autores visitaron las instalaciones de diferentes museos recogiendo datos sobre el contenido de las exposiciones, principalmente a través de fotografías. Sus resultados apuntaban a que, en general, todos los museos hacían referencia a las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medioambiente; pero las exposiciones no permitían formarse una idea adecuada de dichas relaciones. “Se desaprovechan las numerosas ocasiones que proporciona el contenido del museo de contribuir a una mayor concienciación social de los graves problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad y de las medidas que se requieren para avanzar hacia la sostenibilidad.” (Segarra, Vilches y Gil, 2008: 11). Pese al potencial de los museos para mostrar la actividad científica en su contexto, los museos contribuían a transmitir “el estereotipo de la ciencia como fruto de *hombres geniales*” (p. 11. Énfasis en el original]. Los autores concluyeron que, en relación con la imagen de la ciencia que se transmitía en las enseñanzas regladas, los museos presentaban una imagen menos sesgada, pero aun así, no estaban contribuyendo todo lo deseable a una adecuada alfabetización científica (Segarra, Vilches y Gil, 2008).

ii) Museos y centros de ciencia de comunicación de la ciencia

Los primeros años del siglo XX habían sido una época de bonanza para la ciencia, pero tras la Segunda Guerra Mundial, las ventajas y desventajas del avance científico-tecnológico se fueron poniendo de manifiesto, especialmente a partir de 1970. La sociedad demandaba una perspectiva de las cuestiones y riesgos asociados a la ciencia y a la tecnología, y los museos de ciencia y tecnología parecían los espacios más adecuados para satisfacer esa necesidad de saber, no obstante sus estructuras tradicionales de exposición y el modo que tenían de concebir la ciencia y la tecnología mermaba su capacidad para afrontar las nuevas demandas sociales. El terreno para el surgimiento de un nuevo tipo de

institución que actuara como mediadora entre la comunidad científica y el público estaba abonado (Schiele, 2008a). Es a partir de la década de los 70 cuando se produce una explosión de museos de ciencia por todo el mundo, muchos bajo el rótulo de “centro de ciencia” como diferentes a los museos de historia natural o de ciencias naturales⁶⁷. Los museos de ciencia y tecnología tradicionales no contaban con comunicadores de la ciencia, su personal estaba esencialmente especializado en la conservación, por el contrario, los centros de ciencia contarán con mucho personal especializado en la comunicación y en la enseñanza de la ciencia, minimizando o incluso prescindiendo de personal de conservación (Schiele, 2008a). Los cambios en la metodología didáctica de los museos estuvieron muy influenciados por las transformaciones en los modelos de enseñanza. Comenzaba a imponerse, frente al modelo educativo tradicional, el modelo de aprendizaje permanente que modificaba el rol profesor-alumno. El alumno pasa a ser el centro de la educación, ahora no se trata de enseñar unos contenidos prefijados, sino de que el tutor acompañe al alumno en la construcción de su propio conocimiento que es adquirido a través de la exploración, utilizando sus capacidades y habilidades (Schiele, 2008a). Las tecnologías de la comunicación y la información han sido un importante factor de peso en la expansión de este modelo.

A finales de los años 60, especialmente en Estados Unidos y Canadá, comenzó a imponerse una tendencia en los museos de ciencia y tecnología que colocaba al visitante en el centro, una especie de cambio de foco en el que el conocimiento pasó a girar alrededor del público. Comienza a popularizarse el término “centro de ciencia”. Centros de ciencia como el Exploratorium de San Francisco o el Ontario Science Center de Canadá, ambos inaugurados en 1969 y ambos de referencia internacional, surgen pensados y diseñados bajo principios que responden abiertamente a la comunicación⁶⁸. El giro hacia la comunicación es la base de lo que se conoce actualmente como el movimiento *hands-on* de los centros de ciencia, cuyo principal objetivo era superar las limitaciones de los

⁶⁷ Los centros de ciencia suelen evitar el término “museo” y prefieren decantarse por otras denominaciones. Por ejemplo, Frank Oppenheimer había escogido el nombre de “Exploratorium” porque el término “museo” era demasiado estático y formal (Cole, 2009).

⁶⁸ No todos estaban dispuestos a adoptar el principio comunicativo, como reflejan las tensiones que rodearon la creación del Smithsonian. Su primer secretario, Josep Henry, rechazaba cualquier actividad que no fuera la de la investigación, aunque finalmente no pudo impedir el desarrollo de lo que sería el Smithsonian’s National Museum of American History de Washington, abierto al público en 1964 (Schiele, 2008).

museos de ciencia y tecnología tradicionales enfatizando el carácter educativo basándose en métodos que propician la interacción y la participación (Pérez *et al.* 1998). El movimiento *hands-on* puede ser rastreado hasta los años 30, cuando la *Children's Gallery* del *Science Museum* de Londres introdujo los primeros modelos interactivos que consistían básicamente en pulsar botones. No obstante, se considera el padre del movimiento a Frank Oppenheimer, por su innovador trabajo en el Exploratorium de San Francisco, concebido de tal forma que los visitantes pudieran aprender ciencia por sí mismos mediante la participación y la interacción con dispositivos diseñados a tal efecto. Es a partir de los años 70 cuando los museos y centros de ciencia comienzan a ser conscientes de su responsabilidad en el aprendizaje no formal de la ciencia. Muchos de ellos se organizan en redes internacionales⁶⁹ para facilitar la comunicación y la colaboración entre ellos.

La idea es que una buena comunicación de la ciencia incrementaba el interés por la ciencia y ayudaba a mejorar la alfabetización científica, exactamente el mismo tratamiento que prescribía la Royal Society en el informe publicado *Public Understanding of Science*. De hecho, el informe resalta el esfuerzo que estaban haciendo los museos norteamericanos por involucrar los intereses del visitante e ilustrar los principios científicos básicos. Una de las propuestas del informe es que el Launch Pad del Science Museum de Londres, un centro de ciencia dentro de un museo de ciencia que abriría sus puertas en 1986, siguiera la estela del Exploratorium de San Francisco y del Ontario Science Center, centros de ciencia que concebían sus exhibiciones como oportunidades para explorar los principios científicos y sus aplicaciones. De los museos de ciencia refiere el informe *Public Understanding of Science*:

Museums are a major informal mechanism for effecting public understanding of science. They vary widely in content, from small museums of local technology to metropolitan museums dealing with most of basic and applied science. They have a variety of functions, including preservation of

⁶⁹ Tan solo un año después de la creación del International Committee for Museums and Collections of Science and Technology (CIMUSET) en 1972 se estableció en América la Association of Science and Technology Centers (ASTC) y la Southern African Association of Science and Technology Centers (SAATEC). En 1978 los museos de ciencia de la India se agruparon a través del National Council of Science Museums (NCSM). La Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (Red-POP) y la European Network of Science Centers and Museums (ECSITE) aparecieron en 1990. Otras redes creadas son la Asia Pacific Network of Science and Technology Centers (ASPA) en 1997 y la North America and Middle East Science Centers Network (NAMES) en 2006.

objects, promotion of historical and cultural research, promotion of modern scientific research (for example at the Natural History Museum), promulgation of local or national cultural identity, education and entertainment. In recent years the educational function has received a more explicit emphasis and a number of multi-media displays have been designed to engage visitors' interests and illustrate basic scientific principles. At the same time a rapid growth in the number and popularity of working industrial sites has allowed many people to see historical technological processes in action. The best museums reach very high standards in promoting better public understanding and [...] in some cases reach a very large public. (Royal Society, 1985: 27-28. Negrita en el original).

iii) Museos y centros de ciencia de participación de la ciencia

El informe *Science and Society* incluye un capítulo íntegramente dedicado a la comprensión pública de la ciencia, en él se abordan distintos canales de comprensión pública de la ciencia, siendo los museos y centros de ciencia uno de ellos. Específicamente dice el informe:

Public understanding of science has become a shorthand term for all forms of outreach by the scientific community, or by others on their behalf (e.g. science writers, museums, event organizers), to the public at large, aimed at improving that understanding. (House of Lords, 2000: art. 3.1).

Como se ha señalado, las estrategias contenidas en el informe estaban encaminadas a suturar la brecha de confianza entre el público y la comunidad científica, y la participación social parecía ser la aguja adecuada. En el caso de este informe, a los museos se les insta también a incluir en sus exposiciones metodologías más participativas.

Caricature would have it that most people visit such places just three times in their life: as children with their parents, as parents with their children, and as grandparents with their grandchildren. Dr. Robert Bloomfield, Head of Design for Communication at the Natural History Museum, comments that, while this caricature is "not actually accurate, it does serve to indicate a public contact with science that they value highly as both a social and educational experience" (p 62). Both these great South Kensington museums [the Science Museum and the Natural History Museum] have changed much in the last 20 years, in particular in developing modern "hands-on" exhibits. Both are currently engaged in further major changes, responding to the new emphasis on uncertainty, public involvement and debate. (House of Lords, 2000: art. 3.35).

La mayoría de los primeros centros de ciencia que se fundaron a partir de la década de 70 habían incorporado la participación a través de dispositivos que consistían en apretar un botón para desencadenar un efecto que ilustraba el principio científico que figuraba en un rótulo. Esta forma de entender la participación, demasiado simple, sumada a los problemas de mantenimiento de este tipo de dispositivos, llevó al descrédito de aquellos centros que la practicaban. Entre 1980 y 1990, y a la luz de los avances acontecidos en el campo de la didáctica de las ciencias, comenzaron a surgir dudas sobre la eficacia de la metodología interactiva. Estos estudios destacaban que la manipulación resultaba insuficiente para generar aprendizaje, y que el contexto teórico desde el que el visitante accede al museo, su forma de ver el mundo y su escala de valores eran factores que debían ser tenidos en cuenta (Guisasola e Intxausti, 2000). En los centros de ciencia de finales del siglo XX y principios del XXI comienza a entenderse la participación como una asociación compleja entre los visitantes y la exposición, que debe ofrecer perspectivas para la manipulación, la experimentación, y la estimulación de los sentidos (Guisasola e Intxausti, 2000). Sin embargo, en la práctica, la participación se ha visto reducida a una mera sofisticación de la interfaz.

En su revisión del papel de los museos en la enseñanza de la ciencia, Leonie J. Rennie (2007) atribuye a David W. Champagne una de las primeras y más duras críticas sobre la eficacia de los centros de ciencia en la promoción de la enseñanza de la ciencia, apreciaciones que realizara Champagne tras una visita de seis horas al Ontario Science Center de Toronto (Canadá) a principios de la década de los 70:

He [David W. Champagne] suggested that the science center failed to meet its obligations to science in four ways. First, the real meaning of science was obscure – the bright and flashing displays were exciting, but no questions were asked or answer given about the important problems of the world. Second, the demonstration contained “sloppy science” – poorly worded explanations, for example, that failed to trace the consequences of science and technological innovations and connect them with the quality of life. Third, the ethical dimensions of science and technology decisions were entirely ignored. Finally, Champagne argued that science was dishonestly portrayed as easy and unproblematic, omitting reference to the fallibility of humans and their attempts to achieve integrity in results. (Rennie, 2007: 138-139).

John Durant (1992), en la introducción de *Museum and the Public Understanding of Science*, señalaba que los museos y centros de ciencia tendían a presentar la

ciencia fragmentada y descontextualizada, sin preocuparse por transmitir cualquier tipo de comprensión global y sistemática, lo que hacía más difícil el tratamiento de temas científicos que involucraban factores sociales, políticos o económicos. Ana Delicado (2009) manifestaba, en relación a los museos y centros de ciencia de Portugal, que pervivía en ellos una concepción anacrónica de la ciencia, una ciencia que se presenta al público al margen de problemas y controversias. El estudio sobre la relación entre museos y centros de ciencia españoles y la alfabetización científica realizado por Alexandre Segarra, Amparo Vilches y Daniel Gil (2008) concluía que se desaprovechaban las ocasiones que proporciona el contenido del museo para contribuir a una mayor concienciación social de los problemas a los que ha de hacer frente hoy la humanidad y de las medidas que se requieren para avanzar hacia la sostenibilidad. Jon Miller, en un artículo reciente (2014) señalaba que el incremento de la alfabetización científica cívica registrado en los últimos 20 años (de un 10% en 1988 a un 28% en 2008) que había tenido lugar en Estados Unidos no podría ser atribuido a la enseñanza no formal de la ciencia ni a los museos y centros de ciencia, o al menos, los datos no parecían apuntar en esa dirección. Pese al incremento de museos y centros de ciencia, Andrea Bandelli y Elli A. Konijn (2012) destacan que hay escasa evidencia acerca del rol que estas instituciones cumplen como interfaces entre la ciencia y la sociedad. La capacidad de los museos y centros de ciencia para promover la alfabetización científica o la comprensión pública de la ciencia es difícil de medir y los avances en los indicadores del impacto de las denominadas *public engagement activities* son recientes (véase, por ejemplo: Neresini y Bucchi, 2011; Schiele, 2012).

Conclusiones

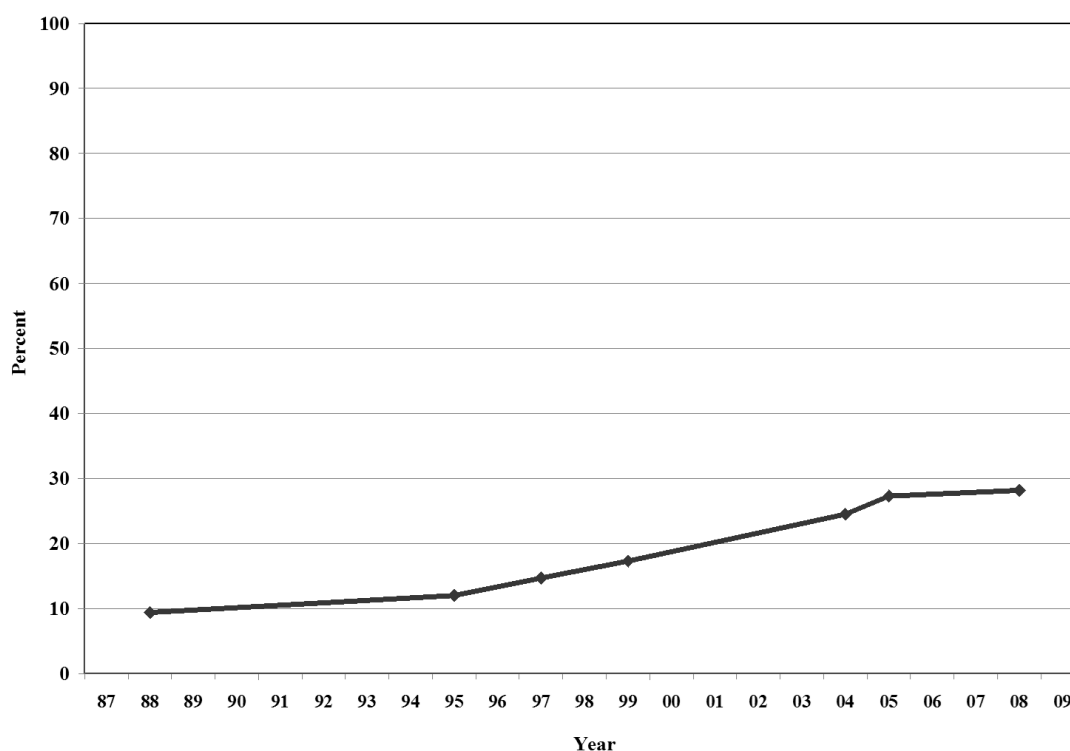
Bauer, Allum y Miller (2007) datan el inicio del primer paradigma de comprensión pública de la ciencia en 1960. La primera encuesta sobre la percepción social de la ciencia había sido dirigida tan solo tres años antes por Davis en 1957. Los resultados de su estudio mostraron el escaso conocimiento de la sociedad estadounidense en materias de ciencia y tecnología, así como un bajo apoyo en general, concluyendo que dicha falta de apoyo a la ciencia era debida a un déficit de conocimientos científicos. Se pasó, como ha señalado Carina Cortassa (2010) de una hipótesis correlacional (existe una correlación entre el nivel de conocimientos científicos y el grado de interés por la ciencia) a una hipótesis causal (el grado de interés por la ciencia depende del nivel de conocimientos

científicos). Si el diagnóstico de Davis era correcto, y la hipótesis acertada, la solución era “educar a los ciudadanos, elevando su nivel de formación científica, [lo que] conduciría a mejorar su apreciación y a disminuir su apatía o reticencias” (Cortassa, 2010: 52) en orden a conseguir ciudadanos capaces de ejercer su derecho a participar en asuntos de política pública. En este contexto numerosas voces manifiestan que la relación entre la ciencia y la sociedad no se está entendiendo adecuadamente, y cuestionan tanto la validez de las metodologías cuantitativas que han sustentado la afirmación de baja alfabetización científica como la premisa misma del déficit cognitivo. Ziman (1991), Fayard (1992), Lévy-Leblond (1992), Wynne (1992), Durant, Evans y Thomas (1992), Bauer, Allum y Miller (2007), Pardo y Calvo (2002) y Liu (2009), han formulado duras críticas sobre la validez del modelo como marco explicativo. No es de extrañar que algunos autores tengan la sensación de caminar en círculos alrededor del modelo de déficit. El análisis de Ziman (1991), de Wynne (1992) o de Lévy-Leblond (1992) a principios de la década de los noventa tiene la misma vigencia que el de Wynne (2014), Jasanoff (2014) o Irwin (2014) en la actualidad.

La alfabetización científica consistía en “conocer los hechos de libros de textos básicos de la ciencia, comprender métodos tales como el razonamiento de probabilidad y el diseño experimental, valorar positivamente los resultados de la ciencia y la tecnología, así como el rechazo de creencias supersticiosas”⁷⁰ (Bauer, 2009: 223). Entre la década de los sesenta y mediados de los ochenta se intentó cerrar la brecha entre ciencia y sociedad a través de la educación, mejorando la enseñanza de la ciencia e incrementando el conocimiento científico de los ciudadanos. Los esfuerzos no fueron en vano, ha ascendido el nivel de alfabetización científica de la población (Figura 15), sin embargo, el incremento de la alfabetización científica no ha sido gracias a las estrategias adoptadas en la enseñanza formal ni en la enseñanza no formal de la ciencia. Miller (2014) destaca que los resultados de la prueba internacional sobre ciencia y matemáticas a estudiantes estadounidenses no muestran un mayor rendimiento en esas materias entre 1988 y 2008, de hecho señalan cierta pérdida; así como tampoco se ha incrementado el uso de los museos.

⁷⁰ Traducción propia.

Figura 15. Alfabetización científica cívica, 1988-2008.



Fuente: Miller, 2014: 86.

En la década los ochenta y noventa la brecha entre la ciencia y la sociedad se intentaría cerrar mediante el fomento de la divulgación científica, una estrategia que se defiende con mucha fuerza en el informe *Public Understanding of Science*. Y, aunque Bodmer no lo atribuye al informe, hay una explosión de revistas de divulgación científica, de museos y centros de ciencia y de actividades de diversa índole que translucen un incremento del compromiso por parte de la comunicación científica para con la sociedad. Incluso se ha ido más allá. No era suficiente con que la sociedad comprendiera la ciencia, también debía tener presencia en la propia práctica científica. En el marco de una crisis de confianza, el informe *Science and Society* manifiesta la importancia de fomentar un diálogo entre ambas partes, cuya materialización será a través de estrategias de participación.

Los museos y centros de han replicado en sus instalaciones los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia, girando también hacia la alfabetización, hacia la comunicación y hacia la participación. Pero con una peculiaridad. Schiele (2008a) señala que el incremento de la sospecha hacia el discurso político, el surgimiento de grupos de presión, de movimientos sociales, etc., denostaron la

credibilidad de la ciencia; y, sin embargo, los museos parecen haber escapado a este escepticismo social. “Hasta el momento han sido percibidos como creíbles, como refugios públicos, lugares de intersección donde los actores sociales participan y hablan. Es esto lo que esperan los visitantes cuando llegan al museo con sus dudas y preguntas. Entran con el derecho del ciudadano a hablar.”⁷¹ (Schiele, 2008a: 34-35). Si la intuición de Schiele es acertada y los museos y centros de ciencia han, de algún modo, vadeado la crisis de confianza, entonces podrían proporcionar un espacio privilegiado para contribuir a cerrar la brecha entre la ciencia y la sociedad. Pero, como se verá en el capítulo 4, estas instituciones tienen problemas que les son propios.

⁷¹ Traducción propia.

Capítulo 4

Museos y centros de ciencia

Introducción

Los museos y centros de ciencia han sido abordados principalmente por la museología, pero también desde otros campos como la comunicación de la ciencia y la enseñanza de la ciencia. Este enfoque multidisciplinar ha provocado, en parte, que estas entidades hayan sido concebidas, bien como instituciones museísticas particulares, bien como herramientas de formación, bien como medios de comunicación. No obstante, en escasas ocasiones sus funciones son abordadas desde una perspectiva integradora. Desde el ámbito de la museología, los museos, y especialmente los centros de ciencia, han recibido menor dedicación que los museos de arte o historia, como si constituyesen un tipo de museo menor. Desde el ámbito de la comunicación de la ciencia, los estudios se han centrado principalmente en el análisis de los medios de comunicación tradicionales, abordando los museos y centros de ciencia de manera tangencial. Desde el ámbito de la enseñanza de la ciencia sucede algo similar, generalmente este campo se ha centrado en las enseñanzas regladas y, como los museos y centros de ciencia son espacios de enseñanza no formal, tampoco constituyen un tema nuclear. Buena parte de la bibliografía sobre los museos y centros de ciencia se ha originado en el seno de los propios museos y centros de ciencia, y ha venido de la mano de autores procedentes de otras disciplinas cuyos intereses han recalcado en estos espacios.

Los Estudios Sociales tienen como uno de sus focos de atención la cultura científica; paralelamente, los museos y centros de ciencia están siendo promocionados como lugares de excelencia para la enseñanza no formal y la comunicación de la ciencia. Dado que la enseñanza y la comunicación son herramientas clave para la promoción de la cultura científica, sería deseable que los Estudios Sociales concedieran una mayor atención al papel que desempeñan estas entidades en el fomento de la cultura científica. Por ello, en este capítulo se hace énfasis en la relación existente entre los museos y centros de ciencia y la cultura científica.

No es frecuente encontrar en la literatura museográfica una historia o relato del papel que los museos de ciencia y tecnología han desempeñado en el fomento de la cultura científica. La historia de los museos se encuentra profusamente desarrollada en numerosos documentos y por ello no se ha indicado la fuente salvo en caso necesario. La elaboración de esta somera panorámica se ha realizado sobre la base de trabajos de autores de reconocido prestigio en el ámbito de la museología española como Luis Alfonso Fernández (1993), Gratiniano Nieto Gallo, Juan Antonio Gaya Nuño, María Luisa Herrera Escudero, Aurora León (1990) y Rosa María Subirirana (1971-1972), entre otros; y también del ámbito internacional como Vito Danilov (1976), W. Orchiston y R. Bathal (1984), David M. Baird (1986), John Durant (1996) o Bernard Schiele (2008a).

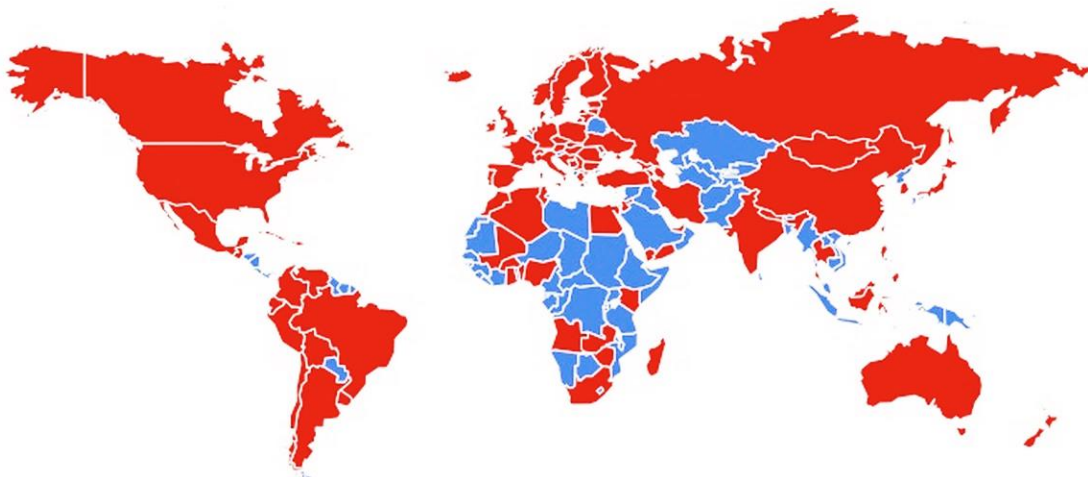
Tampoco es habitual encontrar en los estudios centrados en la cultura científica un análisis de las prácticas de comunicación de la ciencia o de la enseñanza de la ciencia en el contexto de estas entidades. Lo que contiene este capítulo atiende a resaltar los puntos de encuentro entre la promoción de la cultura científica y los museos y centros de ciencia, centrándose en sus funciones educativa y comunicativa, y explorando una potencial función política en ellos.

4.1 International Council of Museums (ICOM)

Existen diferencias entre los museos y los centros de ciencia que son relevantes cuando se aborda su relación con la cultura científica. Sus orígenes son distintos, sus contenidos, el modo de exhibirlos y el tipo de personal que se encuentra en sus instalaciones no son los mismos. Generalmente los museos de ciencia se adscriben al International Committee for Museums and Collections of Natural

History⁷² (NATHIST) y los centros del ciencia al International Committee for Museums and Collections of Science and Technology⁷³ (CIMUSET). El NATHIST y el CIMUSET son dos de los comités internacionales compuestos exclusivamente por miembros del International Council of Museums⁷⁴ (ICOM). Se dedican al estudio de un tipo específico de museo o a una disciplina museológica. El ICOM es, junto a la American Alliance of Museums (AAM), el principal referente en lo que a museos se refiere. El ICOM es una organización internacional, no gubernamental, de museos que data de 1946. Se ocupa de la conservación, el mantenimiento y la comunicación del patrimonio natural y cultural, presente y futuro, tangible e intangible (Figura 16).

Figura 16. El ICOM tiene presencia en 86 países (en rojo).



Fuente: ICOM: <http://www.icom-cc.org>.

En el Artículo II, Sección 2 de su Constitución de 1946 reza:

⁷² El NATHIST se preocupa por la conservación de la diversidad biológica en las colecciones de museos, así como en el medio natural, el estudio científico del patrimonio natural del mundo y la educación del público en general a través de exposiciones de los museos, conferencias, excursiones, etc. Página web del NATHIST: <https://icomnathist.wordpress.com/>.

⁷³ El CIMUSET atiende a la preservación del patrimonio cultural de la ciencia y la tecnología, y la difusión del conocimiento de su desarrollo y su importancia para la sociedad. Página web del CIMUSET: <http://network.icom.museum/cimuset>.

⁷⁴ Página web del ICOM: <http://www.icom-cc.org/>.

The word "museums" includes all collections open to the public, of artistic, technical, scientific, historical or archaeological material, including zoos and botanical gardens, but excluding libraries, except in so far as they maintain permanent exhibition rooms. (ICOM, 1946: art. II. Sec. 2).

Esta definición sufrirá numerosas reformulaciones, siendo la última la adoptada en los Estatutos del ICOM de 2007, donde se define Museo como:

A museum is a non-profit, permanent institution in the service of society and its development, open to the public, which acquires, conserves, researches, communicates and exhibits the tangible and intangible heritage of humanity and its environment for the purposes of education, study and enjoyment. (ICOM, 2007: art. 3).

En los años que separan una definición de otra, el museo pasaría de la restringida consideración de "colección" a la amplia definición que incluye toda aquella institución permanente. La Constitución de 1946 sufrió numerosas reformulaciones y ampliaciones. En los Estatutos de 1951, los museos eran concebidos como toda colección administrada en interés general cuya finalidad era preservar, estudiar, mejorar y exhibir al público los objetos y especímenes de valor cultural para su deleite e instrucción (ICOM, 1951). A la definición de "museo" iba asociada una lista de materias *museables*⁷⁵, pero no sería hasta los Estatutos de 1961 que se incluyeron los objetos o colecciones con significado científico (ICOM, 1961). En los Estatutos de 1974 se incluyó como *museable* la evidencia material de los hombres y su entorno (ICOM, 1974), y desde entonces la definición solo sufriría dos modificaciones relevantes: en los Estatutos del ICOM de 1989 se sustituyó "hombres" por "personas" y en su última reformulación, en los Estatutos del ICOM de 2007, se incluyó el "patrimonio intangible".

Según los Estatutos del ICOM de 1961, además de las entidades que caían dentro de la definición, se consideraban museos a las galerías de exposición dependientes de bibliotecas y archivos; a los monumentos históricos; a los lugares históricos, arqueológicos y naturales; a los jardines botánicos, zoológicos, acuarios, viveros y toda otra institución que exhibiera especímenes vivos; también las reservas naturales. Es en 1974 cuando por primera vez se incluyen los centros de ciencia y los planetarios. En los Estatutos del ICOM de 1989 la definición se abre para albergar a cualquier otra institución que el Consejo Ejecutivo del ICOM considerara que reunía alguna o todas las características de

⁷⁵ Materias susceptibles de estar en un museo por su particular interés para el público.

un museo, o que facilitara a los museos, o a los profesionales de estos, medios para realizar estudios en los campos de la museología o la formación. En los Estatutos del ICOM de 1995 se incluyeron las organizaciones museísticas internacionales, nacionales, regionales o locales; los ministerios, departamentos o agencias públicas responsables de museos; y las instituciones sin ánimo de lucro u organizaciones dedicadas a la conservación, formación, documentación u otras actividades relacionadas con los museos y la museología.

Una definición tan abierta de “museo” permite incluir instituciones de diversa índole, pero dificulta cualquier intento de categorización o sistematización de los museos adscritos al ICOM.

i) La clasificación del ICOM y propuestas alternativas

Antes de la formación del ICOM, los museos de los países occidentales estaban configurados de acuerdo con los criterios de las disciplinas a las que se referían las colecciones conservadas, generalmente: artes, ciencias y técnicas. El ICOM promovió la primera tipificación oficial y generalizada en 1963. Esta clasificación atendía a los contenidos de los museos, agrupándolos en cinco grandes bloques:

- Museos de Historia
- Museos de Arte
- Museos de Etnología
- Museos de Historia Natural
- Museos de Ciencia y Técnica

La actual clasificación de museos aceptada por el ICOM distingue ocho categorías de museos en base a los contenidos de estos:

- Museos de Arte
- Museos de Historia Natural en general
- Museos de Etnografía y Folklore
- Museos Históricos
- Museos de las Ciencias y de las Técnicas
- Museos de Ciencias Sociales y Servicios Sociales
- Museos de Comercio y de las Comunicaciones
- Museos de Agricultura y de los Productos del Suelo

Cada categoría de museos se subdivide en categorías más concretas (Figura 17), aunque únicamente se mencionan aquí dos: la categoría de “Museos de Ciencias

y de las Técnicas” que agrupa seis tipos de museos y la categoría de “Historia Natural en general” que contempla cuatro.

Figura 17. Subcategorías de los Museos de Ciencia y de las Técnicas y de los Museos de Historia Natural en general.

Museos de Ciencia y de las Técnicas	Museos de Historia Natural en general
<ul style="list-style-type: none"> - Museos de las Ciencia y de las Técnicas, en general - Museos de Física - Museos de Oceanografía - Museos de Medicina y Cirugía - Museos de Técnicas Industriales. Industria del Automóvil - Museos de Manufacturas y Productos Manufacturados 	<ul style="list-style-type: none"> - Museos de Geología y Mineralogía - Museos de Botánica, Jardines Botánicos - Museos de Zoología, Jardines Zoológicos, Acuarios - Museos de Antropología Física

Elaboración propia. Fuente ICOM, <http://www.icom-cc.org>.

Esta clasificación plantea algunas preguntas tales como: ¿por qué los zoológicos y acuarios se incluyen en la categoría de “Historia Natural en General” y los museos de oceanografía en la de “Ciencias y de las Técnicas”? ¿por qué no se han incluido los planetarios o los centros de ciencia, cuyo reconocimiento como museos tuvo lugar en los Estatutos del ICOM de 1974?, ¿por qué los museos de medicina y cirugía figuran en la categoría de “Ciencia y Técnica” –no es que no estén ligados a la ciencia, es que no parecen concordar con los otros museos con los que comparten categoría–, ¿por qué los museos de la industria del automóvil están en la categoría de “Técnicas Industriales” cuando existe una categoría de “Museos de Comercio y Comunicaciones” que incluye “Museos de Transportes? Cabe señalar que no hay un museo de historia natural dentro de la categoría de “Historia Natural”, ni un museo de arte dentro de la categoría de “Arte”, la categoría de “Ciencias y de las Técnicas” es la única con una subcategoría que se incluye a sí misma.

Pese a que el ICOM constituye la referencia internacional en cuestiones museísticas, su clasificación no es muy aceptada y ha sido objeto de numerosas críticas que señalan su escasa capacidad para dar cuenta de las diversidades nacionales. En el caso español, varios autores han propuesto clasificaciones alternativas.

Juan Antonio Gaya Nuño (1955) refiere 17 categorías de museos españoles dentro de las cuales quedan excluidos deliberadamente los de ciencia, explicitando los de Ciencias Naturales de Madrid, Barcelona y Avilés; el Paleontológico del Almudín de Valencia y los acuarios de Barcelona, Málaga, Santander y San Sebastián (Gaya Nuño, 1955). María Luisa Herrera Escudero distingue, primero, entre científicos e históricos; después, entre general, monográfico o específico; y finalmente, por su dependencia administrativa. Gratiano Nieto Gallo (1973) propuso una clasificación en base a cuatro criterios: por su importancia a nivel nacional, comarcal, provincial, local, etc.; por su dependencia administrativa; por el personal técnico que atiende los museos y por su contenido. Luis Alfonso Fernández (1993) intentó unificar y simplificar las listas de categorías propuestas por los autores anteriores mencionados reduciéndolas a seis. Francisco Beltrán Llorís distingue siete. Aurora León (1990) distingue cinco grandes categorías que se desgranar a su vez en múltiples subcategorías. Tienen en común todas las clasificaciones el hecho de que todos los autores destacan una categoría para los museos de historia natural y otra para los de técnica.

En lo que concierne específicamente a los museos de contenido científico, para Alfonso Fernández (1993) quedan incluidos bajo la denominación de “Museos de Ciencias Naturales” aquellos dedicados a las ciencias de la naturaleza, las ciencias exactas o aplicadas, a las ciencias o a la técnica en general, excluyendo los museos de historia de la ciencia y de la tecnología, por estar considerados propiamente históricos y adscribirse estos en la categoría de los de historia. Herrera Escudero (1980) distingue entre “Museos de Historia Natural” cuyo objetivo es mostrar la historia o la evolución de la naturaleza de la ciencia, y “Museos de desarrollo de las Técnicas” cuyo objetivo es plasmar en productos o esquemas la evolución de las conquistas del hombre, suponiendo siempre la aplicación de los conocimientos científicos a la solución de necesidades de la vida. León (1990) engloba en la categoría de “Museos de Ciencias” todas las “materias que han obtenido resultados científicos mediante unos conocimientos ordenados, sistematizados y basados en hechos concretos” (León, 1990: 141). Así distingue entre museos de ciencias naturales, de ciencias físicas, de ciencias químicas y de instrumentos científicos. Señala que la museología ha concentrado todos sus esfuerzos en elaborar una doctrina museística aplicando el método de la ciencia para conseguir sus fines museológicos extra-científicos, obedeciendo a la consideración de que la ciencia humana no es *museable* en el sentido evocador, artístico, perceptivo y educativo que caracteriza al museo. La autora señala que las pretensiones de científicidad de la museología contrastan con la escasa atención de esta disciplina hacia los museos de ciencias. Este abandono, explica, se refuerza por la errónea idea de

distinguir radicalmente entre humanidades y ciencia, sumada a la malformación intelectual de la civilización occidental educada en la idea de que la cultura es literatura, arte, historia y música, descartándose otras muchas facetas humanistas como la ciencia (León, 1990).

El Directorio de Museos y Colecciones de España⁷⁶ toma como referencia la definición de museo del ICOM, pero en la clasificación sigue los criterios de la UNESCO. El Directorio permite realizar búsquedas de museos por su situación geográfica, su titularidad, su gestor y su temática:

- Arqueológicos (196 museos)
- Arte Contemporáneo (124 museos)
- Artes Decorativas (29 museos)
- Bellas Artes (233 museos)
- Casa-Museo (90 museos)
- Ciencia y Tecnología (57 museos)
- Ciencias Naturales e Historia Natural (61 museos)
- De Sitio (50 museos)
- Especializado (176 museos)
- Etnografía y Antropología (280 museos)
- General (139 museos)
- Historia (124 museos)
- Textiles e Indumentaria (2 museos)
- Otros (23 museos)

No es una cuestión trivial para un museo o centro de ciencia optar por entrar en la categoría de “Ciencia y Tecnología” o en la de “Ciencias Naturales e Historia Natural”. Esta es la calificación que utiliza la Estadística de Museos y Colecciones Museográficas, que recoge datos sobre el número de visitantes a los museos españoles desde 2002, la misma que ha sido tomada en cuenta, por ejemplo, en el análisis de los resultados de la encuesta *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2010* que realizó la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT, 2011)⁷⁷. La inclusión en una categoría y otra o la elección del nombre del museo, tiene, en España, otras consecuencias. A diferencia del

⁷⁶ Se trata de una herramienta que recoge más de 1.500 museos y colecciones museográficas existentes en España. Su página web:

<http://directoriomuseos.mcu.es/dirmuseos/mostrarBusquedaGeneral.do>.

⁷⁷ Un análisis comparado de los resultados de estos dos estudios se presenta en el capítulo 5.

resto de museos estatales, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT) y el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN) dependen del Ministerio de Economía y Competitividad⁷⁸; el resto del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD). Este Ministerio promovió en 2008 la creación del Laboratorio Permanente de Público de Museos⁷⁹, una institución orientada a recoger y proporcionar datos sobre los visitantes a los museos estatales que ha publicado varios informes valiosos sobre las características de los visitantes más allá de los datos que suelen recogerse normalmente (fecha de la visita, edad y procedencia del visitante), atendiendo también a las expectativas y a los motivos para realizar las visitas (MECD, 2012). Pero como el Laboratorio depende del MECD y los museos de ciencia estatales dependen del MINECO, el MUNCYT y el MNCN han quedado, hasta el momento, excluidos de este proyecto. Es decir, no cuentan con ningún mecanismo para conocer a su público más allá del mero recuento de visitantes –hay que señalar que, al menos hasta su traslado reciente a la sede de Alcobendas, el MUNCYT realizaba el recuento de forma manual.

4.2. La antesala de los museos y centros de ciencia

Los museos de ciencia han mantenido desde su origen una estrecha relación con la ciencia; incluso antes de su consolidación como museos. Etimológicamente, el término latino es “museum”, y proviene a su vez de la voz griega “mouseion”, que significa “Casa de las Musas”. En 1554 Guillaume Budé proporcionó una de las primeras definiciones de “museo” en su *Lexicom-Graecolatinum* definiéndolo como un lugar dedicado a las musas y al estudio. Francisco Beltrán Llorís (1971-1972) habría visto en la *Iliada* de Homero un signo de la aparición del museo ya que, en el canto XXIV, se enumeraban una serie de objetos que podrían formar parte de cualquier galería –peplos, mantos sencillos, espléndidos tapices,

⁷⁸ El 19 de marzo de 2013 realicé una visita al Museo Nacional de Ciencia y Tecnología de Madrid (MUNCYT) y tuve la oportunidad de entrevistarme con su Directora, María Josefa Jiménez Albarrán. Aproveché la ocasión para preguntarle por qué el MUNCYT no estaba adscrito al Ministerio de Cultura como el resto de museos estatales. La Directora comentó que en un principio, el MUNCYT se encontraba adscrito al mismo Ministerio que los otros, pero durante el gobierno de José Rodríguez Zapatero se creó el Ministerio de Ciencia y Tecnología, y el museo pasó a ser gestionado por este Ministerio. La justificación de la diferencia de adscripción respondía a la proximidad del nombre.

⁷⁹ Página web: <http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/areas-cultura/museos/mc/laboratorio-museos/inicio.html>.

refulgentes trípodes, calderos y una copa tracia—. Alfonso Fernández (1993) señala cómo Ptolomeo I (siglo III a. C.) concibió un establecimiento de la cultura, aunque sería su hijo, Ptolomeo Filadelfio, quien construiría y designaría bajo el término “muoseion” una suerte de centro cultural en Alejandría. Además de la famosa Biblioteca de Alejandría, este centro del saber contaba con un observatorio, salas de reunión, laboratorios, jardines zoológicos y botánicos. Cuando el geógrafo Estrabón (siglo I a. C.) utilizó el vocablo “mouseion” para describir el centro de Ptolomeo, el sentido general y cierto desarrollo significativo del término ya estaba acuñado.

El coleccionismo de objetos, que daban testimonio de la evolución cultural, está presente en casi todos los pueblos y culturas de la antigüedad, aunque especialmente en Grecia, y de hecho fue allí donde se sentaron las bases para la invención, la consolidación, su expansión por Europa y su exportación al resto del mundo. Durante la época romana, el coleccionismo adquirió un nuevo enfoque ya que muchas de las piezas que conformaban las colecciones eran producto de los botines derivados de los expolios. Los objetos coleccionables, que en la época helenística eran valorados por ser raros, bellos o culturales, comenzaron a valorarse en términos económicos, como una inversión rentable. Simultáneamente comenzaron a aparecer las reproducciones encargadas por aquellos que no podían costearse los originales. El carácter privado del coleccionismo se intensificó en esta época, y era una muestra del estatus social, económico y político.

El coleccionismo de la Antigüedad fue transformándose en los tesoros eclesiásticos de la Alta Edad Media. Las obras de arte, las piedras preciosas y otros objetos a los que se les atribuía propiedades mágicas o místicas, pasaron a las arcas de los monasterios. En la Baja Edad Media se formaron los primeros gabinetes de curiosidades de señores feudales, aristócratas, príncipes y miembros de la Iglesia. Las colecciones recuperaron sus valores helénicos. Sin embargo la doctrina teocrática medieval consideraba la vida y los objetos terrenales como algo secundario, así las colecciones de objetos durmieron en los monasterios y en los templos durante casi diez siglos.

En el Renacimiento Italiano se encuentra el precedente del concepto de museo moderno. Los objetos fueron despertados de su letargo, desempolvados y exhibidos en palacios y cortes con el fin de recuperar la Antigüedad. Este mirar hacia el pasado dejó sin sentido el continuar enriqueciendo las colecciones y provocó la creación de instituciones museísticas abiertas a cierto público.

Aparecieron los mecenazgos más importantes, uno de los primeros edificios proyectado para ser un museo⁸⁰ fue el de los Uffizi, construido bajo petición de Médicis de Florencia a Giorgio Vasari. Muchas familias de Florencia y de otras ciudades italianas, especialmente la del Vaticano, practicaron el mecenazgo. No obstante, no había ningún criterio de selección histórica, tan solo lo bello y lo pintoresco daban valor al objeto. Durante los siglos XVI y XVII el resto de países europeos imitaron el modelo de Italia. Los reyes, la aristocracia, las altas jerarquías de la Iglesia y la burguesía pudiente se convirtieron en fervientes coleccionistas y sentaron las bases de lo que serían los futuros museos nacionales.

Fueron las élites ilustradas del siglo XVIII los padres del concepto de museo que se utiliza hoy en día, aunque no se concibió como institución pública y herramienta de culturización hasta el Siglo de las Luces y la Revolución Francesa. El espíritu racionalista, el interés por la investigación y la ciencia propiciaron la separación y especialización de los saberes. Se crearon los primeros museos e institutos monográficos, convertidos en aulas permanentes de lecciones históricas marcadas por una rigurosa cronología, complementando a las Academias. Comenzaron a cobrar fuerza los valores culturales, políticos y pedagógicos del museo, la colección dejó de ser un elemento de ostentación y ornamentación del propietario para ser un símbolo de la grandeza del país. A lo largo del siglo XVIII las colecciones de las casas reales europeas se fueron transformando en museos públicos, y por ello se considera que es en este siglo donde nace el concepto moderno de museo, que se consolidará posteriormente en los siglos XIX y XX.

4.3. De los museos de ciencia a los centros de ciencia

Los primeros museos de historia natural o de ciencias naturales son herederos de los gabinetes de curiosidades y su desarrollo más significativo tendrá lugar en el siglo XIX. Los primeros museos habían sido concebidos como reservorios de objetos de colección, símbolo del patrimonio científico y tecnológico de la civilización occidental. Estas instituciones se limitaban a mostrar la ciencia como

⁸⁰ Si bien Alfonso Fernández (1993) afirma que fue la Galería de los Uffizi el primer edificio que se construyó explícitamente para albergar una colección, Subiriana (1971-1972) atribuye dicha primacía al Museo del Prado.

una serie de catálogo de realizaciones técnicas de un país o de una época determinada (Pérez *et al*, 1998). Eran habitaciones llenas de objetos que mostraban las maravillas de la ciencia y la tecnología de la época a un público compuesto por estudiantes y en general por la clase alta (Baird, 1986). La museología de la ciencia se basaba en los mismos principios de los que partía el método científico; el modo de expresarse de los museos y el modo de exhibir sus colecciones dependía de la concepción de la ciencia y de lo que se entendía por conocimiento científico, que precisamente era el establecido por la comunidad científica y controlado por ella (Schiele 2008b).

Uno de los primeros museos de ciencia fue el Musée d'Historie Naturelle de París, creado a finales del siglo XVIII, y el British Museum of Natural History de Londres, que data de 1759. El desarrollo de las ciencias en el siglo XIX provocó un crecimiento importante de estos museos, no solo en Europa sino también en Estados Unidos y América Latina. Ejemplos son: el British Museum of Natural History (Londres), el Smithsonian's National Museum of Natural History (Washington) y el American Museum of Natural History (Nueva York).

Figura 18. Cronología de los principales museos de ciencia⁸¹.

- 1759 - Se inaugura la primera sede del British Museum (Reino Unido).
- 1771 - El Rey Carlos III inaugura el Real Gabinete de Historia Natural. A lo largo de la

⁸¹ Las páginas web de los distintos museos y la bibliografía especializada suelen incluir las fechas de fundación de los museos. Hay una tendencia a reseñar la fecha más antigua, que suele ser la de la promulgación de un Decreto mediante el cual se funda la institución museística. Sin embargo esta fecha no tiene por qué coincidir con la de apertura. Esto provoca que haya algunas discrepancias en la datación de los museos pues en algunos casos se toma como referencia la fundación de la entidad, otras la inauguración y otras la apertura al público; en algunos casos también el cambio de sede o una remodelación especialmente importante. Por ejemplo, el origen del British Museum (Londres) se remonta a la colección privada que el naturalista Hans Sloane (1660-1753) donó al Estado Británico en 1753. Su primera ubicación, una mansión del siglo XVI, se abrió al público en 1759 y debido al incremento de piezas la mansión se demolió y entre 1852 y 1857 se construyó un nuevo edificio en el mismo lugar que es hoy su actual sede. En 1887 las colecciones de fósiles, plantas y esqueletos fueron trasladadas, por falta de espacio, al Natural History Museum de South Kensington (Londres), que fue construido entre 1873 y 1880 específicamente para albergar el excedente del British Museum. A su vez, el Science Museum (Londres) se fundó en 1857, con los objetos de la colección de la Royal Society of Arts y piezas de la Gran Exposición de Londres de 1851. Hasta 1858 este museo había formado parte del South Kensington Museum (que en la actualidad se llama The Victoria and Albert Museum y es un museo de Bellas Artes). Fue en 1928 cuando se abrió en su ubicación actual como Science Museum.

historia ha cambiado su nombre por: Real Museo de Ciencias Naturales en 1815, en 1847 por Museo de Historia Natural, en 1857 por Museo de Ciencias Naturales de Madrid. Desde 1913 recibe su nombre actual: Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

- 1778 - Se inicia la colección de la Batavia Society of Arts and Science, que llegaría a ser el Central Museum de Indonesian Culture (Indonesia).
- 1825 - Se inaugura el South African Museum of Natural History (Ciudad del Cabo), basado en la colección zoológica del explorador Andrew Smith.
- 1826 - Se funda en Buenos Aires el Museo de Ciencias Naturales (Argentina).
- 1827 - A iniciativa del naturalista Alexander Macleay, lo que posteriormente sería el Australian Museum de Sidney (Australia).
- 1830 - Se inaugura el Museo de Historia Natural de Santiago de Chile (Chile).
- 1834 - Abre el Museo de Historia Natural en Montevideo (Uruguay).
- 1855 - Se funda lo que será el precursor del Royal Ontario Museum de Toronto, el Ontario Provincial Museum (Canadá).
- 1869 - Se crea el American Museum of Natural History (Estados Unidos).
- 1872 - Se inaugura lo que será el Tokio National Museum Tokio National Museum (Japón).
- 1880 - Se inaugura el Natural History Museum de South Kensington (Reino Unido).

Elaboración propia.

Bernard Schiele (2008a) señala que los centros de ciencia actuales tienen tres líneas de ascendencia. La primera está relacionada con la emergencia del pensamiento y el posicionamiento privilegiado de las ciencias naturales a lo largo del siglo XIX; la segunda con el desarrollo de los gabinetes, específicamente con los de física y química; y la tercera con el inicio de la realización de exhibiciones internacionales. Los primeros museos de ciencia y tecnología se establecieron originalmente para transmitir la ciencia y la tecnología de su tiempo al público mediante la exhibición de los objetos más nuevos (Danilov, 1976). Estos museos se establecieron en base a dos objetivos principales: la adquisición y conservación del patrimonio científico y tecnológico de la civilización occidental y la explicación de la construcción, uso y funcionamiento de diferentes herramientas, máquinas e instrumentos (Orchiston y Bhathal, 1984). Estos museos presentaban una especie de catálogo de las realizaciones técnicas de un país o de una época determinada, sin situarlas en un contexto más amplio. Los adelantos científicos eran incluidos en la exhibición cuando habían desempeñado un papel fundamental en alguna innovación técnica.

Victor Danilov (1976) distingue tres etapas entre el surgimiento de los primeros museos de ciencia y tecnología y el de los centros de ciencia. W. Orchiston y R. Bhathal (1984) e Ibrahim Yahya (1996) también señalan tres, aunque no las mismas. David. M. Baird (1986) refiere cinco. El relato de la historia de los museos de ciencia y tecnología suele comenzar con la creación del Conservatoire National des Arts et Métiers fundado en París en 1794 y culminar con la aparición de los centros de ciencia a partir de los años 70. Las primeras fases de su desarrollo tuvieron lugar principalmente en Europa, y posteriormente, las últimas, en Estados Unidos, ya que es aquí donde surgen los primeros centros de ciencia.

En la distinción que hace Danilov (1976) en tres etapas, la primera es inaugurada por el Conservatoire National des Arts et Métiers (París) y por el South Kensington Museum (Londres). La segunda da comienzo con la creación del Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik (Múnich) y con el Palais de la Découverte (París). La última fase da comienzo con la inauguración del Museum of Science and Industry de Chicago.

- 1) Primera fase (Conservatoire National des Arts et Métiers y South Kensington Museum): el Conservatoire, fundado en 1794, fue creado para “guardar prototipos de máquinas, modelos, útiles, diseños y libros relativos a todo género de artes y oficios [...] que daban una idea de la evolución de las técnicas del siglo XVIII” (Martín, 1964: 112). En él la didáctica de las técnicas se realizaba mediante la presentación comentada de objetos y la realización de diversas demostraciones llevadas a cabo por especialistas que mostraban cómo estos objetos se encendían y se apagaban (Hernández, 1998). El actualmente conocido como London Science Museum, se abrió al público en 1857 recogiendo los objetos de la Exposición Universal de Londres celebrada en 1851. La popularidad que alcanzó el Crystal Palace, lugar donde se celebró la Exposición, llevó al Príncipe Albert a fundar varios establecimientos de carácter educativo, entre ellos el Science Museum, destinado a albergar objetos y colecciones que testimoniaban los avances realizados a lo largo de la historia de la ciencia, la tecnología y la medicina (Burton, 1999).
- 2) Segunda fase (Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik y Palais de la Découverte): el museo de Múnich (fundado en 1903) fue pionero en su uso extensivo de modelos esquemáticos de trabajo, dioramas en movimiento, demostraciones y otros dispositivos para ilustrar la historia y

los principios de la ciencia, la ingeniería y la industria. El de París (fundado en 1937) destacó por su fuerte confianza en las demostraciones científicas y por reducir al mínimo el volumen de artefactos científicos que formaban sus colecciones.

- 3) Tercera fase (Museum of Science and Industry): este museo (fundado en 1933) se preocupó especialmente por involucrar a los visitantes en la participación y hacía poco o ningún uso de objetos históricos. Además el museo de Chicago introdujo el patrocinio de exhibiciones educativas sobre principios científicos y aplicaciones tecnológicas por parte de grupos externos no gubernamentales.

Orchiston y Bhathal (1984) coinciden con Danilov en señalar el Conservatoire National des Arts et Métiers como el primer museo de ciencia y tecnología, y aunque también distinguen tres etapas, difieren de las de Danilov. Para estos autores el concepto de museo como institución educativa se asentaría en 1903 con la fundación del Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik, que inauguraría una segunda etapa en la historia de los museos de ciencia y tecnología. Una tercera etapa correspondería a la aparición del centro de ciencia propiamente dicho, cuyos antecedentes sitúan en el Museum of Science and Industry de Chicago y en el Palais de la Decouvért de París. Para Orchiston y Bhathal (1984: 40) “los museos y centros de ciencia, al ser mutuamente excluyentes, no les ha beneficiado a ellos, ni a sus audiencias”⁸², por ello proponen un nuevo tipo de museo de ciencia que combina las virtudes de los museos de ciencia y las de los centros de ciencia. “Science centrum” sería el nombre para designar este nuevo museo de ciencia, y albergaría tanto objetos que ilustran la historia de la ciencia y la tecnología como objetos que ilustran la ciencia y la tecnología contemporáneas. En sus palabras:

The science centrum is an institution that sees collections management, educational opportunities, and research activities as its primary roles. It is an institution specifically created for society in order to fulfill a basic human need, the thirst for information, truth, and knowledge. It is, to all accounts, a museum of international concerns, but one that concerns itself predominantly with contemporary issues and future directions in serving society. It will be an imaginative, lively, and enthralling place to visit. (Orchiston y Bhathal, 1984: 44).

⁸² Traducción propia.

En respuesta a Orchiston y Bhathal, Baird publicó un artículo en 1986 en el que distinguía cinco fases en el desarrollo de los centros de ciencia. Una primera fase, inaugurada por el Conservatoire National des Arts et Métiers; una segunda fase, que da comienzo con el South Kensington Museum; una tercera fase que da comienzo con el Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik; y una cuarta fase, que comienza con el Evoluon de Eindhoven (Países Bajos). Según este autor, el verdadero precursor de los actuales museos de ciencia sería el Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik, y el verdadero precursor de los centros de ciencia sería el Evoluon⁸³. Finalmente habría una quinta fase que daría comienzo con el National Museum of Science and Technology de Ottawa (fundado en 1967). El director de este museo canadiense tuvo la pionera idea de renovar cada año el 20% de la exhibición del museo, de tal forma que los visitantes pudieran disfrutar de nuevas experiencias en visitas repetidas. La mayoría de los visitantes acudían a los museos ciencia y tecnología una única vez, y esta estrategia de renovación constante animaba a los visitantes a volver. Fue tan exitosa que el museo de Ottawa alcanzó un altísimo porcentaje de visitas repetidas respecto de otros museos y centros de ciencia (Baird, 1986). Según Baird, el National Museum of Science and Technology de Ottawa cumple perfectamente con el concepto de *science centrum* descubierto por Orchiston y Bhathal en 1984, y lo reivindica como su predecesor:

This concept of a modern science museum was “discovered” in an article published in *Curator* in 1984 and inappropriately titled the “Science Centrum,” when it is just a modern science and technology museum of a type that has operated successfully in Canada since 1967. (Baird, 1986: 219).

Actualmente el Exploratorium de San Francisco y el Ontario Science Center de Toronto, ambos fundados en 1969 son los referentes internacionales y marcan la tendencia en la metodología expositiva y en las estrategias didácticas.

Ibrahim Yahya (1996) sintetizó las aportaciones de Baird, Danilov, Orchiston y Bhathal en tres etapas. A una primera etapa pertenecerían los museos de ciencia en los cuales se centran en los objetos (*object-oriented*). La segunda etapa abarcaría los centros de ciencia en los cuales las exhibiciones se

⁸³ Es difícil que el Evoluon pudiera defender este título frente a otros como el Palais de la Decouvért, ya que, abierto en 1966, hubo de cerrar sus puertas en 1989 por falta de visitantes. Como centro de ciencia no pudo competir contra otros centros que estaban surgiendo o que ya estaban asentados en Europa.

centran en la idea o el fenómeno (*idea-based or phenomena-based*). Finalmente, el concepto de *science centrum* de Orchiston y Bhathal marcaría la tercera etapa, de tal manera que pertenecerían a ella aquellos museos de ciencia y centros de ciencia que toman los aspectos positivos de ambos, combinando *object-oriented* e *idea-based*. De momento, señala Durant (1992) no hay indicios de que el concepto de *science centrum* se haya materializado, aunque existe cierto acercamiento entre museos y centros de ciencia.

Figura 19. Cronología de los centros de ciencia más relevantes.

- 1794 - Conservatoire National des Arts et Métiers (Francia).
- 1857 - South Kensington Museum (Reino Unido).
- 1903 - Deutsches Museum für Wissenschaft und Technik (Alemania).
- 1933 - Museum of Science and Industry de Chicago.
- 1937 - Palais de la Decouvért (Francia).
- 1969 - Ontario Science Center (Canadá).
 - Exploratorium (Estados Unidos).
- 1967 - National Museum of Science and Technology de Ottawa (Canada).

Elaboración propia.

4.4. Los museos y centros de ciencia en España

En el caso de España fueron los Austrias los que inician el coleccionismo a gran escala. El interés de Carlos III en las ciencias naturales, la etnología y la arqueología, hizo construir en 1785 un edificio en el Paseo del Prado que albergara sus colecciones. Sin embargo Fernando VII, más interesado en disciplinas artísticas utilizó el edificio para su colección de obras de arte. El edificio pensado originalmente para albergar la ciencia acabó convertido en el museo de pintura más importante de España, el Museo del Prado, inaugurado en 1820, y nunca llegó a alojar ninguno de los objetos para los que estaba destinado. De Carlos III destacan también las excavaciones realizadas por iniciativa suya en Pompeya, Herculano y Estabia que revolucionaron la ciencia arqueológica.

La legislación sobre materias arqueológicas se inició con Felipe II. En la Ley III, título 20, libro VIII de la *Novísima Recopilación* se puede leer:

Con el deseo de hallar algún medio que pusiese á cubierto las antigüedades, que se descubren en la Península, de la ignorancia que suele destruirlas con daño de los conocimientos históricos, y de las Artes á cuyos progresos contribuyen en gran manera; me propuso [La Real Academia de la Historia] un plan razonado de las diligencias y medidas, que juzgaba poderse adoptar para el reconocimiento y conservación de los monumentos antiguos, que en gran número tiene el tiempo sepultados en España. [Entre ellos] relojes solares ó maquinales; toda suerte de utensilios, instrumentos de artes liberales y mecánicas; y finalmente cualesquiera cosas aún desconocidas.

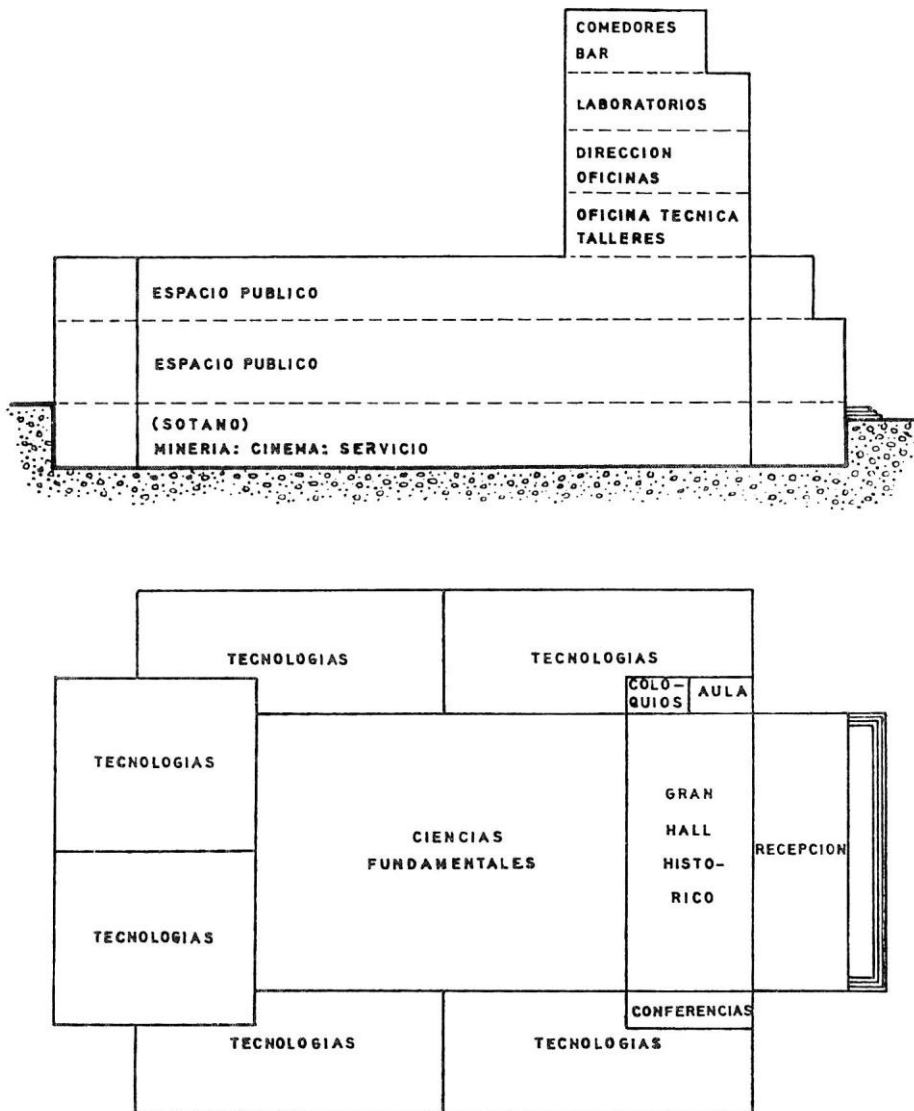
Posteriormente, en 1837, bajo el reinado de María Cristina de Borbón, se crearon las Juntas Científicas y Artísticas Provinciales encargadas de seleccionar e incautar los bienes artísticos. En 1844 el Estado pasó a hacerse cargo de supervisar y formar las colecciones, eminentemente arqueológicas, mediante la creación de las Comisiones Provinciales de Monumentos. Aunque existían diecisiete Museos Provinciales en distintas capitales de provincia, el Gobierno recomendó en 1857 su creación en todas las demás provincias.

Hacia 1970 el panorama de estos museos en España era bastante desolador, y de hecho el abandono que los ha caracterizado en la mayoría de los casos perdura hasta nuestros días. En ese año no había en España ningún museo bajo la denominación de “Museo de Ciencias y Técnicas”. Los museos de ciencias y de técnica de Madrid y Barcelona estaban en formación, y así seguirían hasta su creación oficial en 1980 y 1984 respectivamente. Lo más parecido eran algunas colecciones o museos monográficos como las colecciones de aparatos de física de la Academia de Ciencias y del Mentora Alsina de Barcelona, la colección de aparatos antiguos de astronomía del Observatorio Astronómico Nacional de Madrid y la del Observatori de Fabra en Barcelona, o los museos del Ferrocarril Español y del Carruaje de Madrid, entre no muchos otros. En estas mismas fechas solo existen tres museos de Ciencias Naturales, el de Madrid, el de Avilés (Asturias) y el de Santiago de Compostela (Á Coruña).

En el *Informe sobre Museos de Ciencia y Técnica*, realizado por Cristobal S. Martin con financiación de la UNESCO, que data de 1964, se describe el panorama español de estos museos, en él se resalta la pobre tradición científica y técnica de España. Ante esta situación, en el informe se establecían las directrices para la creación de un museo español de la ciencia y de la técnica que habría de contribuir a acrecentar la cultura del gran público en el campo de la ciencia y la tecnología, así como su interés por el conocimiento y la comprensión del mundo actual, colaborar con la formación y promover posibles vocaciones

científicas y técnicas (Martín, 1964). Este museo (Figura 20) nunca llegó a materializarse, pese a que para su elaboración se visitaron y analizaron los principales museos europeos de ciencia y técnica.

Figura 20. Propuesta de un museo de ciencia y técnica para España⁸⁴.



Fuente: Martín, 1964: 146/A

⁸⁴ El presupuesto total era de 145 millones de las antiguas pesetas. Es destacable cómo las salas destinadas a albergar artefactos de la tecnología se distribuyen alrededor de una sala central dedicada a la exposición de las ciencias fundamentales. No parece una distribución gratuita, más bien parece subyacer una concepción instrumental de la tecnología como ciencia aplicada.

La mayoría de los museos y centros de ciencia de España se fundaron a finales del siglo XX y principios del XXI. El desarrollo de los museos españoles ha estado influenciado por el sistema democrático instaurado tras la muerte de Franco en 1975, basado en una estructura más descentralizada que otorgaba poder a las autonomías (Roigé, 2012). La tensión entre la capital y las autonomías ha propiciado, por un lado, que muchas comunidades autónomas hayan creado museos que ilustraban su propia identidad; por otro, el Gobierno español ha intentado reconstruir una nueva concepción de la nación que se ha traducido en la creación de grandes museos que guardaban el patrimonio español, la mayoría ubicados en Madrid (Roigé, 2012). La historia de los museos y centros de ciencia españoles no es diferente a la del resto de museos. Se definen como instituciones dedicadas a la democratización de la ciencia basándose en metodologías interactivas que iniciara Oppenheimer en el Exploratorium. Los museos se han convertido en instituciones fundamentales para la transmisión del conocimiento científico y para acercar la ciencia a la sociedad pero, señala Xavier Roigé (2012: 222): “en lugar de ser instituciones de democratización de la ciencia, los museos actúan como nuevos intermediarios culturales, presentando una ciencia lista para su consumo.”⁸⁵.

Figura 21. Cronología de los principales museos y centros de ciencia españoles.

- 1771 - El Museo Nacional de Historia Natural se remonta a la creación del Real Gabinete de Historia Natural.
- 1980 - Se funda el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (Madrid), aunque abrió sus puertas en 1997.
- 1981 - El CosmoCaixa (Barcelona) abrió el 2004, aunque ocupa las dependencias del que fue el primer museo de ciencia interactivo en España.
- 1985 - Casa de las Ciencias (La Coruña).
- 1986 - Planetario de Madrid.
- 1990 - Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña.
- 1991 - Planetario de Castellón.
- 1993 - Planetario de Pamplona.
- Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife.
- 1995 - Parque de las Ciencias de Granada.
- 1999 - Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología (Las Palmas de Gran Canaria).
- Centro de Ciencia Principia (Málaga).
- Museo de Ciencias Naturales de Valencia.

⁸⁵ Traducción propia.

- Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha.
- 2000 - Museo de las Ciencias Príncipe Felipe (Valencia).
- 2001 - Se inaugura el Kutxaespacio de la Ciencia, ahora el Eureka! Zientzia Museoa (País Vasco).
- Dinópolis (Teruel).
- 2003 - Museo de la Ciencia de Valladolid.
- 2004 - Museo Jurásico (Asturias).
- 2010 - Museo de la Evolución Humana (Burgos).
- 2011 - ENE Museo Nacional de la Energía (León).

Elaboración propia.

4.5. La distancia entre los museos y los centros de ciencia

El objetivo de los museos de ciencias naturales o de historia natural suele ser la promoción y la conservación del patrimonio científico y tecnológico de una región. La mayoría de los museos de ciencias naturales o de historia natural, especialmente los ubicados en Europa, son de antigua formación, es decir, están ubicados en edificios que no fueron pensados para albergar un museo. Sus fondos suelen estar formados por colecciones de artefactos científicos y tecnológicos y la mayor parte del personal está especializado en la conservación. Las exposiciones que albergan suelen consistir en una secuencia histórica de acontecimientos contada con la ayuda de diversos objetos, interactivos, paneles de texto y medios audiovisuales o electrónicos. Para Orchiston y Bhathal (1984) un ejemplo de exposición habitual sobre la máquina de escribir en un museo de ciencia consistiría en una fila de máquinas dispuestas en vitrinas, en una secuencia evolutiva.

Por su parte, los centros de ciencia responden al intento de promover la cultura científica y técnica dando a conocer tanto la ciencia y técnica como sus consecuencias económicas, sociales y ambientales, buscando una imagen global. Enfatizan la comunicación de la ciencia dándole predominio a las metodologías didácticas más que a las expositivas. Comienzan su andadura a finales de la década de los 60, con una especial difusión en Estados Unidos. Prácticamente todos los centros de ciencia se ubican en instalaciones de nueva construcción, y en algún caso excepcional, como el *Launch Pad* del *Science Museum* de Londres, se encuentran dentro de un museo de ciencia, formando parte de él. Los centros de ciencia suelen ser reacios a presentar cualquier tipo de perspectiva histórica y

se centran en la ciencia y la tecnología contemporáneas, por eso no poseen, o poseen en número muy reducido, colecciones de artefactos tecnológicos. Tienen escaso o poco personal conservador, en cambio es frecuente encontrar mucho personal especializado en educación y divulgación. La exposición en un centro de ciencia suele constar de dispositivos que presentan un principio elemental de la ciencia o de la tecnología, los visitantes son invitados a interactuar con ese dispositivo con el fin de que descubran el principio por sí mismos o solo con la ayuda de un breve texto o pequeña guía. Para Orchiston y Bhathal (1984) un ejemplo de exposición habitual sobre la máquina de escribir en un centro de ciencia incluiría dispositivos participativos e interactivos para mostrar cómo operan las máquinas de escribir modernas.

Una comparación gastronómica de la mano de Durant (1992) entre los museos y centros de ciencia ilustra claramente las divergencias entre ambos. Según el autor, un museo de ciencia ofrecería un menú concreto de platos científicos cuidadosamente elaborados mientras que un centro de ciencia ofrecería una variedad heterogénea de canapés de ciencia. El autor señala que los centros de ciencia intentan despertar en el visitante cierto espíritu de investigación científica así como un deseo en él de lograr que descubra los principios científicos por sí mismo, no obstante tienden a presentar la ciencia fragmentada y descontextualizada ya que hacen poco por transmitir cualquier tipo de comprensión sistemática más allá de lo que el dispositivo interactivo permita. Por el contrario, los museos de ciencia intentan transmitir un sentido de la naturaleza del campo científico tecnológico o de su desarrollo, pero tienden a descuidar los principios y los procesos de la ciencia en favor de la presentación de acontecimientos concretos.

Según Durant los museos de ciencia y los centros de ciencia difieren principalmente en sus propósitos:

Generally speaking, science centers exist for but a single basic purpose: to promote public understanding of science through exhibitions and associated programs. By contrast, science museums exist for two basic purposes: to hold scientific collections, and to promote public understanding of science through exhibitions and associated programs. (Durant, 1992. Reimpreso en 2001: 8).

Cada uno parece estar especializado en un tipo de comunicación de la ciencia, siendo ambos perfectamente válidos para contribuir a la comprensión pública de la ciencia. Ambos son complementarios y, de hecho, los museos reconocen cada

vez más el valor de las exposiciones interactivas mientras que los centros de ciencia reconocen cada vez más el valor de las exhibiciones temáticas (Figura 22).

Figura 22. Características de los museos y centros de ciencia.

	Museos de Ciencia	Centros de Ciencia
Instalaciones	Antigua formación	Nueva construcción
Fondos	Colecciones de artefactos científicos y tecnológicos	Dispositivos interactivos que ilustran un principio científico
Personal	Conservador	Educadores y divulgadores
Exposición	Histórica, expositiva	Temática, interactiva

Elaboración propia.

4.6. Los museos y centros de ciencia en la cultura científica

Actualmente la mayoría de los museos o centros de ciencia resaltan en su página web, o en sus Estatutos, su compromiso con la comprensión social de la ciencia, algunos hablan de fomentar la cultura científica y tecnológica, otros de potenciar la divulgación científica y tecnológica, también de popularizar la ciencia y mejorar la educación científica e incluso de incorporar la ciencia a su cultura. La Declaración de Toronto firmada en 2008 y la Declaración de Cape Town firmada en 2011 por las principales asociaciones y redes de centros de ciencia⁸⁶ son una muestra de que a nivel internacional estas entidades son conscientes de la necesidad de mejorar el diálogo entre la comunidad científica y la sociedad.

⁸⁶ La Declaración de Toronto fue firmada por: Asia Pacific Network of Science and Technology Centres (ASPAC), Association of Science-Technology Centers (ASTC), European Network of Science Centres and Museums (Ecsite), National Council of Science Museums, India (NCSM), Network for the Popularization of Science and Technology in Latin America and the Caribbean (Red-POP) y Southern African Association of Science and Technology Centres (SAASTEC). A la Declaración de Cape Town se sumó también North Africa and Middle East Science centers network (NAMES) creada el 30 de enero de 2006.

En la página web del Exploratorium de San Francisco⁸⁷ (EE.UU.) se refiere que fue creado para paliar la falta de comprensión de la ciencia y la tecnología por parte del público, bajo la creencia de que los visitantes podrían aprender sobre los fenómenos naturales y afianzar su capacidad para comprender la ciencia y el mundo. El Ontario Science Center⁸⁸ (Canadá) tiene entre sus fines enriquecer la vida de las personas y su comprensión a través del *engagement* con la ciencia. El Palais de la Découverte⁸⁹ (Francia) ofrece explorar los principios fundamentales de la ciencia, necesarios para comprender el mundo en toda su complejidad, observando, experimentando e interpretando los fenómenos reales; pasos esenciales para comprender el mundo que nos rodea. Los objetivos de estos tres centros de ciencia de referencia internacional se reproducen a lo largo y ancho de este mundo en la mayoría de instituciones de esta índole. Los situados en España no son una excepción. Los museos de ciencia españoles han incorporado a sus objetivos la promoción de la cultura científica. El Museo Nacional de Ciencia y Tecnología⁹⁰ (MUNCYT), con doble sede en Madrid y La Coruña, aspira a popularizar la ciencia y mejorar la educación científica de todos los ciudadanos, así como conservar y poner en valor el patrimonio histórico de la ciencia y la tecnología. El propósito del CosmoCaixa de Barcelona⁹¹ es potenciar la divulgación científica y tecnológica. El objetivo principal del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe⁹² de Valencia consiste en fomentar la curiosidad y el espíritu crítico, intentando sorprender y divertir al público a través de los contenidos que ofrece en torno al mundo de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente. Y así sucede con el Museo de la Ciencia de Valladolid⁹³, la Casa de las Ciencias de La Coruña⁹⁴, y en otros museos y centros de ciencia que han florecido en distintas autonomías.

Pese al compromiso mostrado por los museos y centros de ciencia con la promoción de la cultura científica, desde el campo de los Estudios Sociales se ha prestado, en general, una atención tangencial a estas entidades. Hace algunos años Bruce Lewenstein (1995) ponía de manifiesto que con la fórmula “ciencia y

⁸⁷ Página web Exploratorium: www.exploratorium.edu. [Último acceso: enero de 2015].

⁸⁸ Página web del Ontario: www.ontariosciencecentre.ca. [Último acceso: enero de 2015].

⁸⁹ Página web del Palais: www.palais-decouverte.fr. [Último acceso: enero de 2015].

⁹⁰ Página web del MUNCYT: www.muncyt.es. [Último acceso: enero de 2015].

⁹¹ Página web del CosmoCaixa: <http://obrasocial.lacaixa.es>. [Último acceso: enero de 2015].

⁹² Página web del Príncipe Felipe: www.cac.es/museo/. [Último acceso: enero de 2015].

⁹³ Página web del Museo de la Ciencia de Valladolid: www.museocienciavalladolid.es. [Último acceso: enero de 2015].

⁹⁴ Página web de la Casa de las Ciencias: <http://mc2coruna.org>. [Último acceso: enero de 2015].

medios de comunicación” se estaba haciendo referencia al periodismo científico, concretamente a los contenidos científicos que aparecen en periódicos, revistas, libros, televisión y radio; y rara vez se incluían otros medios o formatos como los museos. Si bien se han tejido algunos puentes entre la museología y la comunicación de la ciencia, las palabras de Lewenstein mantienen su vigencia. Casi diez años después Bernard Schiele ratificará el diagnóstico al afirmar que, a pesar de que los museos y centros de ciencia desempeñan un papel fundamental en la difusión de la cultura científica, son ignorados por el campo de la comunicación de la ciencia (Schiele y Landry, 2012). En descargo del campo, el *Handbook of Public Communication of Science and Technology* editado por Massimiano Bucchi y Brian Trench en 2008, contiene el capítulo “Science museums and science centers” en el que Schiele realiza una panorámica de la historia de estas entidades resaltando sus puntos de encuentro con el desarrollo de la comunicación de la ciencia. Los volúmenes *The Culture of Science*, editado por Martin W. Bauer, Rajesh Shukla y Nick Allum en 2012, y *Science Communication in the World*, editado por Bernard Schiele, Michel Claessens y Shunke Shi en 2012, contienen cada uno un capítulo dedicado a los museos de ciencia. En el primer caso, de la mano de Schiele, un análisis comparativo de los modos de difusión de la ciencia entre la educación formal y la educación no formal; en el segundo, de la mano de Xavier Roigé, una revisión del contexto social y político en el que se formaron los museos de ciencia españoles. En cualquier caso la literatura que prolifera en la intersección de la museología, la comprensión, la percepción, la comunicación, la divulgación social de la ciencia o análogos es reciente, de finales del siglo XX.

Otros campos que han orientado sus miradas hacia los museos de ciencia son el de la enseñanza de la ciencia. Con idéntico título, los dos *Handbook of Research on Science Education*, editados respectivamente por Sandra K. Abell y Norman G. Lederman en 2007, y por Norman G. Lederman y Sandra K. Abell en 2014, contienen un extenso capítulo sobre la enseñanza de la ciencia en espacios de enseñanza no formal, con especial dedicación a los museos y centros de ciencia, ambos realizados por Léonie J Rennie. Gran parte de la literatura sobre la enseñanza de la ciencia en los museos y centros de ciencia ha girado en torno a la tensión que se produce entre el juego y el aprendizaje, especialmente tras el surgimiento de los centros de ciencia y la adopción de metodologías basadas en la interacción y orientadas a incentivar la participación de los visitantes.

[...] to what extent do science museums actually fulfill the role of transmitters of knowledge, or are they visited only for they role as providers of entertainment? (Roigé, 2012: 218).

Es una pregunta que, como se verá a continuación, surge a finales del siglo XX y que sigue siendo objeto de reflexión a día de hoy.

i) Alfabetización científica en los museos y centros de ciencia

Los fondos de los museos y centros de ciencia han sido claves a la hora de diseñar las exposiciones, y es razonable que hayan afectado al discurso que construyen sobre la ciencia y la tecnología y a qué imágenes de la ciencia se transmite y se enseña. Casi todos los museos de ciencia dedican parte de su espacio de la exposición permanente a ilustrar la historia de la ciencia, haciendo especial énfasis, en función de los objetos disponibles en sus colecciones, sobre algunos episodios concretos. Los centros de ciencia dedican su espacio a ilustrar principios y teorías científicas que presentan a través de dispositivos interactivos. “Qué ciencia se enseña” es una pregunta que ha convivido con “cómo se enseña esa ciencia”. En la sucesión de distintas metodologías de exposición, de las más expositivas a las más participativas, hay una pregunta sobre la que museos y centros de ciencia vuelven una y otra vez: “¿aprenden las personas en los museos y centros de ciencia o solo se entretienen?”. Es una pregunta que ha sido objeto de encendidos debates, especialmente tras el surgimiento de los centros de ciencia, basados en la interacción, como distintos de los museos de ciencia, basados en la exposición –lo que en términos de Yahya (1996) sería museos orientados a objetos y museos orientados a fenómenos.

Para el experto en enseñanza de la ciencia, Michael Shortland, la respuesta sería negativa. Los visitantes se divierten participando en diversos experimentos, apretando botones y jugando con las palancas, pero aprenden poco o nada de ciencia, o lo que es peor, adquieren conceptos erróneos (Shortland, 1987). El problema que recorre los centros de ciencia, explica, es que los módulos interactivos que contienen pretenden mostrar los principios de la ciencia y la tecnología pero no atienden a su contextualización social, y por eso su capacidad formativa se ve mermada. La ciencia, señala, es demasiado compleja, y no puede aprenderse únicamente de forma exploratoria, es por eso importante para los centros de ciencia ofrecer exhibiciones o experimentos que puedan sugerir con la mínima ambigüedad ciertos procesos científicos, pero

también asegurar que esos procesos no sean simplemente vistos como parte del mundo de la ciencia, sino como integrados o relacionados con los fenómenos de la vida diaria. Shortland se posicionaría así a favor de un tipo de museo o centro de ciencia acorde con el concepto de *science centrum* propuesto por Orchiston y Bhathal (1984), un híbrido entre un centro y un museo de ciencia.

Para Rennie (2007: 132) “la respuesta inequívoca es sí”⁹⁵ y justifica el desacuerdo en la respuesta apelando a la existencia de tres mitos que se han perpetuado sobre la posibilidad de que el aprendizaje tenga lugar en los centros de ciencia, a saber:

That playing and learning cannot occur at the same time; that if learning occurs, it must happen at the museum; and that what people learn is predictable and therefore easily measurable. (Rennie, 2007: 132).

La formulación del primer mito sobre el aprendizaje en los centros de ciencia – jugar y aprender no pueden ocurrir al mismo tiempo–, retrotrae a la sentencia que formulara Shortland sobre la relación entre el juego y el aprendizaje:

“When education and entertain are brought together under the same roof, education will be the loser.” (Shortland, 1987: 213).

Varios estudios sobre el comportamiento de los visitantes en los centros de ciencia (como recogen y mencionan Yahya, 1996 o Rennie, 2007, 2014) concluyen que el aprendizaje de la ciencia no puede reducirse únicamente a la comprensión de ciertos fenómenos o al conocimiento de hechos científicos, ya que en la educación científica intervienen factores cognitivos, pero también afectivos y psicomotores⁹⁶, y que la metodología característica de los centros de ciencia los capacitaba para contribuir a las tres áreas (Yahya, 1996). Para Yahya (1996) la oposición entre el aprendizaje y el juego es errónea. Ambos pueden combinarse para generar actividades educativas y entretenidas, ambos son esenciales para hacer de la experiencia museística algo divertido y útil. Quin (1994) proponía una reformulación de la pregunta que hacía explícitas las aspiraciones de las políticas de promoción de la ciencia respecto a la capacidad de estas entidades en la promoción de las vocaciones científicas:

⁹⁵ Traducción propia.

⁹⁶ Con la referencia a los factores cognitivos, afectivos y psicomotores Yahya (1996) remite a la taxonomía de los dominios de la educación propuesta por Bloom *et al*, (1956). Véase la nota al pie 26.

Is the science center a circus or a serious educational initiative? Arguably, the question should be reversed: 'Are they playing –developing an exploratory approach to life itself and the basis perhaps for a career in scientific research– or merely learning facts and figures?' (Quin, 1994: 47).

Quin (1994) manifiesta que la interacción en los centros de ciencia es un recurso muy atractivo, pero por sí solo es incapaz de contar la historia completa, al tiempo que reconoce que la ciencia no casa muy bien con la metodología estática y expositiva de los museos de ciencia:

The aim is to communicate science, not build scientific cathedrals: a network with 'science events centers', not institutions. (Quin, 1994: 55).

Este dilema que enfrentan los museos y centros de ciencia a la hora de organizar sus exposiciones guarda similitudes con la noción de alfabetización científica, entendida como estar en posesión de un cuerpo básico de conocimientos científicos. Los museos de ciencia y centros de ciencia están en situación de contribuir a la adquisición de dicho cuerpo de conocimiento, pero su capacidad para contribuir a la promoción de alfabetización científica se ha visto ensombrecida por lo que Rennie (2007) denomina el segundo mito del aprendizaje de la ciencia en los museos y centros de ciencia: que el aprendizaje solo tiene lugar en el museo. Para Rennie (2007) esta afirmación únicamente se sostiene bajo el paraguas de una concepción muy restringida del aprendizaje, según la cual la adquisición de conocimientos es un proceso cognitivo, cuantificable, acumulativo y basado principalmente en la memorización de información. Contribuye a perpetuar este mito el hecho de que la mayoría de los estudios diseñados para evaluar aquello que los visitantes aprenden en el museo se realizan nada más realizar la visita, y hay poco seguimiento de lo que aprenden los visitantes más allá de las fronteras del museo. El tercer mito de la enseñanza de la ciencia en los museos y centros de ciencia que formula Rennie (2007) es la afirmación de que lo que la gente aprende es fácilmente predecible y mensurable. Estudios como los realizados por Stevenson (1991), Anderson (2003) o Falk *et al*, (2004) revelaban que los visitantes aplicaban los conocimientos adquiridos en el museo mucho más tarde, y en entornos muy diversos, y que lo que los visitantes aprendían estaba a su vez condicionado por sus experiencias previas a la visita, por sus capacidades, sus motivaciones y sus expectativas (Stocklmayer y Gilbert, 2002; Anderson, 2003). Los visitantes no llegan al museo como *tabula rasa*, las circunstancias personales condicionan lo que los sujetos aprenden y lo que aprende cada persona es en cada caso

ciencia (cognitiva, afectiva y psicomotora). El visitante va desplazándose ascendentemente, en términos metafóricos, por las caras del tetraedro, aunque no se produce un ascenso simultáneo por todas las caras. La espiral representa cómo un individuo explora la ciencia, cambiando entre un modo de juego (*Play Mode*) y un modo de aprendizaje (*Learn Mode*). El modo de juego representa una fase en la que el visitante toma consciencia de que sus conocimientos, actitudes y creencias sobre algo concreto no coinciden con las observaciones externas que le proporciona la exposición. Este proceso mediante el cual el individuo adquiere información para completar su estructura mental es denominado *accretion*. El modo de aprendizaje representa una fase en la que el visitante reajusta sus esquemas mentales e incorpora a ellos los nuevos conceptos y las nuevas estructuras, este proceso se denomina *restructuring*. El proceso de *tunning*, según el cual el visitante comienza a dominar aquello que ha incorporado, acompaña a los dos procesos anteriores. Al igual que el ascenso por las caras del tetraedro, los procesos no ocurren secuencialmente.

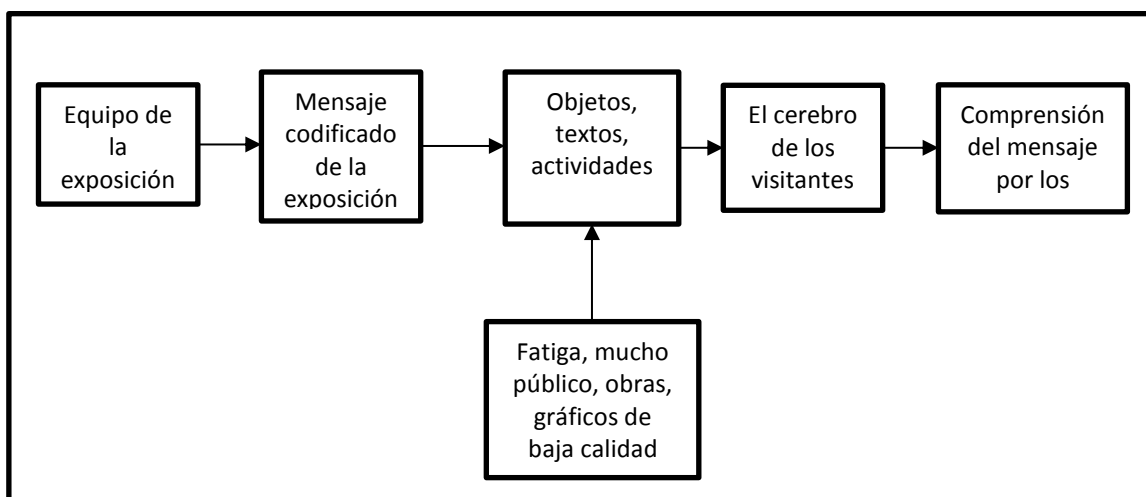
Tanto en el modo de aprendizaje como en el modo de juego, la motivación juega un papel muy importante. Cuando las personas disfrutan de aquello que hacen entran en un estado denominado *flow*. Cuando alcanzan este estado los visitantes centran su atención en algo concreto, olvidándose de todo lo que les rodea e incluso perdiendo el sentido del tiempo, alcanzando un alto grado de motivación. Se produce en ellos una sensación de competencia y control sobre aquello en lo que centran su atención. El centro de ciencia debe hacer lo posible para que los visitantes alcancen este estado. Para ello el centro debe procurar que los retos y los desafíos que proporciona la exposición estén equilibrados con las habilidades y las capacidades del visitante. Cuando no hay equilibrio, y los retos y los desafíos están por encima de las habilidades y las capacidades del visitante, el visitante entra en un estado de ansiedad. En caso contrario, el visitante entra en un estado de aburrimiento. Ambos casos conducen a la desmotivación del visitante. Por eso el museo debe proporcionar un amplio abanico de desafíos, retos y oportunidades de aprendizaje y entretenimiento.

ii) Comunicación de la ciencia en los museos y centros de ciencia

En su propuesta sobre una teoría de la divulgación, Alfredo Marcos Martínez y Fernando Calderón Quindós (2002) incluyen en la comunicación la

transmisión de contenidos que se realiza a través del sistema educativo, de los medios de comunicación tradicionales y de otros medios nuevos. Los museos serían, desde la descripción de estos autores, tan medios de comunicación como la televisión o el periodismo, sin renunciar por ello a su función educativa, ya que contemplan la enseñanza como dentro de la noción de comunicación. El museo puede así interpretarse como un medio de comunicación, con su propia forma discursiva. Posee un polo emisor, que es el propio museo; un canal de comunicación que puede ser el edificio y las exposiciones de objetos; y un polo receptor, que es el visitante; el mensaje se transmite a través de los contenidos (Hernández Hernández, 1998). También para Eilean Hooper-Greenhill el museo es claramente un medio de comunicación, y aplica el modelo de comunicación propuesto por Claude E. Shannon⁹⁷ a los museos (Figura 24).

Figura 24. El modelo de Shannon aplicado a los museos y centros de ciencia.



Fuente: Hooper-Greenhill, 1994. Edición en español de 1998: 64.

Al igual que sucede en los modelos de comunicación de la ciencia, esta propuesta resulta demasiado simple. La linealidad del proceso de información, la posición de poder del emisor y la concepción de los visitantes como receptores pasivos sigue presente en muchos museos y centros de ciencia (Hooper-Greenhill, 1994). Critica la autora:

En muchos museos sigue sin entenderse la naturaleza del proceso de comunicación, que se trata de un proceso compartido y que si las dos partes

⁹⁷ Véase Figura 1.

no participan, el proceso no puede tener lugar. Muchas exposiciones se montan y desmontan realizando grandes gastos, sin que los visitantes se preocupen mucho por ella, o sin que hayan siquiera acudido a verlas. Hay muy pocos museos que mantengan un diálogo con su público, en el nivel que sea, y son muy pocos los directores que ven más allá de la simple retórica sobre la importancia de la comunicación eficaz para la supervivencia del museo, no digamos su desarrollo, en el próximo decenio. (Hooper-Greenhill, 1994. Edición en español de 1998: 73).

Es necesario un modelo más complejo, que no reduzca el proceso de comunicación a la que se realiza a través de las exposiciones del museo o centro de ciencia. Hooper-Greenhill (1994) refiere que el edificio, las actitudes y actividades de los empleados y la dirección, el ambiente general de la institución, el tipo de gestión, la comodidad, la accesibilidad o las prestaciones del museos afectan a la imagen del museo y a la visita en general, y que es necesario tenerlas en cuenta a la hora de desarrollar estrategias efectivas de comunicación.

Schiele (2012) ha tratado de caracterizar cómo la información científica se transmite en las exposiciones científicas. Los museos y centros de ciencia combinan y crean las condiciones para una comunicación específica que la hace diferente de la que tiene lugar a través de otros medios de comunicación. El contenido y la forma de las exposiciones son dependientes de las singularidades del museo. Los efectos que la comunicación tiene sobre los visitantes son el resultado de combinar la estrategia de visita que plantea la exhibición con el contenido y la forma de esta (Schiele, 2012). Consecuentemente, afirma Schiele (2012), el sentido que los visitantes atribuyen a la exhibición se deriva de un contrato comunicativo⁹⁸ determinado por las reglas constitutivas de la exhibición y del contexto de aplicación de dichas reglas.

Para Schiele (2012), el propósito de las exhibiciones científicas es la divulgación pública de información científica y tecnológica, transmitir los mensajes que se producen en la comunidad científica al público. La difusión, señala, es diferente de la divulgación en tanto que la primera se realiza en un lenguaje técnico, que se inserta en una estructura prefijada (gran parte en forma de artículos publicados en revistas de impacto donde la distribución de la

⁹⁸ En el caso de la exhibición científica, con el “contrato comunicativo” Schiele (2012) se refiere al modo en que los comisarios o el personal que diseñe la exposición presenta las ideas y los objetos y los asocia con información visual (texto e imágenes) de tal modo que interese y cautive a los visitantes.

información está claramente acotada en: título, *abstract*, palabras clave, introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y referencias) y la segunda no. La difusión es mono-sémica, la divulgación polisémica. La exhibición reformula el discurso científico a través de la exhibición, un proceso con las constrictiones inherentes a cualquier intento de divulgación de la ciencia. Los mensajes que se transmiten están diseñados principalmente para asombrar, cautivar, despertar y mantener el interés y, si es posible, informar o cultivar a los visitantes. El conocimiento que se transmite en una exhibición reside principalmente en elementos tangibles, fragmentarios y concretos. El discurso científico es transformado en elementos expositivos, y cómo se transforma en la exhibición, el resultado final, contribuye a la creación de las representaciones de la ciencia. No obstante, el visitante únicamente puede esperar encontrar una presentación descontextualizada de los resultados de la investigación científica. La audiencia de las exhibiciones es heterogénea y acude al museo de manera voluntaria, se expone libremente al discurso de la exposición. La visita al museo es una actividad que suele realizarse en el tiempo libre o de ocio, durante cualquier época del año y con indiferencia de la edad. Esto pone a los diseñadores de las exposiciones ante la paradoja de exponer para todo el mundo y al mismo tiempo para nadie en particular. Sin embargo, la evaluación no recae sobre las personas que entran en el museo, el éxito o el fracaso de la exposición vendrá determinado por las cifras de visitantes.

Durant (1996) identifica tres factores que repercuten directamente en el ejercicio de comunicación de la ciencia que realizan los museos y centros de ciencia. En primer lugar, la comunidad científica adolece de una cierta indiferencia hacia su propio material cultural. Dado que el objeto de la ciencia es, en gran medida, el avance de conocimiento, los aparatos tecnológicos pierden su valor una vez que dejan de ser útiles para la industria del conocimiento. Por un lado, esto es beneficioso para los museos de ciencia ya que muchos de estos aparatos, obsoletos para la comunidad científica, pasan a formar parte a través de las colecciones de estas entidades en forma de donaciones o sin suponer un alto coste para ellos, piezas que pueden utilizar para completar sus exposiciones sobre historia de la ciencia, para rediseñar alguna ya existente o incluso para organizar alguna exhibición temporal. Pero, por otro lado, convierte a los museos en una suerte de trasteros de la comunidad científica.

Este factor está estrechamente relacionado con el segundo que Durant menciona. El autor señala que hay una cierta tendencia por parte de la

comunidad científica a menospreciar su propia historia, en cierto modo, para la ciencia, los logros del ayer únicamente sirvieron para preparar el terreno de lo que vino posteriormente. A diferencia de otras disciplinas de carácter más humanista que ven en su historia una fuente esencial de conocimiento, la ciencia no mira al pasado. Hasta la irrupción de las ideas de Thomas Kuhn en el ámbito académico, la historia de la ciencia era considerada por la comunidad científica como poco más que una colección de anécdotas, y pese a que desde el último tercio del siglo XX la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia han ido creciendo en importancia y presencia, el reconocimiento de su valor por parte de la comunidad científica está lejos de ser el que merecen (Durant, 1996).

Finalmente, un tercer factor que ha afectado a la comunicación de la ciencia en los museos y centros de ciencia es el hecho de que la ciencia no ha sido ampliamente reconocida como parte de la cultura. El debate sobre el aislamiento de la ciencia respecto a otras áreas ha llegado a nuestros días. Sus antecedentes se pueden remontar a la discusión que abrieron Mathew Arnold y Thomas Huxley a mediados del siglo XIX y, que desde C. P. Snow, se conoce como el problema de las dos culturas:

I felt I was moving among two groups –comparable in intelligence, identical in race, not grossly different in social origin, earning about the same incomes, who had almost ceased to communicate at all, who in intellectual, moral and psychological climate had so little in common [...]. Literary intellectuals at one pole –at the other scientist, and as the most representative, the physical scientists. Between them a gulf of mutual incomprehension –sometimes (particularly among the young) hostility and dislike, but most of all lack of understanding. (Snow, 1959. Reimpresión de 1961: 2 y ss.).

En el imaginario popular, los museos, aunque sean de ciencia, están más cerca del campo de la cultura intelectual que del de la cultura científica (Durant, 1996). Sin embargo, esto sitúa a los museos y centros de ciencia ante la oportunidad y el reto de convertirse en mediadores de las dos culturas, en herramientas de comunicación de la “tercera cultura” (Brockman, 1995).

La comunicación de la ciencia (Figura 25), refiere Bucchi (2013), ha madurado lo suficiente como pasar de una fase “heroica”, en la que todo vale en aras de la comprensión de la ciencia, a una fase en la que la calidad es la preocupación central de las partes involucradas. En la “comunicación de la ciencia 1.0” (Bucchi, 2013: 905), el problema de la calidad se solucionaba mediante la apelación a un principio de autoridad. Los consumidores de

información científica tales como los lectores de revistas de divulgación, visitantes a museos o espectadores de documentales, daban por sentado que los contenidos que consumían eran un extracto fiable de los descubrimientos e ideas que se filtraban desde la comunidad científica.

Figura 25. Características principales de la comunicación de la ciencia 1.0 y 2.0.

	Science Communication 1.0	Science Communication 2.0
Dominant communication model	Mediated, filtered	Direct to consumer
Key actors	Mediators, sometimes scientists (journalists, professional communicators, popularization channels, science museums)	Research institutions, scientist, digital media corporations
Relation between specialist and public communication levels	Vertical, sequential	Horizontal, simultaneous, overlapping
Quality assurance devices	Editorial brand, channel reputation	?

Fuente: Bucchi, 2013: 906.

En la “comunicación de la ciencia 2.0” (Bucchi, 2013: 905), se tiene acceso a una ingente cantidad de información científica, incluyendo contenidos y materiales proporcionados directamente por la comunidad científica a través de sus instituciones de investigación. El proceso de comunicación ha sido alterado, y en este nuevo escenario, la calidad de la información científica no puede garantizarse del mismo modo, por ello la comunicación 2.0 requiere de un usuario más activo y competente, capaz de discernir la calidad, aunque sea sobre sus propios criterios (Bucchi, 2013). Junto a la credibilidad otorgada a la fuente o la veracidad de la información, el proceso de contrastación de información podría ser un elemento clave en la garantía de la calidad de la información.

iii) Participación pública en los museos y centros de ciencia

La última década se ha caracterizado por el incremento del interés profesional y el desarrollo de actividades donde las técnicas de participación que buscan involucrar al público directamente con los científicos, investigadores y políticos,

constituyen elementos clave en el diseño de programas y exhibiciones. Andrea Bandelli y Elli Konijn (2012) analizan el papel de los museos a la luz del reciente discurso del *engagement*. Para los autores los museos han desempeñado tradicionalmente un importante rol tanto en la enseñanza no formal de la ciencia como en la comunicación de la ciencia al público. En la Declaración de Cape Town firmada en 2011 durante sexto Congreso Mundial de Centros de Ciencia, los representantes de distintas redes internacionales de centros de ciencia renovaban su compromiso de desempeñar un rol constructivo como mediadores entre la ciencia y la sociedad. Entre sus diez líneas de acción que constituyen la agenda marco de estos centros se encuentra:

Further promote dialogue between scientists and the general public so that public opinions on science and technology can be heard and incorporated into decision-making processes. (Declaración de Cape Town, 2011).

Este objetivo comparte un mismo espíritu al que desarrolla el Horizonte 2020⁹⁹ a través de su programa “Science with and for Society”.

It allows all societal actors (researchers, citizens, policy makers, business, third sector organizations etc.) to work together during the whole research and innovation process in order to better align both the process and its outcomes with the values, needs and expectations of European society. This approach to research and innovation is called Responsible Research and Innovation (RRI).

Hasta el momento, los museos desempeñan funciones de educación y comunicación, pero poco han avanzado en la incorporación de una función política, esto es, propiciar la incorporación de la voz pública en el proceso de construcción de la ciencia. De acuerdo con Miller (2014) es necesario estar en posesión de un mínimo de conocimiento científico para poder comprender y dar sentido a cuestiones sociales que involucran cuestiones científicas y tecnológicas. En este sentido los museos y centros de ciencia contribuyen a dotar a los individuos de ese cuerpo de conocimientos, pero su papel en el *empowerment* ciudadano (Pardo, 2014a) puede ser más ambicioso.

Los museos y centros de ciencia han tenido, de hecho, un uso político, pero no se han convertido ellos mismos en herramientas para la política, para la

⁹⁹ El Horizonte 2020 es un programa de la Unión Europea para financiar la investigación y el desarrollo que sucede al VII Programa Marco de I+D. Su página web está disponible en <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/>.

gobernanza. Han sido, desde su origen, un mecanismo para reverenciar el poder de un monarca o un mecenas, un icono del desarrollo científico y uno de los emblemas del prestigio nacional y del intelecto humano. Las políticas de promoción de la ciencia han tenido en cuenta la capacidad de estas entidades para fomentar vocaciones científicas y actitudes de respaldo hacia la ciencia, han alentado su creación y contribuido a su financiación. Una de las líneas de actuación del programa “Science with and for Society” del Horizonte 2020 es promover en los museos y centros de ciencia actividades orientadas a hacer la ciencia más atractiva para los jóvenes¹⁰⁰. En el ámbito nacional, el Artículo 38. “Cultura científica y tecnológica” de la *Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación* se hace referencia explícita a los museos y centros de ciencia:

Artículo 38. Cultura científica y tecnológica.

1. Las Administraciones Públicas fomentarán las actividades conducentes a la mejora de la cultura científica y tecnológica de la sociedad a través de la educación, la formación y la divulgación, y reconocerán adecuadamente las actividades de los agentes del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación en este ámbito.

2. En los Planes Estatales de Investigación Científica y Técnica y de Innovación se incluirán medidas para la consecución de los siguientes objetivos:

a) Mejorar la formación científica e innovadora de la sociedad, al objeto de que todas las personas puedan en todo momento tener criterio propio sobre las modificaciones que tienen lugar en su entorno natural y tecnológico.

b) Fomentar la divulgación científica, tecnológica e innovadora.

c) Apoyar a las instituciones involucradas en el desarrollo de la cultura científica y tecnológica, mediante el fomento e incentivación de la actividad de museos, planetarios y centros divulgativos de la ciencia.

d) Fomentar la comunicación científica e innovadora por parte de los agentes de ejecución del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación.

e) Proteger el patrimonio científico y tecnológico histórico.

¹⁰⁰ El programa “Science with and for Society” está disponible en: http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/main/h2020-wp1415-swfs_en.pdf.

f) Incluir la cultura científica, tecnológica y de innovación como eje transversal en todo el sistema educativo.

¿Cómo podrían los museos y centros de ciencia desempeñar una función política? Las estrategias para incorporar la voz pública en el proceso de toma de decisiones fueron señaladas ya en el informe *Science and Society* (House of Lords, 2000) –consultas ciudadanas, encuestas deliberativas, paneles de consulta, grupos focales, jurados de ciudadanos, conferencias de consenso–. Los museos y centros de ciencia, por sus características, son espacios muy adecuados para albergar este tipo de acciones¹⁰¹. Suelen contar con espacios para grandes aforos, con recursos tecnológicos que facilitan la distribución de información en distintos formatos, tienen un horario de apertura flexible, personal especializado, acceso a expertos, etc. No hay razón para que no puedan auspiciar este tipo de eventos, más aún, pueden incorporar a sus actividades simulaciones de la toma de decisiones, donde los visitantes puedan familiarizarse con la democracia participativa y practicarla.

Bandelli y Konijn (2012) van un paso más allá, proponiendo la incorporación del público en la gobernanza del museo, donde:

The concept of governance is used to describe the structures and processes where decisions and policy making take place, both at the institutional level (as the governance of SCMs [Science Centers and Museums]) and at the national or international level (as in the governance of science). (Bandelli y Konijn, 2012: 421).

¹⁰¹ Un ejemplo de consulta ciudadana realizada en una institución de carácter museístico fue el World Wide View on Global Warming (WWView). El 26 de septiembre de 2009 tuvo lugar el WWView (página web: <http://globalwarming.wvviews.org/node/259.html>), el proyecto daba a ciudadanos del mundo entero la oportunidad de definir y comunicar su posición respecto a temas que eran fundamentales para las negociaciones que tendrían lugar en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 15) que tendría lugar en diciembre de ese mismo año. Su metodología combinaba diferentes técnicas de audiencia ciudadana. El programa incluía deliberaciones temáticas que culminaban con la votación sobre un conjunto de preguntas previamente preparadas. Los ciudadanos recibieron información por parte de distintas fuentes (científicos, ecologistas, etc.) antes y durante la reunión. Las cien personas que conformaban la muestra española, todo el personal de organización, autoridades políticas, representantes de diversas instituciones y medios se reunieron aquel día en la LaBoral, Centro de Arte y Creación Industrial (Gijón, Asturias). La LaBoral es una institución de carácter multidisciplinar que produce, difunde y favorece el acceso a nuevas formas culturales nacidas de la utilización creativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Sus exposiciones son un híbrido entre ciencia, tecnología y arte (página web: <http://www.laboralcentrodearte.org/es>).

Los autores se centran en el nivel institucional. Su propuesta se orienta a la inclusión de la voz ciudadana en la estructura organizativa del museo o centro de ciencia, porque entienden que la participación pública es efectiva solo si es un componente estructural en el proceso de toma de decisiones y en la gobernanza de la institución. Hasta ahora, la mediación que han desempeñado los museos y centros de ciencia ha sido unidireccional, de la comunidad científica hacia el público:

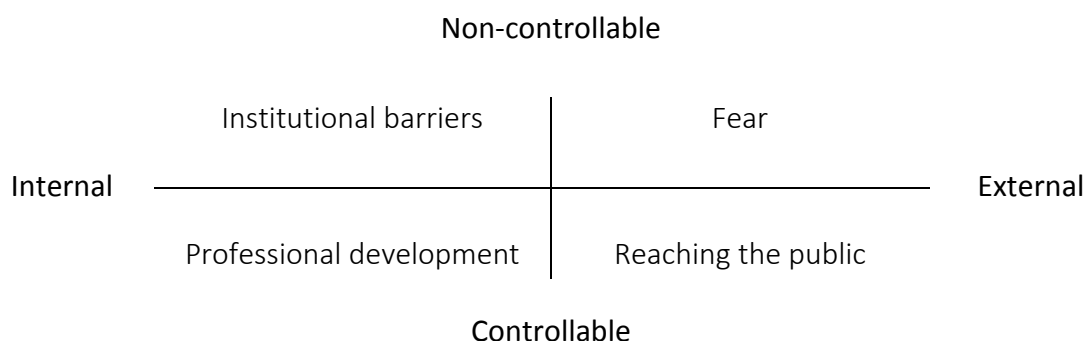
There is no doubt that SCMs are good platforms to bring science to the public, but we still do not know if the opposite is actually true –that is, whether SCMs are able to include the public’s voice in their activities and, therefore, in the science they construct and present. (Bandelli y Konijn, 2012: 422).

Los museos y centros de ciencia ya cuentan con algunos canales para incorporar a la sociedad, los estudios de visitantes, las encuestas de valoración y satisfacción, los buzones de quejas y sugerencias, las asociaciones de amigos del museo, etc. Sin embargo, para Bandelli y Konijn (2012), estos mecanismos están regulados por relaciones institucionalizadas entre el museo y las organizaciones que representan al público y no son suficientes. Frente a este “público institucional” (p. 423) defienden el público como:

Individuals who interact with the museum or science center in their personal capacity, that is, not because of their institutional roles. [...] the public may be visitors or users, members of tourists, or “nonvisitors” who do not (yet) see the museums as a meaningful and relevant institution. The defining aspect is that we look at how a relationship is build between SCMs and individual members of the public (Bandelli y Konijn, 2012: 424).

Los autores analizaron las herramientas de participación pública presentes en cinco instituciones museísticas europeas utilizando para ello entrevistas cualitativas semiestructuradas que aplicaron a representantes de los diferentes niveles del organigrama de estas entidades. Sobre la base de sus resultados concluyeron la existencia de cuatro tipos de obstáculos (Figura 26) que dificultaban la inclusión de la participación del público en el proceso de toma de decisiones en los museos y centros de ciencia.

Figura 26. Obstáculos que dificultan la inclusión de la participación pública en la toma de decisiones a nivel estructural en los museos y centros de ciencia.



Fuente: Bandelli y Konijn, 2012: 433.

Los obstáculos pueden derivarse de problemas internos de la institución o de problemas externos, simultáneamente, pueden ser problemas controlados, que hayan sido identificados y tratados por el personal de la institución, o no controlados, problemas que aun habiendo sido identificados, su resolución sobrepasa las capacidades de la institución. De este modo, los autores señalan (Bandelli y Konijn, 2012):

- 1) Con “barreras institucionales”, los autores hacen referencia al conflicto que tiene lugar entre las prácticas establecidas en la institución y los cambios que deberían realizarse para incluir la gobernanza pública. Concretamente refieren cuatro limitaciones que afectan a los museos y centros de ciencia:
 - a. La percepción de estas entidades como lugares de divulgación del conocimiento científico más que como espacios donde el conocimiento científico se genera, se cuestiona o se discute.
 - b. La percepción de estas entidades como lugares principalmente de entretenimiento, incapaces de realizar alta divulgación.
 - c. Su escasa capacidad de innovar ya sea en la metodología o en la elección de los temas.
 - d. La falta de transparencia en la toma de decisiones interna.
- 2) Con “desarrollo profesional” los autores se refieren a la carencia de métodos y herramientas con la que cuentan estas entidades para incluir al

público en la toma de decisiones. No hay algo así como un manual de buenas prácticas para incorporar la gobernanza en los museos y centros de ciencia, tan solo existen iniciativas particulares que se transmiten en forma de anécdotas. Igualmente, aunque hay métodos que recogen las opiniones de los visitantes al término de una exposición, no hay mecanismos para incorporar la perspectiva ciudadana en los procesos previos a su apertura.

- 3) Con “llegar a públicos específicos” hacen referencia al coste de diseñar exposiciones para públicos específicos, y el escaso beneficio económico que producen. El problema de diseñar exposiciones para públicos específicos se agrava ante el hecho de que los perfiles de público que manejan los museos suelen construirse básicamente sobre la recogida sistemática de la edad y el lugar de procedencia de los visitantes, sin atender a otros rasgos como la profesión o el motivo de la visita, rasgos que podrían permitir a los museos y centros de ciencia ser más sensibles al tipo de público que reciben.
- 4) Finalmente, con “miedo al cambio” se refieren al recelo de los museos a incorporar la voz del público, pues en gran medida significa estar dispuesto a exponerse a la crítica subjetiva, a caer en el descrédito, a perder la confianza del público, a espantar a los visitantes, a perder financiación. Al mismo tiempo, el miedo es también interno, las instituciones son reacias a adoptar o aprender nuevas estrategias con las que no están familiarizadas, que no conocen y que poco saben de su efectividad.

Los museos y centros de ciencia desempeñan un importante papel como mediadores entre la ciencia y la sociedad. Los Estudios Sociales han centrado su atención en los museos y centros de ciencia atendiendo específicamente a su papel en la enseñanza y en la comunicación de la ciencia, prestando una atención insuficiente al rol que estas instituciones pueden desempeñar en la promoción de la participación pública en la política científica. La investigación de Bandelli y Konijn (2012) refleja que los museos están entrando en el campo de la gobernanza de la ciencia, pero señalan la existencia de dos problemas que empañan la labor que pueden realizar en el *engagement*:

- (a) the lack of appropriate evaluation and assessment methods to measure the contributions of the public to the decision-making process in SCMs and
- (b) the lack of recognition of SCMs as important players in the field of

science governance. These two factors are intrinsically related: Because of the lack of reliable instruments to illustrate the importance of what the public can bring to the museum, SCMs are not able to demonstrate their role in the larger field of science governance. Furthermore, because SCMs are still seen only as “ancillary” informal learning institutions, lacking recognition from the other stakeholders, they do not invest in methods to qualify their role as brokers in mediating the science and society dialogue. (Bandelli y Konijn, 2012: 441-442).

Conclusiones

Gran parte de la literatura sobre la relación entre los museos de ciencia y la cultura científica proviene de los campos de la comunicación de la ciencia o de la comprensión pública de la ciencia. La investigación del papel que estas entidades pueden desempeñar en la mediación entre la ciencia y la sociedad parece responder a iniciativas particulares, a nombres propios que, desde su disciplina y desde su situación respecto del museo o centro de ciencia, llevan a cabo su investigación. El nombre de Bernard Schiele, por ejemplo, estuvo vinculado a la creación del New China Science and Technology Museum (Pekín), además de haber sido galardonado con el International Achievement Award otorgado por el ICOM de Canadá en 2012. Dado que su trayectoria ha estado vinculada a la comunicación pública de la ciencia, no sorprende que haya dedicado sus esfuerzos a reivindicar los museos y centros de ciencia como medios de comunicación. Lo mismo sucede como el caso de John Durant, quien en la actualidad es Director del MIT Museum (Estados Unidos), y es la misma persona que llevó a cabo la encuesta conjunta con Jon D. Miller, y formó parte de la comisión que realizó el informe *Science and Society*. Estos mismos autores son los que demandan hoy una mayor atención sobre el papel que pueden desempeñar estas entidades en la promoción de la cultura científica.

“Qué es un museo o centro de ciencia” es una cuestión relevante. Afecta a la adscripción a unas redes u otras, tiene relevancia a la hora del cómputo global de cifras de visitantes, puede ser determinante para la obtención de financiación e incluso atraer a un tipo de público u otro. Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta cualquier estudioso de la relación entre los museos y centros de ciencia con la cultura científica es la amplia diversidad de espacios, instituciones y otras entidades que son tipificadas como “Museos de Ciencia”. Hay museos de ciencia casi parecen parques temáticos, y museos de ciencia que parecen galerías de arte. La clasificación del ICOM es poco sensible a las especificidades

de los museos y centros de ciencia. La inclusión de la subcategoría “Museos de las Ciencias y de las Técnicas” dentro de la categoría general “Museos de las Ciencias y de las Técnicas” parece una solución de compromiso, una categoría que funciona como un cajón *desastre* de sastre, en la que entra todo lo que no tiene cabida en las otras categorías. En general, la amplitud de la definición del ICOM conlleva que prácticamente cualquier conjunto de algo, tangible o intangible, que se exhiba al público pueda ser concebido como un museo. La única distinción que parece haber cuajado es la que separa a los centros de ciencia de los museos de ciencia, pero esta distinción está también suavizándose. En parte porque los museos se están abriendo a la interacción al tiempo que los centros intentan aportar contexto a sus dispositivos interactivos.

Sea un museo o un centro de ciencia, parece haber un compromiso compartido hacia el fomento de la cultura científica. Una parte importante de la literatura que analiza el museo o centro de ciencia desde el ámbito de la enseñanza de las ciencias se ha preocupado por buscar un equilibrio entre el entretenimiento y el aprendizaje. Las visitas a estas entidades suelen realizarse en el tiempo de ocio del visitante, los museos forman parte de una oferta cultural en la que compiten con otros formatos que no guardan un compromiso tan explícito con la transmisión de contenidos. Esto les coloca en una situación de desventaja frente a ir al cine, asistir a conciertos o practicar un deporte – actividades que, junto a las visitas a los museos, están catalogadas como “de ocio” en el Estudio General de Medios¹⁰²—. De forma similar, una parte importante de la literatura que analiza el museo o centro de ciencia desde el ámbito de la comunicación de la ciencia se ha preocupado por la imagen de la ciencia que estas entidades transmiten, buscando un equilibrio entre mostrar los principios científicos o la ciencia en contexto. Pese a que estas entidades pueden analizarse desde el prisma educativo o desde el prisma de la comunicación, el visitante que recorre las instalaciones, que interacciona con los dispositivos o que lee los paneles difícilmente percibirá esta distinción.

Se trata de un reflejo más de la particular situación de los museos y centros de ciencia, como espacios fronterizos en los que confluyen los campos de la comunicación de la ciencia y la enseñanza de la ciencia. Pero es esta

¹⁰² El Estudio General de Medios (EGM) es un estudio sobre el consumo de los medios de comunicación en España realizado por la Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (AIMC). Página web: <http://www.aimc.es/>.

situación la que los convierte en espacios idóneos para promover la cultura científica, especialmente aquella que se presenta en el capítulo 6, una cultura científica para el *engagement*. Los museos son responsables de las imágenes de la ciencia y la tecnología que transmiten. Por ello sería deseable que, tanto los museos como los centros de ciencia, desde sus diferencias en la metodología de exhibición, incluyeran en sus programas actividades sobre problemas socialmente relevantes (alimentos transgénicos, cambio climático, reproducción asistida, vacunación contra el virus del papiloma humano, experimentación con células madre...). Podrían crear exposiciones que tomaran como referencia cuestiones cotidianas que involucren temas de ciencia y tecnología como, por ejemplo, la caducidad de los alimentos, la automedicación o el deporte. Del mismo modo, podría fomentarse mediante la desidealización de la imagen tradicional de la ciencia, presentándola como la actividad social que es, donde concurren diferentes tipos de intereses y donde la incertidumbre y los dilemas éticos, políticos y sociales son algo habitual (Jasanoff *et al*, 1995; Hackett *et al*, 2008). Ello podría contribuir, además, a abrir en los museos espacios compartidos entre expertos y legos. Como una tercera función añadida, los museos podrían contribuir a promocionar la gobernanza incorporando metodologías participativas a través de la oferta de actividades, y más aún, incluir la gobernanza en su propia estructura.

Capítulo 5

Midiendo la cultura científica

Introducción

Se abordan en este capítulo las medidas de la cultura científica desarrolladas por distintos autores tomando como guía aquellas destacadas por Bauer (2012a, 2014), aunque se han incorporado otras de especial relevancia para este trabajo.

La mayoría de las definiciones de cultura científica que se han propuesto se han llevado a cabo a la sombra de los resultados de los estudios de comprensión pública de la ciencia, y por ello es pertinente dedicar un poco de atención a estos estudios que han servido de fuente. Concretamente los estudios de la NSF, los Eurobarómetros y otros de carácter internacional. Sin embargo la reflexiones aquí contenidas no se orientan hacia los resultados arrojados por estos estudios, sino que se ha dado primacía a cómo cada uno de los autores ha medido la cultura científica, basándose en el modo en que se han diseñado los indicadores, y no a los resultados que se obtuvieron tras el análisis de datos. Lo que se pretende mostrar es cómo se mide la cultura científica y, por ende, cómo se define.

Aunque la revisión se ha centrado en el análisis de los índices e indicadores que se han construido a nivel individual para la cultura científica, se incluyen algunas propuestas que miden la dimensión social de la cultura

científica. También son recogidos por Bauer (2012a, 2014) y completan el espectro de las concepciones de la cultura científica.

Finalmente se ha realizado un análisis minucioso de una pregunta que la mayoría de las encuestas de comprensión pública de la ciencia suelen incorporar, concretamente la pregunta sobre la frecuencia de visitas a los museos de ciencia. Como se mostrará, una pregunta de apariencia unívoca como “¿ha visitado algún museo de ciencia en los últimos doce meses?” puede resultar muy controvertida cuando se examina al detalle y se comparan resultados de distintas fuentes y estudios.

5.1. Estudios de comprensión pública de la ciencia y homólogos

La construcción de un indicador de cultura científica es un reto en el campo de *Public Understanding of Science* y en el de *Public Engagement with Science*. En ambos casos, el modo de abordar la relación entre la ciencia y la sociedad está estrechamente vinculado a estudios cuantitativos. Los estudios demoscópicos permiten introducir la perspectiva social sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el ámbito político, son herramientas para monitorizar la opinión pública cuyos resultados pueden servir de orientación a las políticas públicas, a la comunicación de la ciencia y a la comunidad científica. *Grosso modo*, y a título práctico, es posible organizar estos estudios sobre la base de su unidad de análisis. Por un lado, existen estudios cuya unidad de análisis es el individuo, que son en su mayoría estudios demoscópicos a gran escala de comprensión pública de la ciencia y la tecnología. Por otro, estarían los estudios cuya unidad de análisis es la sociedad; estos suelen incluir indicadores de rendimiento científico, contabilizando las instituciones dedicadas a la promoción de la ciencia, las patentes, las tesis doctorales en ciencia, y en algunos casos también se sirven de los resultados de las encuestas de comprensión pública de la ciencia.

El que suele ser el capítulo siete (“Science and Technology: Public Attitudes and Understanding”) de los *Science and Engineering Indicators* publicados por la NSF, los *Special Eurobarometer* de la Comisión Europea sobre ciencia y tecnología, así como los principales estudios de comprensión pública de la ciencia a nivel nacional, son instrumentos de análisis del estado de la relación entre la sociedad y la ciencia y la tecnología, pero no son estudios de cultura científica *sensu stricto*. La NSF presenta indicadores sobre el interés en noticias

de ciencia y tecnología, el conocimiento científico y las actitudes. El objetivo de la Comisión Europea es la evaluación de las actitudes generales de los ciudadanos europeos hacia la ciencia y la tecnología. La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) por su parte, realiza sus estudios de percepción social de la ciencia para conocer el estado de la situación de la relación entre la ciudadanía, el conocimiento y la actividad científica, así como para orientar mejor las acciones de socialización.

Los estudios de la National Science Foundation en Estados Unidos y ciertos Eurobarómetros realizados por la Comisión Europea constituyen las fuentes principales de estudios de comprensión social de la ciencia, aunque hay otros estudios internacionales como el de la Fundación BBVA. En Iberoamérica es de especial relevancia para la definición de la cultura científica la encuesta FECYT-OEI-RICYT, y aunque será esta la que se tendrá en cuenta en el análisis, también destacan las encuestas nacionales, más o menos periódicas, promovidas por organismos gubernamentales en países como Argentina, Brasil o México. En el ámbito español es la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) la que monitoriza la percepción social de la ciencia.

La definición de la cultura científica es heredera de la de alfabetización científica, y la tensión entre la definición de la alfabetización científica y su medición se ha trasladado a la definición de la cultura científica. Los esfuerzos por desarrollar indicadores para medir la comprensión social de la ciencia y/o la cultura científica prolongan los problemas de la alfabetización, además de añadir los suyos propios. A continuación se revisan los estudios principales de comprensión pública de la ciencia, aunque existen muchas otras iniciativas *micro* que atienden a medir con mejor o peor fortuna la apropiación de la ciencia en muestras más específicas. Especialmente numerosos son los esfuerzos por medir la alfabetización científica de los estudiantes, de los propios científicos o de colectivos afectados por algún tipo de enfermedad crónica. Con todo, el fin de estos estudios es obtener datos sobre la percepción y la comprensión de la ciencia y la tecnología, pero siempre mediante la aplicación de cuestionarios a individuos, es decir, el origen de los datos es el individuo. Al contrario que otros análisis que suelen centrar su reflexión en los resultados, el foco de atención aquí será cómo se han construido los distintos índices e indicadores que se han utilizado.

i) **Los *Science and Engineering Indicators* de la National Science Foundation**

En el ámbito estadounidense, en un principio monitorizaron la comprensión pública de la ciencia las *Surveys of Public Understanding of Science and Technology* que fueron financiadas por la NSF y dirigidas por Jon D. Miller y Linda Kimmel. Se realizaron en 1979, 1981, 1983, 1985, 1988, 1990, 1992, 1995, 1997, 1999, 2001 y 2006. Posteriormente, la recogida de datos sobre conocimientos, actitudes y valores hacia la ciencia fue absorbida por los cuestionarios de la General Social Surveys (GSS) cuyos estudios se realizaban desde 1972. En 2006, el National Center for Science and Engineering Statistics (NCSES), una división de la NSF, incorporó un módulo de ciencia y tecnología en la encuesta GSS. Los *Science and Engineering Indicators* producidos por la NSF son en la actualidad los únicos que combinan indicadores de input y output de rendimiento científico con indicadores de comprensión pública de la ciencia y la tecnología, de modo que atienden tanto a la dimensión individual como a la dimensión social ofreciendo una panorámica completa del estado de la ciencia y la tecnología de Estados Unidos. Cada serie de *Science and Engineering Indicators* atiende a indicadores de:

- La enseñanza de la ciencia y de la matemática en la educación elemental, secundaria (profesores de matemáticas y ciencia, estudiantes que cursan cursos de ciencia y matemáticas, rendimiento académico...).
- La enseñanza de la ciencia y la ingeniería en la educación superior (instituciones que proporcionan educación en ciencia e ingeniería, oferta de grados, másteres y doctorados en ciencia e ingeniería...).
- El capital de científicos e ingenieros (ingenieros y científicos por sector de trabajo, ingenieros y científicos desempleados, nuevos graduados o doctorados en ciencia e ingeniería...).
- Las tendencias en investigación y el desarrollo nacionales y su comparación internacional (fuentes de financiación de la I+D, porcentaje del PIB en I+D, importaciones y exportaciones de servicios de I+D...).
- La investigación y el desarrollo en el ámbito académico (patentes, *papers*, inversión en I+D, doctorados...).
- La industria y tecnología en el mercado global (indicadores de innovación, industrias de desarrollo tecnológico, productividad, infraestructura de las tecnologías de la información y la comunicación...).

- Las actitudes y comprensión pública de la ciencia y la tecnología (fuentes de información, interés y participación, alfabetización científica, confianza...)

El que suele ser el capítulo séptimo, titulado “Public Attitudes and Public Understanding” –aunque en 2000 fue el capítulo octavo– reúne a su vez resultados de muchos otros estudios y se ha incluido, al menos, en 1991, 1993, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014. Por ejemplo, en el *Science and Engineering Indicators 2014*, para el capítulo 7 “Science and Technology: Public Attitudes and Understanding” se utilizaron 17 estudios de ámbito norteamericano y 19 de ámbito Europeo. Es decir, que hay una importante diferencia entre los Eurobarómetros y los estudios de la NSF, los primeros son resultados de entrevistas, mientras que los segundos son resultados agregados de otros estudios.

Óscar Montañés Perales (2011b) organiza en tres fases la historia de los estudios de la NSF. La primera fase se desarrolla entre 1972 y 1976. Los estudios respondían principalmente a la necesidad de obtener información sobre las preferencias con relación al gasto del gobierno, la preocupación por el estatus de los científicos y por el papel de las actitudes hacia la ciencia eran los otros objetos de interés. La segunda fase la data Montañés Perales en 1979, coincidiendo con el comienzo de las *Surveys of Public Understanding of Science and Technology* realizadas por Miller y Kimmel. Los *Science and Engineering Indicators* eran similares a las anteriores en lo que se refiere a las cuestiones sobre el gasto público, pero incluían la evaluación de las actitudes y el conocimiento, así como indicadores de participación esperada ante determinados temas y controversias relacionadas con la ciencia. La tercera fase comienza, según Montañés Perales en 1988, con la inclusión, en los *Science and Engineering Indicators*, de la pregunta por la comprensión del método científico utilizando la reformulación que había sido propuesta en la encuesta conjunta de 1988, realizada paralelamente en Estados Unidos y Gran Bretaña.

Desde el campo de la comprensión pública de la ciencia se ha dedicado mucha literatura académica a revisar los resultados de los estudios de la NSF y a poner en cuestión su metodología (véase, por ejemplo, Pardo y Calvo, 2002; Miller, 1998, 2004, 2012; Losh, 2012). Es destacable cómo Miller, quien ha dedicado muchos años a monitorizar la alfabetización científica tanto de la sociedad estadounidense como a nivel internacional, recientemente haya virado su atención a los modos de adquisición de la información científica, para lo que

ha desarrollado un modelo de pautas para explorar la influencia de una serie de factores¹⁰³ en la adquisición de la alfabetización científica cívica (Miller, 2012, 2014).

ii) Los Eurobarómetros de la Comisión Europea

En Europa, la Comisión Europea monitoriza la evolución de la opinión pública de los Estados Miembros desde 1973 a través de los Eurobarómetros. Y, aunque con una periodicidad más arbitraria que la de las encuestas de la NSF, han dedicado algunos de los denominados *Special Eurobarometers*, que se focalizan sobre un tema concreto, a medir la opinión pública europea sobre ciencia y tecnología. Podría decirse que estos informes realizados entre 1977 y 2010, son los homólogos del capítulo siete de los *Science and Engineering Indicators*. Aunque, como se ha mencionado, tanto los Eurobarómetros mencionados como este capítulo siete recogen información sobre conocimientos, actitudes y percepciones sociales de la ciencia, la fuente de los datos en el caso europeo son las entrevistas a individuos, mientras que el caso estadounidense se nutre de otros estudios.

En el ámbito europeo, son los *Special Eurobarometers* realizados por la Comisión Europea, los instrumentos dedicados a medir la percepción social de la ciencia. Se han publicado hasta la fecha los siguientes:

- 1977: *Science and European public opinion* EB-7. Estudio realizado entre abril y mayo de 1977.
- 1979: *The European Public's Attitudes to Scientific and Technical Development* EB-10A. Estudio realizado en octubre de 1978.
- 1990: *Europeans, Science and Technology* EB-31. Estudio en marzo y abril de 1989.
- 1993: *Europeans, Science and Technology. Public Understanding and Attitudes* EB-38.1. Estudio realizado en noviembre de 1992.

¹⁰³ Los factores que se tuvieron en cuenta fueron: edad; género; nivel educativo; cursos de ciencia en la Universidad; convivencia con menores de edad; interés en temas de ciencia, tecnología, medicina o medioambiente; creencias religiosas; uso de recursos de aprendizaje tradicional de la ciencia; uso de nuevos recursos de aprendizaje informal (Miller, 2012, 2014).

- 2001: *Europeans, science and technology* EB-55.2. Estudio realizado en mayo y junio de 2001.
- 2003: *Science & Technology Candidate Countries* EB 2002.3. Estudio realizado en noviembre de 2002.
- 2005: *Europeans, Science and Technology* EB-63.1. Estudio realizado en enero y febrero de 2005.
- 2008: *Qualitative study on the image of science and the research policy of the European Union* EB-QS. Estudio realizado en julio y agosto de 2008.
- 2010: *Science and Technology* EB-73.1. Estudio realizado en enero y febrero de 2010.

Las preguntas que conforman los cuestionarios de los Eurobarómetros realizados entre 1989 y 2010 responden a cuatro categorías: aquellas que miden una visión positiva de la ciencia y la tecnología, aquellas que hacen referencia a una visión negativa, preguntas que reflejan una visión idealista y, finalmente, las que se centran en la valoración de los científicos (Muñoz van den Eynde, 2013). El Eurobarómetro de 1977 aspiraba a medir la opinión ciudadana respecto al potencial de la ciencia, y de sus aplicaciones, tanto para contribuir a un cambio positivo en las condiciones de vida como para generar riesgos. Incluía también preguntas que atendían a recoger las esperanzas futuras hacia las posibilidades de la ciencia (Muñoz, 2002; EB, 1977). El Eurobarómetro realizado tan solo dos años más tarde, en 1979, estaba conformada por preguntas que atendía a medir la distancia del público respecto a la ciencia, a detectar las actitudes hacia el desarrollo científico y técnico y a identificar la postura del público ante la toma de decisiones en estos temas; un grupo de preguntas se focalizaba en la percepción de la automatización y de la robótica, y de su incidencia en el ámbito laboral (Muñoz, 2002; EB, 1979).

Las portadas de estos dos estudios (Figura 27 y Figura 28) son en cierto modo un resumen de las preocupaciones europeas respecto de la ciencia y la tecnología. Sus ilustraciones son un reflejo de los ámbitos de preocupación de la Comunidad Europea en los últimos años de la década de 1970, concernían a la energía atómica, a la química y a la emergencia del mundo digital. Resulta curioso como en la portada de 1977 el imaginario de la ciencia aparece superpuesto a la imagen del público, que ocupa gran parte de la portada, mientras que en la de 1979 el mismo público ocupa la franja izquierda de la imagen y aparece separada de los asuntos científicos. No se incluyeron imágenes en los posteriores Eurobarómetros.

Figura 27. Portada del Eurobarómetro de 1977.

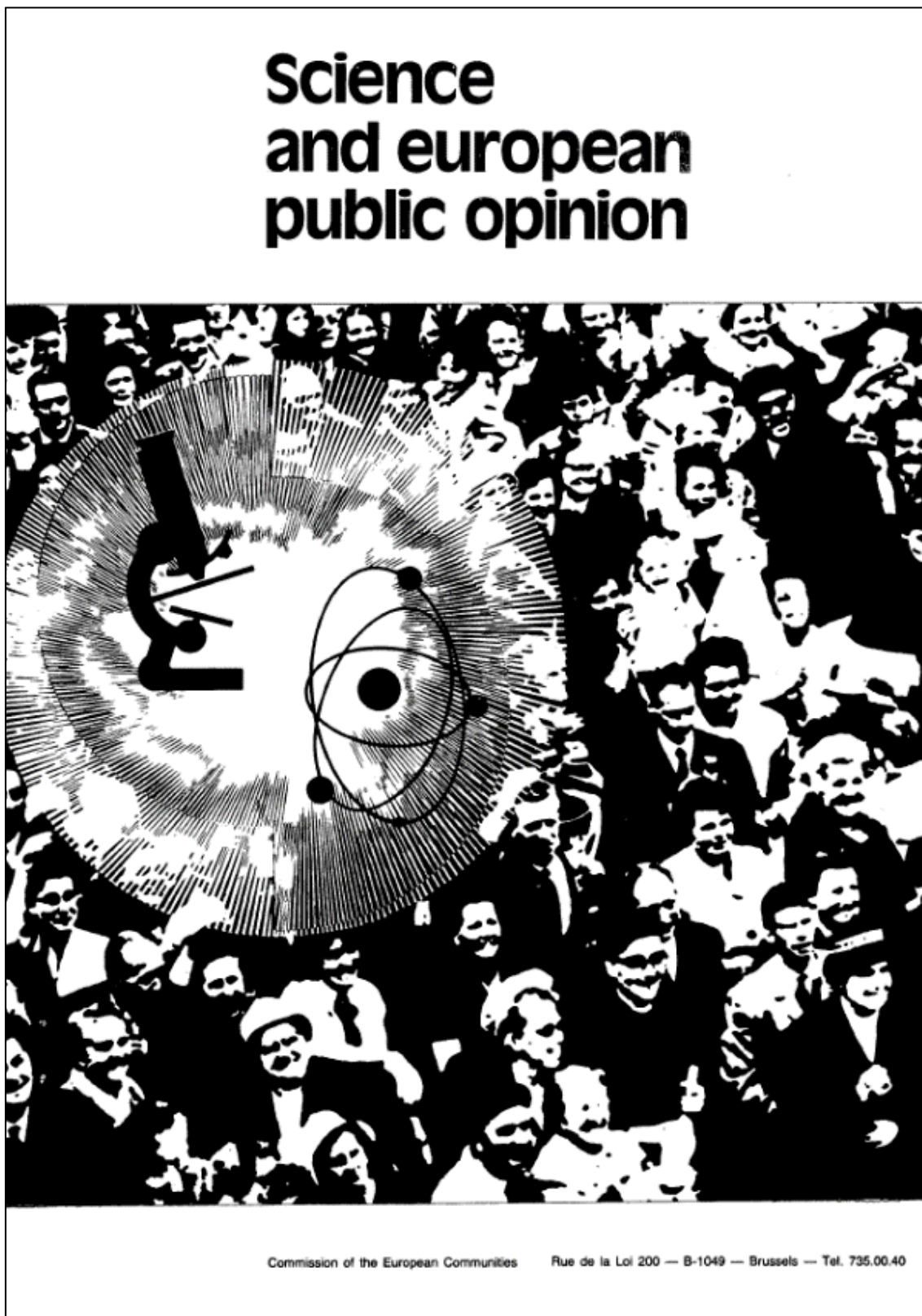
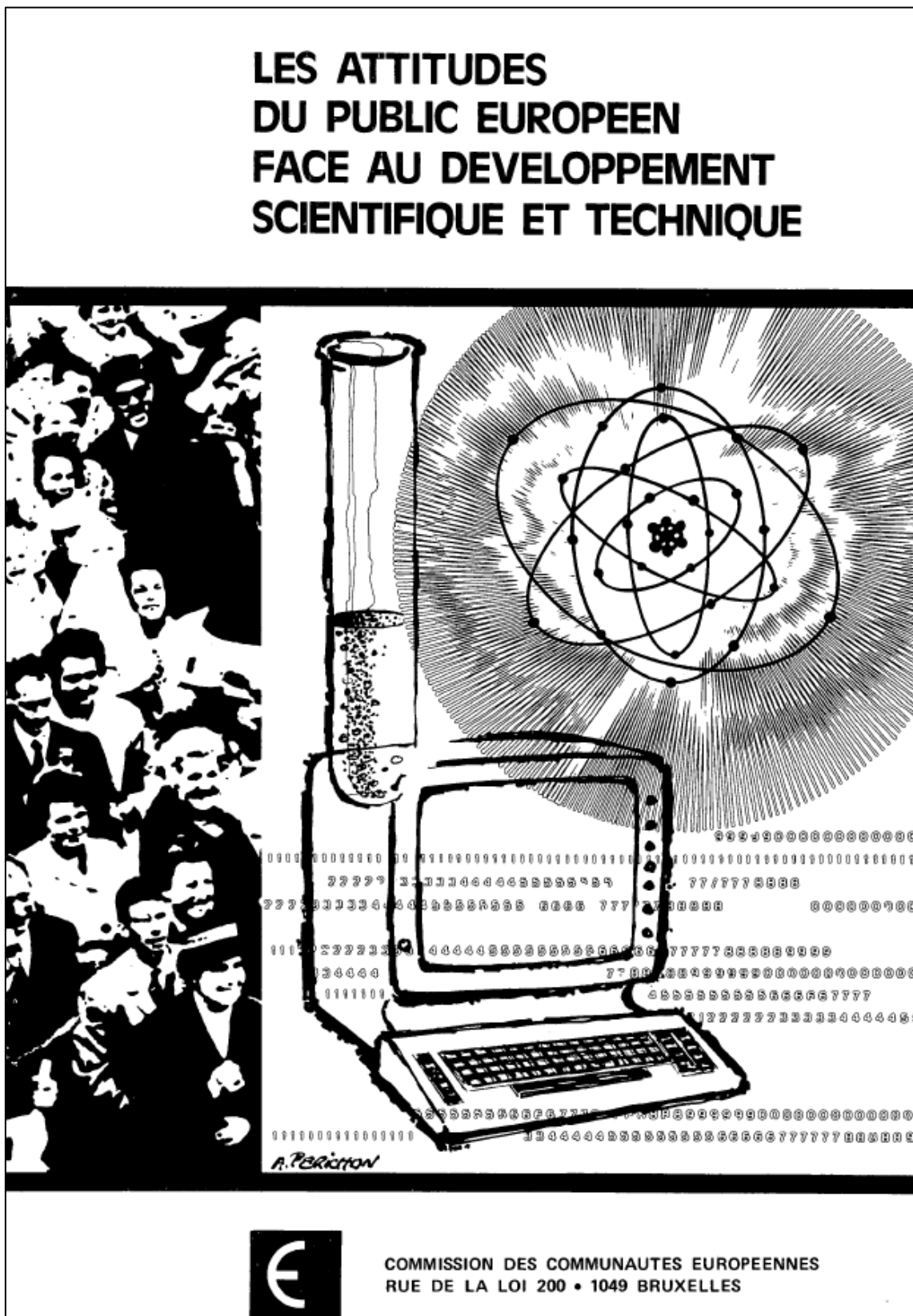


Figura 28. Portada del Eurobarómetro de 1979.



El Eurobarómetro de 1990 estuvo orientado por la encuesta conjunta que en 1988 John Durant y Jon D. Miller habían realizado paralelamente en Reino Unido y Estados Unidos. Siguiendo a Emilio Muñoz (2002; EB, 1990), el propósito del cuestionario era, en primer lugar, identificar los intereses de los encuestados en los temas científico-técnicos y su comparación con el interés que despertaban los temas de actualidad política, cultural y deportiva. Además se atendió a los instrumentos utilizados por los individuos para obtener información sobre esos temas. En segundo lugar, estimar las áreas en las que debía incrementarse la investigación y obtener información sobre la confianza en la capacidad de los avances científico-técnicos para mejorar las condiciones de vida. En tercer lugar, fijar la opinión de los ciudadanos sobre los valores del potencial científico y técnico europeo con respecto a los Estados Unidos y Japón. Finalmente, en cuarto lugar, valorar el nivel de conocimiento y la percepción respecto de temas concretos (cáncer, radioactividad y energía nuclear).

El Eurobarómetro de 1993 es similar al de 1989 en lo que respecta a la distribución de bloques. Las diferencias estriban, según Muñoz (2002; EB, 1993), en que se diversificaron y enriquecieron las cuestiones relacionadas a las medidas de la alfabetización científica, aunque “se formularon preguntas o cuestiones sobre verdades científicas absolutas, planteadas directamente o recurriendo a fórmulas sutiles, engañosas, sin desvelar la riqueza, ambigüedad, y complejidad inherentes al método científico” (Muñoz, 2002: 9). El tema particular de este Eurobarómetro fue el medioambiente, con énfasis en la problemática de la contaminación y el agujero de la capa de ozono.

Siete años después, en el 2001, vio la luz un nuevo cuestionario que incluía preguntas sobre la ya asentada tríada: información, interés y conocimiento. Los valores y la confianza asociados a la ciencia y la tecnología, la responsabilidad de los científicos, las vocaciones científicas y la percepción de la investigación fueron los otros ejes del estudio. El tema en esta edición fueron los organismos genéticamente modificados y la encefalopatía espongiforme bovina, comúnmente conocida como “enfermedad de las vacas locas” (EB, 2001).

Además de los Eurobarómetros estándar cuyo análisis atiende a los países de la Unión Europea, como los mencionados hasta ahora, la Comisión Europea realiza estudios sobre países que aspiran a formar parte de la Unión. El Eurobarómetro de 2003 fue de esta índole. En este caso, para posibilitar la comparabilidad con los países de la Unión se utilizó el mismo cuestionario que en el Eurobarómetro de 2001.

Muchos de los países que eran candidatos a formar parte de la Unión Europea, en el Eurobarómetro de 2005 forman ya parte de ella, aunque no todos los que participaron en la encuesta (por ejemplo, Bulgaria, Croacia, Rumanía y Turquía). El cuestionario recogía información del grado de interés sobre temas científicos y tecnológicos y del grado de información. También incluía medidas de alfabetización, atendiendo al conocimiento de hechos científicos y a la familiaridad con el método científico. Contenía medidas sobre hábitos de participación, imágenes de la ciencia y la tecnología y su potencial para modificar la calidad de vida, valoración de riesgos y beneficios, atribución de responsabilidad y confianza en los científicos y en las instituciones (EB, 2005). En este caso, no parece haber un tema concreto sobre el que se recoja información, aunque sí se prestó especial atención al papel de la mujer en la ciencia.

El último Eurobarómetro de este tipo realizado hasta la fecha es el de 2010. No se han incluido preguntas de alfabetización, ni siquiera aparece el término “literacy”. Sus resultados apuntan a que hay un cierto descenso en el optimismo hacia la ciencia respecto a resultados anteriores. Ana Muñoz van den Eynde (2013), en su análisis longitudinal, afirma que los resultados de los Eurobarómetros no presentan evidencias a favor de una población europea con una visión negativa de la ciencia y tecnología, al contrario, la imagen predominante es la de una sociedad consciente de que los desarrollos de la ciencia y la tecnología pueden derivar en consecuencias negativas para el entorno y los seres humanos.

No obstante, es necesario resaltar que cualquier análisis comparativo longitudinal que tome como base los Eurobarómetros no solo ha de lidiar con los cambios en los cuestionarios. A diferencia de los Eurobarómetros estándar, los especiales que atienden a medir la percepción europea de la ciencia y la tecnología no tienen una periodicidad estable. De modo que el año de realización de cada uno de los Eurobarómetros que se realizaron no se puede analizar al margen del contexto geopolítico (Figura 29). Si en el primer Eurobarómetro mencionado participaron nueve países, y la muestra fue de 9.044 entrevistas (a razón de unas 1.000 entrevistas por país), en la última oleada fueron 32, con una muestra de 26.671 entrevistas (a razón de unas 1.000 entrevistas por país excepto para República de Chipre, Luxemburgo, Malta e Islandia que fueron alrededor de 500). Es decir, solo para nueve países los datos están disponibles desde 1977.

Figura 29. Países participantes y cifras totales de encuestados en los Eurobarómetros.

Referencia:	EB7	EB10A	EB31	EB38.1	EB55.2	CCEB	EB65.1	EB73.1
	1977	1979	1990	1993	2001	2003	2005	2010
Alemania							1.507	1.531
Alemania del Este				1.014	1.026			
Alemania del Oeste	1.005	1.000	1.024	1.018	1.012			
Austria					1.019		1.034	1.000
Bélgica	988	1.014	1.002	1.043	1.058		1.024	1.012
Bulgaria						1.000	1.008	1.009
Chipre						500	504	502
Croacia							1.000	1.000
Dinamarca	1.010	983	1.014	1.000	1.000		1.013	1.006
Eslovaquia						1.099	1.241	1.030
Eslovenia						1.001	1.060	1.004
España			1.001	1.021	1.000		1.036	1.004
Estonia						1.006	1.000	1.004
Finlandia					1.022		1.007	1.001
Francia	1.256	1.340	1.005	1.008	1.004		1.021	1.018
Grecia			1.000	1.003	1.004		1.000	1.000
Hungría						1.015	1.000	1.017
Irlanda	1.008	1.006	1.006	1.000	1.006		1.008	1.007
Irlanda del Norte				308	304			
Islandia							500	501
Italia	1.025	919	1.022	1.021	995		1.006	1.018
Letonia						1.005	1.034	1.013
Lituania						1.020	1.003	1.026
Luxemburgo	302	330	303	500	619		518	503
Malta						500	500	500
Noruega							976	1.037
Países Bajos	1.033	1.093	1.025	1.022	1.061		1.005	1.018
Polonia						1.000	999	1.000
Portugal			1.000	1.000	1.000		1.009	1.027
Reino Unido	1.417	1.306	1.276	1.066	1.000		1.307	1.311
República Checa						1.066	1.037	1.043
Rumanía						1.035	1.005	1.060
Suecia					1.000		1.023	1.007
Suiza							1.000	1.026
Turquía						1.000	1.005	1.003
Totales	9.044	9.018	11.679	13.024	16.029	12.247	32.897	26.671

Elaboración propia. Fuente: EB, 1977, 1979, 1990, 1993, 2001, 2003, 2005, 2010.

Un estudio cualitativo sobre la imagen de la ciencia y la política de investigación en países de la Unión Europea tuvo lugar en 2008, el Eurobarómetro EB-QS. La muestra estuvo formada por 27 grupos de discusión a los que se les realizaron preguntas similares a las que se habían hecho en los Eurobarómetros anteriores, pero en formato abierto. Según las conclusiones del informe (EB, 2008) la ciencia se percibía como algo difícil, que requería de conocimientos técnicos, y era algo que los entrevistados percibían como remoto y restringido. En general se ofrecieron definiciones de la ciencia en referencia a resultados de investigación y beneficios concretos y raramente se hizo alusión a conceptos como racionalidad, rigor o método científico. La investigación era vista por el público como un componente básico de la ciencia, y la tecnología percibida como la parte más tangible y accesible de la ciencia que se aprecia a través de los productos y servicios que genera. Aunque el interés por la ciencia varía de individuo en individuo, el informe establece dos motivos de interés: aquellos a los que la ciencia les interesa por motivos intelectuales y aquellos cuyo interés está más ligado a los beneficios derivados. Respecto a las fuentes de información, además de la educación, se mencionan principalmente los medios tradicionales (en primer lugar la televisión, seguida de la prensa y la radio) y, en menor medida, otros medios. Internet fue señalado por la mayoría de los jóvenes, pero no como fuente de información principal, sino como medio para obtener información más detallada respecto de un tema cuyo interés había sido despertado previamente a través de otros canales. El “boca-a-boca” fue la fuente de información principal para temas de ciencia y tecnología actual. En general hubo consenso en que la calidad en el tratamiento de los temas científicos por parte de los medios no adecuada. Los resultados sugerían que en el imaginario de los encuestados, la ciencia resultaba casi equivalente a progreso. Su percepción de los beneficios coexistía con la de los riesgos, vinculados estos al mal uso, la manipulación o los intereses económicos. Se mencionaron con más énfasis aquellos riesgos y efectos negativos que tenía el desarrollo científico en la vida diaria. Los resultados sugerían que los beneficios eran percibidos en términos globales mientras que los riesgos en términos individuales. Específicamente se abordó el conocimiento, las fuentes de información, los beneficios y los riesgos asociados a la energía nuclear, al cambio climático, a los biocombustibles, a los organismos genéticamente modificados, a las células madre, a las nanotecnologías y a la experimentación con animales.

Nos hemos detenido un poco más en los Eurobarómetros, porque atenderemos específicamente al papel de los museos y centros de ciencia como

indicadores del interés en temas de ciencia y tecnología en estos estudios, y al ser estudios de ámbito europeo, recogen datos para España, no así los estudios de la NSF. No obstante, al igual que en el caso de los NSF, también se ha dedicado mucha literatura académica a revisar los resultados de los estudios de los Eurobarómetros, y a poner en cuestión su metodología (véase, por ejemplo, Bauer, Durant y Evans, 1994; Pardo y Calvo, 2002, 2006; Bauer, 2012b).

5.2. Otros estudios internacionales

En el ámbito internacional destacan: la encuesta paralela en 1988 realizada por J. D. Miller en Estados Unidos y J. Durant en Gran Bretaña (que se ha tratado anteriormente en el capítulo 2); la encuesta realizada en grandes núcleos urbanos¹⁰⁴ *Cultura científica en Iberoamérica*, realizada conjuntamente por la FECYT, la OEI y la RICYT en 2008; y el *Estudio Internacional de Cultura Científica* financiado por la Fundación BBVA¹⁰⁵ en 2011.

i) *Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*

La encuesta FECYT-OEI-RICYT (2009) en grandes núcleos urbanos se desarrolló en el marco del *Proyecto estándar iberoamericano de indicadores de percepción pública, cultura científica y participación ciudadana 2005-2009*. Es interesante destacar que la encuesta atiende a indicadores para evaluar la evolución de tres dimensiones: la percepción pública, la cultura científica y la participación ciudadana, entendiéndolas como diferenciadas, así (Albornoz *et al*, 2003: 12):

- 1) La percepción pública remite al proceso y a los mecanismos de comunicación social, así como al impacto que tienen sobre la información de contenidos, actitudes y expectativas de los miembros de la ciencia y la tecnología.

¹⁰⁴ Ciudades involucradas: Buenos Aires (Argentina), Bogotá (Colombia), Madrid (España), São Paulo (Brasil), Santiago (Chile), Caracas (Venezuela) y Panamá (Panamá).

¹⁰⁵ Países involucrados: Alemania, Austria, Dinamarca, España, Francia, Italia, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, República Checa y Estados Unidos.

- 2) La participación ciudadana queda vinculada a la perspectiva de la ciencia y la tecnología en tanto medios, mecanismos o instituciones de poder.
- 3) La cultura científica es entendida como un atributo de sociedades, salvando en cierto modo el problema de la representatividad de las encuestas, es decir, aunque las sociedades están formadas por individuos, no se podría afirmar que cada individuo ‘representa’ a la sociedad y, por lo tanto, al conjunto de su cultura, sino que cada uno de ellos mantiene una relación con la sociedad que es irreductible tanto a la sociedad como al individuo.

El cuestionario incluía indicadores para cuatro grandes dimensiones:

- 1) Información e interés sobre temas de ciencia y tecnología.
- 2) Opinión sobre ciudadanía y políticas públicas en ciencia y tecnología.
- 3) Actitudes y valoraciones respecto a la ciencia y la tecnología.
- 4) Apropiación social de la ciencia y la tecnología, incluyendo dos bloques de preguntas sobre participación social.

Aunque con influencia de los Eurobarómetros y de los estudios de la NSF, la encuesta supuso un paso hacia otro modo de medir la relación entre la ciencia y la sociedad. A diferencia de otros estudios, que se centraban en la tríada conocimiento, valores y actitudes, en esta encuesta no solo no se incluyeron preguntas de alfabetización, sino que se atendió específicamente a la dimensión de la apropiación, como algo más que la participación en actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología, como atributo de la sociedad, donde “la sociedad estará más o menos cientizada en la medida en que la cuestión de ‘hacia dónde se dirige la ciencia y la tecnología’ se constituye en un tópico de la cultura general y el debate social” (Albornoz *et al*, 2003: 12), incluyendo medidas sobre la disposición de los individuos a utilizar el conocimiento científico en situaciones de la vida diaria. Los resultados de este estudio, además de inspirar las reflexiones de muchos investigadores (véase, por ejemplo, Cámara Hurtado y López Cerezo, 2010, 2014; Polino y Castelfranchi, 2012), allanaron el camino para lo que será el *Manual de Antigua*.

ii) *Manual de Antigua*

El *Manual de Antigua* es una propuesta técnica para medir la percepción social de la ciencia y la tecnología destinada a las encuestas nacionales sobre población

adulta. Se presentó en el IX Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, celebrado en Bogotá, entre el 9 y el 11 de octubre de 2013.

La cultura científica se contempla como un fenómeno multidimensional resultado de un proceso de apropiación social de la ciencia. Al igual que en la encuesta FECYT-OEI-RICYT, la cultura científica se entiende como atributo agregado, así que quizá estemos ante lo que podría ser el primer manual de indicadores de cultura científica a nivel social. Se contemplan cuatro dimensiones –más la demográfica, cinco:

- 1) Institucional: atiende a cómo los individuos ven la conexión de las actividades locales de ciencia y tecnología con la dinámica social y productiva de la sociedad. Incluye indicadores generales sobre cómo la sociedad percibe el sistema científico-tecnológico y qué sabe de él.
- 2) Hábitos informativos y culturales: atiende a cómo los intereses y la información de los ciudadanos influyen en sus actitudes o posicionamientos sobre aspectos específicos de la ciencia y la tecnología. Incluye medidas de interés, combinadas con indicadores de evaluación de la ciencia en los medios de comunicación.
- 3) Actitudes y valores: atiende a la relación entre el conocimiento científico y las actitudes positivas hacia la ciencia. Incluye indicadores de percepción de beneficios y riesgos, y sobre aspectos específicos como la ética, el control público o el impacto económico, social y ambiental, así como de percepción en los científicos y en las instituciones científicas y confianza atribuida.
- 4) Apropiación: contempla también indicadores de disposición a la participación y de hábitos, la disposición a hacer uso del conocimiento científico tanto en situaciones ordinarias como en situaciones extraordinarias de la vida. Incluye indicadores de relevancia atribuida al conocimiento científico, de valoración de la educación científica recibida, de la disposición a hacer uso del conocimiento científico y de conocimientos de ciencia escolar.

A mediados de 2015 se presentó una versión definitiva del *Manual de Antigua*, de modo que es probable que pronto sea publicado, supondrá una alternativa a la hegemonía de las medidas tradicionales de percepción pública de la ciencia, donde el modelo de déficit continúa definiendo la relación entre la ciencia y la sociedad.

iii) *Estudio Internacional de Cultura Científica* de la Fundación BBVA

El *Estudio Internacional de la Cultura Científica*¹⁰⁶ fue realizado por la Fundación BBVA en 10 países de la UE y en Estados Unidos, entre octubre y noviembre de 2011. Este estudio atiende específicamente a dos dimensiones: cognitiva y valorativa (Fundación BBVA, 2012).

La dimensión cognitiva atiende, por un lado, al conocimiento del nivel de interés y el vínculo que establecen los individuos con la ciencia, y por otro, a captar las dimensiones del mapa cognitivo de los ciudadanos. Específicamente:

- 1) El interés, las prácticas y el nivel de cercanía con la ciencia se mide a través de los siguientes indicadores:
 - a) Grado de interés y de información declarada acerca de temas científicos.
 - b) Seguimiento de la información científica a través de los distintos canales de televisión: prensa, Internet, radio.
 - c) Actividades de obtención de información científica (visitas a museos o exposiciones de ciencia y tecnología, asistencia a conferencias sobre ciencia, participación en alguna asociación científica, entre otras).
 - d) Otros vínculos con la ciencia, familiaridad de los temas científicos, y cercanía a los profesionales científicos (preguntas como “¿conoce o trabajó con algún científico?”, “¿tiene amigos o familiares científicos?, etc.).
- 2) El nivel de conocimiento científico a través de:
 - a) Nivel de conocimiento de conceptos y teorías científicas en dos niveles: subjetivo (qué creen saber los ciudadanos sobre ciertos constructos científicos) y objetivo (qué saben realmente los ciudadanos).
 - b) Comprensión del modo en que se genera el conocimiento científico: la ciencia como conocimiento comprobado experimentalmente y publicado.

¹⁰⁶ Realizado en 10 países de la Unión Europea: Italia, España, Austria, República Checa, Polonia, Alemania, Países Bajos, Francia, Reino Unido y Dinamarca; y también en Estados Unidos. A través de 1.500 entrevistas en cada país, un total de 16.500 entrevistados. Población mayor de edad (18 años) por TNS Opinión entre octubre y noviembre de 2011. El estudio ha estado a cargo del Departamento de Estudios Sociales y Opinión Pública de la Fundación BBVA.

- c) Familiaridad con los grandes científicos de todos los tiempos y países.

El objetivo de la dimensión valorativa fue medir las percepciones y valoraciones acerca de la ciencia en su conjunto, de las aplicaciones tecnológicas derivadas de la misma, de las posibles tensiones entre la ciencia y la religión, así como de las expectativas acerca de la ciencia en el medio plazo. Concretamente se utilizaron los siguientes indicadores:

- a) Actitudes generales hacia la ciencia (percepción de facetas positivas y negativas sobre la ciencia).
- b) Las expectativas respecto a la ciencia (expectativas hacia aplicaciones y áreas específicas de la ciencia).
- c) Valoración de los inventos científico-tecnológicos de la era moderna.
- d) Ciencia, ética y religión (percepción sobre el vínculo entre ambos dominios y la incidencia de los mismos en las percepciones sobre el origen del ser humano y el universo).
- e) El apoyo a la ciencia básica; la ciencia como aquella que hace avanzar el conocimiento contra la ciencia orientada a la resolución inmediata de problemas.
- f) Valoración de la carrera científica.

Respecto a la dimensión cognitiva, este estudio está en la línea de sus predecesores, las medidas que utiliza para el conocimiento de los constructos científicos y la comprensión del método científico son muy similares a las de los Eurobarómetros o a los estudios de la NSF. Sin embargo en lo que respecta a la dimensión valorativa, el estudio sí plantea cambios interesantes. En los estudios de percepción social o de comprensión pública de la ciencia es muy frecuente encontrar en los cuestionarios la pregunta acerca del balance de riesgos y beneficios. Por ejemplo, en el último Eurobarómetro la pregunta se formuló en los siguientes términos (EB, 2010: 47 del Anexo: Cuestionario):

QC7.3 I would like to read out some other statements. For each of them, please tell me how much you agree or disagree:

The benefits of science are greater than any harmful effects it may have.

Una pregunta similar se había incluido ya en las encuestas del Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), y sistemáticamente en todas las encuestas realizadas la FECYT (2013: 357)¹⁰⁷.

Si tuviera que hacer un balance de la ciencia y la tecnología teniendo en cuenta todos los aspectos positivos y negativos, ¿cuál de las siguientes opciones que le presento reflejaría mejor su opinión?

- 1) Los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que sus perjuicios.
- 2) Los beneficios y los perjuicios de la ciencia y la tecnología están equilibrados.
- 3) Los perjuicios de la ciencia y la tecnología son mayores que los beneficios.
- 4) No tengo una opinión formada sobre esta cuestión.

En la encuesta de la FECYT-OEI-RICYT se realizó esta misma pregunta pero con un planteamiento novedoso. De la formulación estándar se desprendía que se podía trazar una línea desde los beneficios hasta los perjuicios, y el entrevistado se situaría en algún lugar de la línea dependiendo de cuántos beneficios y cuántos perjuicios percibiera.

La hipótesis de partida en la encuesta FECYT-OEI-RICYT era que beneficios y perjuicios no constituían los extremos de una dimensión, es decir, que la suma de beneficios y perjuicios de la ciencia no era, de algún modo, igual a 100. La necesidad de atender a los perjuicios y a los beneficios como dos dimensiones separadas ya había sido puesta de manifiesto por Miller (2004). Así que en la encuesta de la FECYT-OEI-RICYT se realizaron dos preguntas (FECYT-OEI-RICYT, 2009: 139):

P.14 En general ¿Usted cree que en los próximos veinte años el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos riesgos, bastantes, pocos o ningún riesgo para nuestro mundo?

P.14 En general ¿Usted cree que en los próximos veinte años el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos beneficios, bastantes, pocos o ningún beneficio para nuestro mundo?

El estudio del BBVA no recoge esta pregunta, pero sí mide la percepción de las facetas positivas de la ciencia separadas de las facetas negativas de la ciencia, y

¹⁰⁷ Fue la P.25 en 2012, la P.24 en 2010, la 24 en 2008, la P.13 en 2006, la P.13 en 2004 y la P.15 en 2002.

revela que la sociedad tiene una visión compleja de la ciencia, y aunque predomina la percepción de beneficios, también hay consciencia de los perjuicios. El estudio muestra una correlación positiva entre una mayor cercanía a la ciencia, un nivel alto de conocimiento científico y un mayor nivel de estudios con la percepción de más promesas que reservas, y una correlación positiva entre una menor cercanía a la ciencia, un nivel bajo de conocimiento científico y un menor nivel de estudios con actitudes más reservadas hacia la ciencia.

Los resultados de la encuesta de la Fundación BBVA fueron presentados por Rafael Pardo durante la conferencia “La cultura científica de los españoles desde una perspectiva comparada” en abril de 2014. En ella Rafael Pardo se refirió a la disposición a participar. En las sociedades escandinavas y en Alemania hay una mayor demanda de participación social en la política científica porque el grado de información es mayor, mientras que la demanda, por ejemplo en la población española, era significativamente menor porque la población española estaba menos informada y tenía una imagen muy positiva de la ciencia (Pardo, 2014b). Sentirse más informado y tener una imagen menos acrítica dice Pardo, son condiciones para una mayor participación. Una sociedad con una actitud excesivamente positiva hacia la ciencia mostrará una actitud poco crítica hacia ella.

5.3. Los estudios de la FECYT

En el ámbito español¹⁰⁸, desde 2002 y bienalmente se publica la encuesta de *Percepción social de la ciencia y la tecnología* que realiza la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Estas encuestas están muy influenciadas por los Eurobarómetros, especialmente la de 2006. Suelen estructurarse en seis apartados que atienden a:

- 1) La información, el interés y el conocimiento.
- 2) Los valores asociados a la ciencia y a la tecnología.
- 3) La responsabilidad de los científicos.
- 4) Los niveles de confianza.
- 5) Las vocaciones científicas en los jóvenes.

¹⁰⁸ Para el resto de países, puede consultarse la relación de encuestas de esta índole recogida en Bauer, Shukla y Allum, 2012: 13-15.

6) La investigación científica española.

Es característico de estas encuestas no incluir las clásicas preguntas de alfabetización, de hecho solo se incluyeron en 2006 y en 2014. La FECYT no mide la dimensión cognitiva a través de preguntas de alfabetización. Estas preguntas no se han incluido, según Oscar Montañés Perales (2011a: 101) “debido al descrédito de la noción de *alfabetización científica* y del modelo de déficit implícito en las encuestas, así como del cuestionamiento de la relación lineal entre conocimientos y actitudes”. El autor describe cómo las encuestas de la FECYT analizan “la cultura científica del público mediante la identificación de aquellos rasgos culturales que determinan su imagen de la ciencia” (p. 104), miden cultura científica en cuanto elemento conformador de una cierta imagen de la ciencia.

Sobre la base de las encuestas de la FECYT se han desarrollado varias propuestas de indicadores de cultura científica que se revisan a continuación. Cualquier intento de construir un indicador de esa índole que tome como referencia las encuestas de la FECYT ha de tener en cuenta la limitada comparabilidad de las encuestas, producto de los cambios introducidos en los cuestionarios. Como señala Ana Muñoz van den Eynde (2011) existen dos problemas fundamentales, uno metodológico y otro conceptual. Respecto al primero “las preguntas incluidas en estos estudios son muy generales y presentan afirmaciones aceptadas por la mayoría de la población, motivo por el que no discriminan y no permiten obtener perfiles que contribuyan a identificar las características que definen al posible grupo de referencia” (p. 242), y respecto al segundo “falta un marco teórico adecuado que haya sustentado el diseño y elección de las preguntas” (p. 241).

Un análisis pormenorizado de la comparabilidad de las encuestas reveló que cualquier estudio longitudinal realizado a partir de los datos recogidos por estas encuestas requería de una reflexión previa sobre su viabilidad. El cuestionario utilizado en la realizada en 2002 ha cambiado mucho respecto al cuestionario de 2012, tanto en lo que refiere a las preguntas de investigación como a las preguntas de clasificación. En lo que respecta a las preguntas de investigación, 12 de las 30 que suelen conformar las encuestas son comunes a las seis encuestas, de ellas únicamente dos han permanecido inalterables a lo largo de los cuestionarios, es decir, sin cambios en su metodología o en su enunciado. Respecto a las preguntas de clasificación, de las 15 que suele haber, también son 12 las comunes, pero únicamente cuatro son idénticas.

A esto se le añade, en primer lugar, que en la encuesta de 2002 se informó desde el primer momento a los encuestados de que se pretendía conocer su forma de percibir la ciencia y la tecnología (Muñoz van den Eynde, 2011). En segundo lugar, que las encuestas de 2002 y 2004 no tienen variable de ponderación¹⁰⁹. En tercero, que en las encuestas de 2002, 2004 y 2006 se realizaba una distinción entre si el entrevistado era el cabeza de familia o no, que afectaba a las preguntas que se hacían según el entrevistado se encontrase en una situación u otra. Esto no es problemático para las encuestas de 2002 y 2004 pues se pregunta explícitamente al entrevistado por su situación, pero en el caso de 2006 no sucede así, ya que aunque se mantiene la distinción, no se recogió explícitamente si el encuestado era o no el cabeza de familia. Estas diferencias entorpecen la comparabilidad entre encuestas. Finalmente, a estos problemas metodológicos se suman la falta de uniformidad en la distinción entre no sabe y no contesta, las discrepancias entre las preguntas del cuestionario y la base de datos, los cambios menores en la redacción de los enunciados, en la codificación y en la escala de respuesta, en ocasiones muy acentuados o la inexistencia de algunas preguntas en la base de datos pero sí en el cuestionario. Todo ello siembra dudas constantes sobre la pertinencia de comparar o no dos preguntas que son similares.

La Figura 30 y la Figura 31 que se presentan a continuación muestran un resumen de la relación de las preguntas de todos los cuestionarios de las encuestas de percepción social de la ciencia de la FECYT, y deben entenderse en relación a ellos, ya que la numeración corresponde a cada uno de sus ítems. La primera integración se realizó a principios de 2013 con el doble objetivo de facilitar el diseño de futuros cuestionarios y posibilitar la comparación internacional con otros estudios.

¹⁰⁹ La variable de ponderación permite otorgar distinta importancia a los casos que conforman el archivo de datos. En el caso de las encuestas de la FECYT, permite equilibrar la diferente representación de las comunidades autónomas. Así, aunque hubiera 237 casos de entrevistados censados en Barcelona, y 44 casos de entrevistados censados en Teruel, como sucede en la encuesta de 2002, la variable de ponderación permitiría compensar la infrarrepresentación de Teruel o la sobrerrepresentación de Barcelona.

Figura 30. Análisis de comparabilidad de las preguntas de investigación de los cuestionarios de los cuestionarios de la FECYT series bienales 2002 -2014. (En gris aquellas que su comparación no puede realizarse sin que haya una pérdida de información notablemente significativa).

2014	2012	2010	2008	2006	2004	2002
0a	0a	0a	0a	0a		
0b	0b	0b	0b			
0c	0c	0c	0c	0b	0	0
1	1	1	1	1	1	
2	3	3	3	5	7	1
3	4	4	4	6	8	2
4a	5a	5	5a	9	6a	7a
4b	5b	5b	5b	9b	6b	7b
5	6	6	6	8	9	9
6	7	7	7	7		
7						
8	29	28	29	33		
9	8	8	8	10	5	
10	9	9				
11						
12	10	10	9	30		
13						
14	25	24	24	13	13	15
15						
16	11	11	10	16	15	19
17	12	12	13	19	17	22a
18	13	13	14	20		
19	14	14	11	17		
20	19					
21	18	17	15	21	21	

2014	2012	2010	2008	2006	2004	2002
22	20	19	17	23	33	26
23	21	20	20	25	35	28
24	22	21	21	27	24	23
25	23	22	22			
26	24	23	23	29		
27	26	25	25	31	27	
28					11	13
29	28	27	28		31	
30						
31				34		
						17
				26	36	29
			27	32	28	
			19	24	32	27
		18	16	22	34	
					18	22b
		26	26			
					16a	21
					16b	
			12	18		
				12		
				14		
						10
						11
					22	

2014	2012	2010	2008	2006	2004	2002
						8
					29	
					20	
					23	20
				15b		
	2	2	2			
						18
					19	
	15	15	13	19		
	16	16				
	17					
			18			
				28	25	24
					26	25
	27				30	
				2	2	4
				3	3	5
				4	4	6
						3
				11	10	12
				15a	12	14
					14	16

Elaboración propia.

Figura 31. Análisis de comparabilidad de las preguntas de clasificación de los cuestionarios de los cuestionarios de la FECYT series bienales 2002-2014. (En gris aquellas que su comparación no puede realizarse sin que haya una pérdida de información notablemente significativa).

2014	2012	2010	2008	2006	2004	2002
1	1	1	1	2	1	1
2	2	2	2	3	2	2
3	3	3	3			
4	4	4	4	4	3	3
5	5	5	5	5		
6	6	6	6	6		
7	7	7	7	1	0a	0a
8	8	8	8	7	5	5
8	8	8	8	7		
9	9	9				
10	10	10	10	9	9	9
11	11	11	11	10	6	6
12	12	12	12		7-8	7-8
12	12	12	12	10bis	7-8	7-8
12	12.1	12.1	12a	10a		

2014	2012	2010	2008	2006	2004	2002
12	12.2	12.2	12b	10b		
13	12	13	13	12		10
14						
14b						
14d	14c					
			9	8	0b	0b
					4	4
					10	11
	14	14	14	13		
	14b					
					11	12
				11	7-8	7-8
					7-8	7-8

Elaboración propia.

5.4. Medidas de cultura científica

Gran parte del campo *Public Understanding of Science* lo componen estudios dedicados a analizar los resultados de los cuestionarios de comprensión pública y percepción social de la ciencia. Similar volumen de trabajo se centra en el análisis de los propios cuestionarios. Muchos autores han dedicado parte de su trabajo al análisis de los resultados de los estudios de comprensión social de la ciencia atendiendo también a la metodología empleada en la elaboración de los cuestionarios. Sus contribuciones han abierto una línea de trabajo paralela a los análisis de resultados en virtud de la cual se hace necesario recapacitar sobre la robustez de las imágenes sociales de la ciencia que están funcionando. El análisis de la cultura científica española de Martin W. Bauer se sustenta sobre los resultados de los Eurobarómetros; el indicador desarrollado por Miguel Ángel Quintanilla y otros, está basado en las encuestas de la FECYT; José Antonio López Cerezo y Montaña Cámara Hurtado han centrado su atención en la encuesta iberoamericana.

i) El indicador de cultura científica de Martin W. Bauer

Sobre la base de los datos de los Eurobarómetros de 1989, 1992, 2001 y 2005, Martin W. Bauer y Susan Howard realizaron recientemente un análisis centrado en España, en él distinguen tres dimensiones (Bauer y Howard, 2013):

- 1) “Attention to Science” que combina los siguientes indicadores:
 - *Infodis*: mide la autopercepción de estar informado sobre nuevos descubrimientos científicos.
 - *Intdis*: muestra el interés de los encuestados en los descubrimientos científicos.
 - *Knowledge scale K13*: mide la alfabetización científica del entrevistado a través del número de respuestas correctas a 13 preguntas sobre conocimientos científicos que pueden aparecer en libros de texto, es decir los conocimientos sobre ciencia escolar.
- 2) “Enculturation with Science” combina:
 - *Att1 more confort, healthier*: mide las expectativa de que la ciencia mejorará el bienestar general de los ciudadanos, así como tiene en cuenta los entrevistados que afirmaron estar de acuerdo con la

afirmación “la ciencia y la tecnología están haciendo la vida más fácil y más cómoda”.

- o *Sciact*: que mide la frecuencia de visitas a museos de ciencia y a zoológicos.
- o *Knowledge scale K13*: descrito en la dimensión anterior.

3) “Cultural Progressivism” que combina:

- o *Att3 not enough on faith*: mide el grado de secularización contabilizando a los entrevistados que afirmaron estar de acuerdo con “confiamos demasiado en la ciencia y no lo suficiente en la fe”.
- o *Att9 life changes too fast*: mide el grado de progresismo recogiendo a aquellos entrevistados que rechazaron la afirmación “la ciencia hace que nuestras vidas cambien demasiado rápido”.

Es decir, la atención a la ciencia se refiere a las medidas clásicas de alfabetización –conocimiento, interés e información–, la enculturación con la ciencia incluye percepción de los beneficios de la ciencia combinado con un indicador del interés –las visitas a los museos de ciencia suelen ser tomadas como indicativas del interés por la ciencia–, el progresismo cultural por su parte mide una suerte de mentalidad progresista y secularizada. El informe de Bauer y Howard (2013) es descriptivo y significativamente técnico, otra muestra de que los estudios de cultura científica han quedado confinados a variables, correlaciones y porcentajes.

ii) El índice de cultura de la ciencia de Martin W. Bauer

El Índice de cultura de la ciencia responde a un proyecto de magnitud internacional. Uno de los esfuerzos más enconados de aunar las medidas objetivas del rendimiento científico, como las recogidas por la OCDE o la UNESCO, y las medidas subjetivas de percepción social de la ciencia. Se trata del proyecto “Mapping the Cultural Authority of Science across Europe and India” (MACAS) liderado por Martin. W. Bauer. El libro *The Culture of Science. How the Public Relates to Science Across the Globe* editado por Martin W. Bauer, Rajesh Shukla y Nick Allum y publicado en 2012, tiene su origen en el *International Indicators of Science and the Public*, organizado por la Royal Society en Londres y

celebrado entre el 5 y el 6 de noviembre de 2007, y constituye la agenda del Proyecto MACAS. Básicamente, las líneas maestras de MACAS¹¹⁰ son tres:

- 1) El análisis comparativo de datos existentes sobre actitudes hacia la ciencia mediante el Índice de Cultura de la Ciencia.
- 2) Lograr un mapa de los patrones de noticias científicas.
- 3) Realizar estudios focales que permitan la comparación internacional del uso de la ciencia por parte de los individuos en su vida diaria.

Los indicadores subjetivos que atienden a los climas de opinión, creencias, actitudes, intereses, compromiso, valores, imágenes, etc. nunca se han integrado con las medidas objetivas de input y output empleadas por la OCDE o de la UNESCO. Solo la NSF en Estados Unidos, FAPESP en Brasil y NCAER en India ofrecen simultáneamente indicadores objetivos y subjetivos. Según Bauer existen indicios suficientes que ponen en duda la explicación de la producción científica en términos de factores económicos, “hay países pobres ricos en ciencia y países ricos pobres en ciencia” afirma Bauer (2014: 102). Dado que los factores económicos no son suficientes para explicar la base científica de un país, es necesario construir medidas que atiendan también a las condiciones no económicas.

Shukla y Bauer (2012) han desarrollado una medida que integra indicadores objetivos y subjetivos de la cultura de la ciencia (Figura 32). La distinción de Bauer entre “cultura científica” (indicadores de producción científica) y “cultura de la ciencia” (indicadores de percepción social de la ciencia) correlaciona con su distinción entre medidas objetivas y medidas subjetivas, con STS y PUS. STS (por *Science and Technology Studies*) combina indicadores de rendimiento como gasto en I+D, publicaciones científicas, índice de impacto y citas de revistas científicas, publicaciones científicas, etc. PUS (por *Public Understanding of Science*) combina indicadores de alfabetización científica, actitudes e intereses sociales hacia la ciencia y la tecnología.

¹¹⁰ Disponible en <http://macas-project.com/> [Último acceso: agosto de 2015].

Figura 32. Indicadores objetivos y subjetivos del SCI.

Indicadores de STS	Indicadores de PUS
PIB per cápita	Conocimiento científico
% del PIB destinado a I+D	Actitudes hacia la ciencia y la tecnología
Nº de <i>papers</i> científicos por cada 1.000 doctorados	Interés en ciencia y tecnología
Teléfonos móviles por 1.000 habitantes	Información sobre ciencia y tecnología
Nuevos graduados en ciencia e ingeniería por 1.000 habitantes de entre 20 y 29 años	Participación en actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Elaboración propia. Fuente: Shukla y Bauer, 2012.

Así, el Índice de Cultura de la Ciencia (SCI: *Science Culture Index*) combina medidas de rendimiento de la ciencia (STS) con medidas de comprensión pública de la ciencia (PUS). Shukla y Bauer propusieron dos formulaciones del índice (Shukla y Bauer, 2007: 9-10)¹¹¹:

$$\text{Modelo débil: } \text{SCI} = \text{STS} + \text{PUS} \leftrightarrow a*(\text{STS}) + b*(\text{PUS}) + \text{error}$$

$$\text{Modelo fuerte: } \text{SCI} = \text{STS} \times \text{PUS} \leftrightarrow \ln(\text{SCI}) = a [\ln(\text{STS})] + b [\ln(\text{PUS})] + \text{error}$$

La diferencia entre ambas formulaciones reside en que, en el modelo débil, el índice de la cultura de la ciencia es el resultado del sumatorio de las estructuras objetivas (STS) y de la percepción social (PUS). En casos extremos cuando PUS = 0 la cultura de la ciencia se explica únicamente en términos de rendimiento científico, de igual modo, cuando STS = 0 la cultura de la ciencia se explica exclusivamente en términos de percepciones; ni PUS ni STS son necesarios para la cultura de la ciencia, son lógicamente sustituibles (Shukla y Bauer, 2007). Por el contrario, en el modelo fuerte, el índice de cultura de la ciencia se estipula en función del producto entre las estructuras objetivas (STS) y de la percepción social (PUS). Si PUS = 0, entonces STS = 0. De modo que ambos componentes son necesarios para determinar el *Science Culture Index* SCI (Shukla y Bauer, 2007, 2012).

¹¹¹ También en Shukla y Bauer, 2012 se presenta el índice en su forma débil.

La puntuación de España en STS, PUS, y SCI es respectivamente: 89, 91 y 90. Estos datos sitúan a España en los puestos 18, 26 y 19 del ranking respecto de los tres índices y la colocan en el segundo tramo: competentes¹¹². Sobre la base de los datos de los Eurobarómetros de 1989, 1992, 2001 y 2005, M. W. Bauer realiza un análisis de la cultura de la ciencia más centrado en España (véase Bauer y Howard, 2013; Bauer, 2013) en el que utiliza un indicador de la cultura científica que ya se ha mencionado en el epígrafe anterior 5.4.i.

iii) Índice de cercanía a la ciencia de la Fundación BBVA

Según el estudio de la Fundación BBVA la cercanía a la ciencia correlaciona positivamente con el conocimiento científico y el nivel de estudios, pero es importante tener en cuenta cómo se construye este índice de cercanía a la ciencia para poner los resultados en perspectiva. Para medir el conocimiento científico se utilizaron las medidas tradicionales de alfabetización científica, aunque se añadió una pregunta sobre la familiaridad con ciertos científicos relevantes. El nivel de estudios se midió, como se suele medir en estas encuestas, atendiendo al currículum académico. La cercanía a la ciencia se midió a través de un índice construido mediante los siguientes indicadores (Fundación BBVA, 2012):

- 1) ¿Podría decirme con qué frecuencia lee usted noticias o suplementos en los periódicos sobre temas de ciencia y tecnología?
- 2) ¿Y con qué frecuencia oye programas de radio dedicados a temas de ciencia y tecnología?
- 3) ¿Y con qué frecuencia ve programas de televisión dedicados a temas de ciencia y tecnología?
- 4) ¿Y con qué frecuencia busca o sigue informaciones sobre temas de ciencia y tecnología en Internet?
- 5) ¿Podría decirme con qué frecuencia forman parte de sus conversaciones con familiares, amigos o compañeros de trabajo temas de ciencia y tecnología?

¹¹² El ranking lo componen 32 países europeos y 27 estados indios, 59 en total. Se organizan en cuatro tramos en función de su puntuación en SC: “Líderes” del puesto número 1 al 12, “competentes” del 13 al 27, “potenciales” del 28 al 41 y “aspirantes” del 42 al 55 (véase Shukla y Bauer, 2012).

- 6) En los últimos 12 meses, ¿ha visitado Ud. por lo menos una vez un museo de ciencia y tecnología?
- 7) ¿Podría decirme cuál de las siguientes situaciones se aplica a su situación personal?
 - a) Ha visto algún vídeo dedicado a temas de ciencia o tecnología en los últimos 12 meses.
 - b) Ha leído algún libro dedicado a temas de ciencia o tecnología en los últimos 12 meses.
 - c) Ha asistido a alguna conferencia o charla sobre temas científicos o tecnológicos en los últimos 12 meses.
 - d) Es miembro de una asociación científica
 - e) Ha leído alguna revista de ciencia o tecnología en los últimos 12 meses
 - f) Ha realizado a través de Internet una visita virtual a algún museo de ciencia y tecnología en los últimos 12 meses
 - g) Ha descargado de Internet algún artículo sobre ciencia y tecnología en los últimos 12 meses
 - h) Ha participado a través de Internet en alguna conferencia, charla o foro sobre temas científicos o tecnológicos en los últimos 12 meses
- 8) Se licenció en una carrera científica: física, química, matemáticas, biología, ingeniería, medicina, etc.
- 9) Ha considerado en alguna ocasión la posibilidad de dedicarse a una carrera vinculada a la ciencia
- 10) Está trabajando o ha trabajado en alguna ocasión como científico/a
- 11) Tiene un familiar que es científico/a
- 12) Tiene un amigo/a que es científico/a
- 13) Ha conocido personalmente a algún científico/a

Según este índice, una sociedad con una cercanía del cien por cien será una sociedad cuyos individuos leen, escuchan, ven y buscan contenidos científicos con mucha frecuencia en diferentes formatos, que asisten a conferencias científicas y visitan museos de ciencia y tecnología, que charlan sobre temas de ciencia y tecnología con sus amigos y familiares científicos, y que además se han licenciado en una carrera científica o están considerando hacerlo. Es decir, una sociedad con una cercanía del cien por cien será una sociedad cuyos individuos sean científicos. En la presentación de los resultados de la encuesta, durante la ronda de preguntas del estudio, se le preguntó a Rafael Pardo,

Director del estudio, por el sesgo cientificista de la encuesta¹¹³, su respuesta fue que hay una enorme variabilidad de imágenes sobre los científicos que están circulando en la sociedad, pero el tamaño de la muestra cancela las especificidades (Pardo, 2014b).

Contrasta este indicador con la concepción de la cultura científica de Pardo según la cual estamos ante un concepto que “en el sentido de las ciencias sociales, denota, no solo conocimientos, sino también elementos materiales [...], prácticas sociales [...], símbolos, líderes y personalidades, instituciones científicas, ideas y creencias generales [...], esquemas o ‘frames’ conceptuales sobre objetos específicos [...], valores [...] y, también, constructos psicosociales.” (Pardo, 2014a: 62).

iv) La medida de distancia cultural de Gauhar Raza y Surfit Singh

Gauhar Raza y Surfit Singh (2012; Raza, Singh y Dutt, 2002) han propuesto una medida de la distancia cultural (*cultural distance*) que definen como:

[...] the distance that a worldview, an attitude, a perception or an idea generated within one cultural context, travels on a time scale, for its democratization within the thought structure of the other cultural group/s. (Raza y Singh, 2012: 285).

Con esta medida los autores intentaban posicionar ciertas nociones cotidianas sobre fenómenos naturales como más o menos alejadas de su formulación científica. Los factores determinantes de la magnitud de la distancia cultural son (Raza, Singh y Dutt, 2002; Raza y Singh, 2012):

- 1) La complejidad involucrada en la explicación de un fenómeno.
- 2) La duración del ciclo de vida del fenómeno.
- 3) El control que un individuo o colectivo puede ejercer.
- 4) La intensidad con la que un fenómeno puede influir en la vida cotidiana de los individuos.

La medida de distancia cultural se concreta en el promedio de años de escolaridad cuando el 50% de una población da respuestas correctas a una pregunta que evalúa la familiaridad con un concepto científico. Ejemplos de esas preguntas son: ¿cuál es la forma de la Tierra?, ¿por qué hay día y noche?, ¿qué

¹¹³ Pardo, 2014b. Minuto 13:00 del turno de preguntas.

causa un eclipse?, ¿qué es la Vía Láctea? (Raza y Singh, 2012). El estudio se llevó a cabo en varias ciudades de la India, durante un evento cultural-religioso, y se realizó en 2001, 2004 y 2007. En base a sus resultados los autores afirmaron que la comprensión pública de la ciencia en la India se había incrementado notablemente en los últimos seis años, dando lugar a una reducción de la distancia cultural respecto de las nociones científicas que se habían evaluado. Para los autores, un mapa de la distancia cultural podría ser útil para diseñar estrategias efectivas de comunicación de la ciencia pues muestra en qué medida las ideas, los conceptos o las teorías científicas calan en la vida diaria de los individuos. Frente a las medidas estandarizadas, esta medida no segmenta la población por su grado de alfabetización científica, a la par que explica la resistencia a ciertas nociones científicas en términos de distancia cultural (Raza y Singh, 2012).

La medida de la distancia cultural toma como referencia la familiaridad de la sociedad con un cuerpo de conocimientos científicos. La distancia cultural de una sociedad será mayor cuanto menor sea la absorción de las visiones del mundo procedentes de la ortodoxia científica. Un problema que se presenta es que cuanto menor es la distancia cultural, más difícil se vuelve seleccionar qué ítems o conceptos científicos deben servir como parámetro. No puede ser lo mismo preguntar por la forma de la Tierra en la India, donde el grado de analfabetismo es diferente del de Finlandia, por ejemplo. La medida de la distancia cultural es en el fondo una medida de alfabetización que se establece en relación a la ciencia escolar, es una medida de impregnación del conocimiento científico.

v) La actitud global hacia la ciencia de Miguel Ángel Quintanilla y Modesto Escobar

Desde hace tiempo, los autores Miguel Ángel Quintanilla y Modesto Escobar (2005), así como Cristóbal Torres Albero (2009) y Oscar Montañés Perales (2011a), entre otros, vienen trabajando en el desarrollo de un indicador de cultura científica denominado índice de Actitud Global hacia la Ciencia (AGC). Sus fundamentos teóricos toman como referencia la distinción de Jesús Mosterín (1993) respecto a los tipos de información y la distinción entre componentes intrínsecos y extrínsecos de Miguel Ángel Quintanilla (1998).

Según Mosterín “la cultura es la información transmitida (entre animales de la misma especie) por aprendizaje social” (1993: 32). Mosterín contempla tres tipos de información (Mosterín, 1993):

- 1) Representacional o descriptiva: la información puede ser verdadera o falsa, es información sobre las características y propiedades del mundo, e incluye representaciones, creencias, opiniones, imágenes, símbolos y conocimiento –de carácter individual o colectivo– acerca del mundo natural o social.
- 2) Práctica u operacional: la información puede ser eficaz o ineficaz, es información acerca de cómo hay que actuar, e incluye reglas o normas de comportamiento y acción que se pueden materializar en diversas clases de habilidades, hábitos y pautas efectivas de actuación.
- 3) Valorativa: es información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes, o valiosos, y permite configurar sistemas de preferencias individuales o sociales, que incluyen fines (objetos o estados de cosas que se consideran dignos de ser conseguidos) y valores (criterios en virtud de los cuales se justifican los fines).

Quintanilla (1998) propuso una distinción entre cultura-técnica-incorporada y cultura-técnica-no-incorporada que ha sido la base para la distinción entre una cultura científica intrínseca y una cultura científica extrínseca (Montañés Perales, 2011a, 2011b). Según Quintanilla, la cultura técnica de un grupo social es el conjunto de rasgos culturales –representaciones, reglas y valores; los componentes distinguidos por Mosterín (1993)– relacionados con los sistemas técnicos¹¹⁴.

En este marco, los componentes representacionales de la cultura técnica son los contenidos, las creencias y las representaciones conceptuales o simbólicas sobre las técnicas y sobre los sistemas técnicos; los componentes prácticos son las reglas y pautas de comportamiento, los hábitos y los conocimientos operacionales referidos a sistemas técnicos; por último, los componentes valorativos son los objetos, valores y preferencias relativos al

¹¹⁴ Un sistema técnico es, en palabras de Quintanilla: “un sistema intencional de acciones en el que, además del subconjunto de agentes intencionales del sistema que conciben los objetivos y actúan para conseguirlos, existe al menos un subconjunto de componentes [...] que son objetos concretos y cuya transformación o manipulación forma parte de los objetivos intencionales del sistema” (Quintanilla, 2005: 89).

diseño, adquisición y uso de sistemas técnicos y conocimientos técnicos (Quintanilla, 1998). Sobre la base de esta distinción, la cultura científica:

1) Intrínseca, es la cultura que forma parte de las actividades científicas propiamente dichas. Incluye:

- Los conocimientos científicos pertenecientes a cada una de las áreas y campos de investigación, desde los simples datos hasta las teorías sometidas a debate entre los científicos, así como los hechos observados y descubiertos por estos, las interpretaciones y explicaciones científicas de los fenómenos naturales y sociales, etc. (información representacional o descriptiva).
- Las reglas que subyacen a distintas habilidades y técnicas propias de la ciencia, la capacidad para manejar una notación o un lenguaje, las normas del método científicos, las reglas de actuación en la investigación empírica y en la comunicación científica de los resultados de la investigación, recompensas y sanciones, prácticas sociales o comunitarias, prescripciones y proscipciones, etc. (información práctica u operacional).
- Los valores y los criterios de valoración que se supone deben guiar la investigación y la actividad científica en general: objetividad, imparcialidad, coherencia, rigor, precisión, honestidad intelectual, búsqueda de la verdad, autonomía, consistencia, validez, capacidad predictiva, actitud crítica, universalidad, comunicabilidad, libertad de pensamiento, de crítica, y de investigación, etc. (información valorativa).

2) Extrínseca, comprende todos aquellos componentes representacionales, prácticos y valorativos que se refieren a actividades, instituciones y personas científicas pero que no son parte de la cultura científica intrínseca.

- La imagen pública, a nivel individual o social, de la ciencia, ya sea concebida como expresión máxima de la racionalidad humana, como instrumento de poder de comunicación, como el principal garante del bienestar de la humanidad o como mayor amenaza para la vida en la Tierra, se incluyen también las representaciones, como las ofrecidas

por materias como la filosofía, la historia, la sociología, la ética, la política, la economía, la religión, etc. (información representacional o descriptiva).

- o La regulación jurídica y política de las instituciones científicas, y de la aplicación del conocimiento y de los desarrollos tecnológicos obtenidos mediante la práctica científica. Las pautas que guían los diferentes usos que los individuos hacen de la información y de la práctica científica –incluidas también aquellas actividades que forman parte de iniciativas relacionadas con la percepción, la comprensión, la comunicación pública de la ciencia, así como al promoción de la participación ciudadana en actividades de vinculadas a la ciencia (información práctica u operacional).
- o Las valoraciones desde el punto de vista cultural, moral, político, religioso, económico, etc. (información valorativa).

El grado de alfabetización científica será el resultado del subconjunto de rasgos culturales que comparte con el conjunto de los que constituyen la cultura científica, así como de las conexiones que establece entre los mismos. Atendiendo a su proceso de asimilación se diferencian dos tipos de rasgos:

- 1) Los que pasan a formar parte del bagaje de un individuo mediante un proceso de comprensión, instrucción o aprendizaje específico, ya sea formal o no formal, relacionado con la ciencia.
- 2) Los que no son 1.

El indicador AGC está conformado por estas tres escalas: Interés, Información y Valoración (Figura 33). Cada elemento de esta tríada se construye sobre la base del promedio de puntuaciones obtenidas en diferentes preguntas de los cuestionarios de las encuestas de percepción social de la ciencia de la FECYT. El indicador AGC se aplicó sobre la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia de la FECYT – 2004 (FECYT, 2005). Concretamente:

Figura 33. Preguntas utilizadas para la construcción de las escalas que conforman el AGC.

Indicador AGC	Percepción Social de la Ciencia FECYT (2005)
Escala de interés	P.7
Escala a de información	P.8
Escala de Valoración	P.9 P.10 P.12 P.16a

Elaboración propia: Fuente Quintanilla y Escobar, 2005.

Las Figuras Figura 34, Fuente: FECYT, 2005; Quintanilla y Escobar, 2005.

Figura 35 y Fuente: FECYT, 2005; Quintanilla y Escobar, 2005.

Figura 36 se refieren las preguntas completas que se tuvieron en cuenta para construir el AGC porque su análisis permite mostrar la concepción de la cultura científica que se desprende.

Figura 34. Escala de interés del AGC.

Promedio de puntuaciones obtenidas en al menos dos de los tres ítems referidos a ciencia/tecnología, medicina y medio ambiente de la P.7 (Dichos ítems se han resaltado en negrita).

P.7 Ahora me gustaría saber hasta qué punto está Ud. interesado en cada uno de estos mismos temas. ¿Está muy interesado, bastante interesado, poco interesado o nada interesado? (ESCALA: 5 = muy interesado, 4 = bastante interesado, 3 = posicionamiento intermedio (no leer), 2 = poco interesado, 1 = nada interesado.)

Alimentación y consumo

Astrología y ocultismo

Ciencia y tecnología

Cine y espectáculos

Arte y cultura

Deportes

Educación

Medicina y salud

Medio ambiente y ecología

Política

Viajes y turismo

Vidas de famosos

Economía	Sucesos
----------	---------

Fuente: FECYT, 2005; Quintanilla y Escobar, 2005.

Figura 35. Escala de información del AGC.

Promedio de puntuaciones obtenidas en al menos dos de los tres ítems referidos a ciencia/tecnología, medicina y medio ambiente de la P.8 (Dichos ítems se han resaltado en negrita).

P.8 Ahora me gustaría saber hasta qué punto se considera Ud. informado sobre cada uno de los temas que le voy a leer. ¿Está muy informado, bastante informado, poco informado o nada informado? (ESCALA: 5 = muy informado, 4 = bastante informado, 3 = posicionamiento intermedio (no leer), 2 = poco informado, 1 = nada informado.)	
Alimentación y consumo	Educación
Astrología y ocultismo	Medicina y salud
Ciencia y tecnología	Medio ambiente y ecología
Cine y espectáculos	Política
Arte y cultura	Viajes y turismo
Deportes	Vidas de famosos
Economía	Sucesos

Fuente: FECYT, 2005; Quintanilla y Escobar, 2005.

Figura 36. Escala de valoración del AGC.

Promedio de las puntuaciones obtenidas en los siguientes ítems:

- a) Pregunta 9. Promedio de valoraciones (si se dan al menos dos respuestas válidas) de las profesiones de médico, científico, ingeniero e informático (ítems resaltados en negrita).

P.9 A continuación, nos gustaría que nos dijera en qué medida valora y aprecia cada una de las profesiones o actividades que le voy a leer. ¿Diría Ud. que las valora y aprecia mucho, bastante, poco o nada? (ESCALA: 5 = mucho, 4 = bastante, 3 = regular (no leer), 2 = poco, 1 = nada.)	
Abogados	Jueces
Artistas plásticos	Médicos
Científicos	Periodistas

Deportistas	Políticos
Empresarios	Profesores
Informáticos	Religiosos
Ingenieros y arquitectos	Videntes y curanderos

b) Pregunta 10. Promedio de valoraciones positivas (al menos dos respuestas válidas) de la ciencia y a tecnología (ítems resaltados en negrita).

P.10 A continuación me gustaría leerle algunas afirmaciones. Me gustaría que me dijera hasta qué punto está Ud. de acuerdo o en desacuerdo con cada una de ellas. ¿Está muy de acuerdo, bastante de acuerdo, bastante en desacuerdo o muy en desacuerdo con cada una de ellas?

Atribuimos demasiado valor al conocimiento científico en comparación con otras formas de conocimiento.

La ciencia proporciona el mejor y más fiable conocimiento sobre el mundo.

La investigación científica y la tecnología ayudarán a curar enfermedades como el sida, el cáncer, etc.

Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología han generado importantes riesgos para la salud.

Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología están haciendo que se pierdan puestos de trabajo.

Gracias a la ciencia y la tecnología habrá más oportunidades de trabajo para generaciones futuras.

Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología están creando un estilo de vida artificial e inhumana.

La ciencia y la tecnología están haciendo que nuestras vidas sean más fáciles y cómodas.

La ciencia y la tecnología ayudarán a acabar con la pobreza y el hambre en el mundo.

La ciencia y la tecnología están aumentando las diferencias entre los países ricos y los países pobres.

La ciencia y la tecnología contribuyen a mejorar el medio ambiente.

Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología están creando graves problemas para el medio ambiente.

La ciencia y la tecnología no se interesan por las verdaderas necesidades sociales.

La ciencia y la tecnología permiten que todos tengamos una vida más sana.

- c) Pregunta 12. Promedio de puntuaciones en las respuestas (mínimo dos válidas a los ítems que suponen una imagen positiva de la ciencia o la tecnología (ítems resaltados en negrita).

P.12 A continuación voy a leerle una serie de términos distintos. Para cada uno de ellos, dígame el grado en que los asocia con la ciencia y la tecnología. ¿Diría Ud. que lo asocia totalmente, lo asocia bastante, lo asocia poco o no lo asocia en absoluto? (ESCALA: 5 = totalmente, 4 = bastante, 3 = regular (no leer), 2 = poco, 1 = en absoluto).

Progreso	Participación
Deshumanización	Elitismo
Riqueza	Poder
Desigualdad	Dependencia
Eficacia	Bienestar
Riesgos	Descontrol

- d) Pregunta 13. Balance global de beneficios y perjuicios de la ciencia y la tecnología (recodificada 1 = 2; los beneficios son mayores que los perjuicios; 2 = 0: están equilibrados; 3 = -2: los perjuicios son mayores que los beneficios).

P.13 Si tuviera Ud. que hacer un balance de los aspectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología, ¿cuál de las opciones que le presento reflejaría mejor su opinión?

Teniendo en cuenta todos los aspectos, los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que los perjuicios	1 (+2)
Teniendo en cuenta todos los aspectos, los beneficios y los perjuicios de la ciencia y la tecnología están equilibrados	2 (0)
Teniendo en cuenta todos los aspectos, los perjuicios de la ciencia y la tecnología son mayores que los beneficios	3 (-2)

- e) Pregunta 16a: La ciencia como prioridad política del gobierno (recodificada 1 = 2: una de las principales prioridades; 2 = 0: una entre otras; 3 = -2: no debe ser especialmente prioritaria).

P.16a ¿Cree Ud. que la investigación científica y tecnológica en España debería ser...?	
Una de las principales prioridades del Gobierno	1 (+2)

Una prioridad entre otras	2 (0)
No debería ser especialmente prioritaria	3 (-2)

Fuente: FECYT, 2005; Quintanilla y Escobar, 2005.

Así un valor alto en la escala de AGC dibuja el siguiente perfil:

- 1) Un significativo interés por la ciencia y tecnología, la medicina y salud y el medio ambiente; así como la percepción de estar bien informado sobre esos temas.
- 2) Una valoración positiva de las profesiones de médico, científico, ingeniero e informático.
- 3) La consideración de que la ciencia proporciona el mejor y más fiable conocimiento sobre el mundo, y que, junto a la tecnología, permiten una vida más sana, generarán más oportunidades de trabajo para generaciones futuras, ayudarán a curar enfermedades como el sida, el cáncer, etc. y en definitiva a acabar con la pobreza y el hambre en el mundo.
- 4) La asociación de la ciencia a valores como el progreso, la riqueza, la eficacia, la participación, el poder o el bienestar.
- 5) El reconocimiento de que los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que los perjuicios.
- 6) Y finalmente, el convencimiento de que la investigación científica y tecnológica en España debe ser una de las principales prioridades del Gobierno.

Un valor bajo en la escala de AGC dibuja el perfil opuesto. Si bien el AGC se presenta como un indicador de una actitud general hacia la ciencia, los autores se refieren a él como un indicador de la cultura científica, de hecho su artículo se titula “Un indicador de cultura científica para las comunidades autónomas”. El AGC permite situar a las autonomías españolas en una escala según se acerquen o alejen al perfil que se acaba de describir. En el artículo refieren “entender la cultura científica como el conjunto de representaciones, pautas de comportamiento y actitudes o valores que los miembros de un grupo social tienen en relación con la ciencia y la tecnología, [...] un componente esencial de la cultura científica así entendida debe ser el conjunto de intereses, opiniones y valoraciones que pueden configurar una ‘actitud global hacia la ciencia’ por parte de la población de un país”. (Quintanilla y Escobar, 2005: 223). Las afirmaciones “los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que los

perjuicios” y “que la investigación científica y tecnológica en España debería ser una de las principales prioridades del Gobierno” están vinculadas a una percepción positiva de la ciencia, y por ello tienen un valor aditivo en el AGC. Al contrario, afirmaciones como “los perjuicios de la ciencia y la tecnología son mayores que los beneficios” y “no debería ser especialmente prioritaria” restan, y se vinculan con una actitud global hacia la ciencia negativa. Una actitud de apoyo a la ciencia se asocia con una percepción positiva de la ciencia, y una actitud de rechazo se asocia con una percepción negativa.

No obstante, como han señalado diversos autores (Bauer, Allum y Miller, 2007; Bauer, 2009; Pardo, 2014b) existen dudas razonables sobre la vinculación causal entre percepciones negativas y actitudes de rechazo. El rechazo o el recelo hacia la ciencia pueden estar motivados por una actitud crítica que no es incompatible con una percepción positiva de la ciencia. Sería interesante construir el AGC desde la perspectiva de su perfil opuesto, de modo que permitiera situar a las comunidades autónomas, no respecto a su cercanía a una actitud positiva y de apoyo a la ciencia, sino a su cercanía a una actitud negativa y de rechazo. Es necesario indagar, como afirma Rafael Pardo (2014b), en la relación entre una percepción positiva de la ciencia y una actitud crítica con la ciencia.

Posteriormente los autores presentaron lo que denominan una versión mejorada del AGC (Quintanilla *et al*, 2011) que excluye los rasgos 3, 4 y 5. Los motivos de esta exclusión responden a la inexistencia de preguntas análogas en los sucesivos cuestionarios. En esta versión, las preguntas que se tuvieron en cuenta para el AGC corresponden a las realizadas para la *Encuesta de Percepción Social de la Ciencia de la FECYT–2008*. Para la escala del Interés se toma la pregunta P.3 (correspondiente con la P.7 del cuestionario de 2004 y la 3 del cuestionario de 2008); para la escala de la Información, la pregunta P.4 (correspondiente con la P.8 del cuestionario de 2004 y a la 4 del cuestionario de 2008); y para la escala de Valoración la pregunta P.24 (correspondiente con la P.13 del cuestionario de 2004 y la 24 del cuestionario de 2008) y la pregunta P.6 (correspondiente con la P.9 del cuestionario de 2004).

Recientemente, el equipo liderado por Quintanilla presentó un indicador de cultura científica más complejo (Santos, 2013). Toma como fuentes las encuestas de la FECYT, el contenido en prensa en relación con la ciencia, los contenidos científicos de la Wikipedia y la transmisión de la ciencia en los libros de texto. Para el caso de las encuestas el equipo ha desarrollado un Indicador de

Cultura Científica Extrínseca Operacional (CEO) y un indicador de Cultura Científica Extrínseca Valorativa (CEV) (Figura 37).

- 1) El CEO toma como referencia las preguntas de las encuestas que recogen información sobre el tipo de fuentes de información que utilizan los entrevistados para informarse, prestando especial atención a Internet; el número de visitas a museos de ciencia y tecnología y a la postura respecto a la inversión de dinero público en ciencia y tecnología.
- 2) El CEV toma como referencia las preguntas de las encuestas que recogen información sobre el interés declarado por el entrevistado en ciencia y tecnología, la valoración de diversas profesiones relacionadas con la ciencia, las atribución de ventajas o desventajas de la ciencia y la tecnología en ciertos temas, la postura respecto a cómo debe ser la inversión de dinero público en ciencia y tecnología por parte del Gobierno, la imagen de la profesión investigadora y, finalmente, la valoración de los beneficios frente a los prejuicios de la ciencia.

Figura 37. Preguntas de referencia para el CEO / CEV.

CEO	CEV
Fuentes de información Uso de Internet como fuente de información Visitas a museos de ciencia y tecnología Inversión de dinero público en ciencia y tecnología	Interés en ciencia y tecnología Valoración de profesiones relacionadas con la ciencia Atribución de ventajas o desventajas de la ciencia Inversión del dinero público en ciencia y tecnología Valoración de beneficios frente a prejuicios

Elaboración propia. Fuente: Santos, 2013.

Si el AGC fuese un indicador de una actitud general hacia la ciencia, sea cual sea esta, podría ponerse en duda su metodología, la selección de preguntas sobre las que se basa, etc., pero si se aceptan los principios sobre los que está construido, permite situar a las comunidades autónomas en una escala de actitud global hacia la ciencia. Sin embargo, existe una cierta identificación del

AGC con un indicador de cultura científica. Aunque en el texto del artículo los autores, Quintanilla y Escobar (2005), en ningún momento se refieren a él como tal, sí titulan su artículo “Un indicador de cultura científica para las comunidades autónomas” y en un artículo posterior sí lo hacen de forma explícita. Los autores señalan que “el índice AGC pretende resumir en una sola magnitud una medida del grado en que la cultura científica de un colectivo se acerca o se aleja de un patrón.” (Quintanilla *et al*, 2011: 155).

El uso del AGC, entendido como indicador de la cultura científica, está presente también en Cristóbal Torres Albero (2009), quien realiza un estudio de cultura científica en las comunidades autónomas tomando como referencia el AGC, pero al que se refiere como “índice global de cultura tecnocientífica” (Torres Albero, 2009: 152). Torres Albero construye este índice siguiendo los criterios metodológicos de los autores del AGC, pero introduciendo algunas modificaciones¹¹⁵ que no afectan a la validez del constructo ni lo modifican especialmente, de modo que el perfil que dibuja es similar al del AGC.

En la línea de Mosterín y Quintanilla, Montañés Perales (2011a) resalta que medir la realidad científica que posee un individuo implica medir la información representacional, la operacional y la valorativa sobre la ciencia tanto a nivel individual como a nivel social. Según el autor, los indicadores existentes no proporcionan suficientes datos sobre estos tres elementos de la cultura científica tanto a nivel intrínseco como extrínseco. En lo que respecta al nivel intrínseco, señala que las preguntas de conocimiento o de alfabetización deberían mantener una conexión significativa con otros rasgos de la cultura científica escrutados en los cuestionarios. Se trataría de tener en cuenta las preguntas existentes sobre ciencia escolar ya que permitirían obtener una idea general de la evolución del nivel de conocimiento que examinan cuando se contrastan los resultados con abundantes datos acumulados. También aboga por la inclusión de preguntas sobre ciencia actual, que pueden ser un indicador de conocimientos y del seguimiento público de la información ofrecida por los medios de comunicación, así como de la eficiencia de estos en el desempeño de

¹¹⁵ Las preguntas corresponden a las realizadas para la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia de la FECYT – 2008 (FECYT, 2009). Para la escala del Interés se toma la pregunta 3 (correspondiente con la P.7 del cuestionario de 2004) pero solo el ítem ciencia/tecnología; para la escala de la Información, la pregunta 4 (correspondiente con la P.8 del cuestionario de 2004) pero solo el ítem ciencia/tecnología; y para la escala de Valoración la pregunta 24 (correspondiente con la P.13 del cuestionario de 2004).

su labor. Concretamente, en el caso de la cultura tecnocientífica intrínseca, atiende específicamente a la dimensión epistémica y a la dimensión valorativa. Respecto a las preguntas por los conocimientos sobre los procesos y métodos de la ciencia propone no restringir las preguntas a cuestiones sobre la práctica empírica o a las habilidades cognitivas de carácter práctico que poseen los científicos (preguntas sobre probabilidad, experimento y estudio científico), sino incluir preguntas sobre los métodos y procesos mediante los cuales la comunidad científica valida u otorga legitimidad al conocimiento científico, ya que permitiría analizar en qué medida se comprenden los rasgos básicos que otorgan a ese conocimiento una preeminencia epistemológica de la que carecen otros discursos. Respecto a las preguntas por la información valorativa, afirma que apenas han tenido cabida en los cuestionarios, y propone la evaluación de la percepción por parte de la sociedad de los valores más destacados en la empresa científica. En lo que respecta a la cultura tecnocientífica extrínseca, se circunscribe al análisis de los contenidos de los bloques primero y tercero de la estructura tradicional de las encuestas¹¹⁶.

vi) La escalera de la cultura científica de Montaña Cámara Hurtado y José Antonio López Cerezo

De acuerdo con la visión de José Antonio López Cerezo y Montaña Cámara Hurtado (2005, Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008) la cultura científica está conformada por aquello que el individuo incorpora a través de la apropiación de contenidos científicos y meta-científicos, de las actitudes hacia la ciencia que muestra y de la disposición a la acción en asuntos relacionados con temas de ciencia y tecnología. En este proceso de enculturación científica el sujeto desempeña un papel activo, no es un sujeto entendido como un mero receptor pasivo de los elementos cognitivos, sino que estos deben integrarse en el sistema de creencias y actitudes previas en el individuo y guardan relación con el componente comportamental del receptor de los contenidos, que debe ajustarse

¹¹⁶ Bloque I: análisis del interés del público en la ciencia, evaluación que hace de la información que cree tener sobre ella y exploración de distintas fuentes a las que recurre para informarse.
Bloque II: comprensión pública de la ciencia, evaluación de los conocimientos sobre una serie de términos y conceptos y sobre los procesos propios de la ciencia.
Bloque III: actitudes hacia diversas cuestiones relacionadas con la ciencia, como la política científica o su financiación. En las encuestas de la FECYT no se incluyen preguntas vinculadas al segundo bloque excepto en 2006 y en 2014.

como consecuencia de una recepción significativa. La concepción de la cultura científica de estos autores contempla las dimensiones tradicionales e incorpora la dimensión comportamental, entendida como la disposición por parte de los individuos a modular su comportamiento de un modo u otro, o de ninguno, como resultado de la reorganización de los elementos cognitivos, las creencias y las actitudes en la cabeza de los sujetos. El peso que depositan en los comportamientos se evidencia en la definición de la cultura científica *significativa* (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008) como un proceso de adquisición que tiene lugar en el individuo, y que:

[...] no solo consiste en su enriquecimiento cognitivo, sino también en el reajuste de sus sistema de creencias y actitudes, y especialmente en la generación de disposiciones al comportamiento, basadas en información científica, tanto en situaciones ordinarias de la vida como en situaciones extraordinarias. (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008: 64).

La atención hacia las disposiciones comportamentales, por parte de estos autores, responde a una visión crítica de la ciencia y de la sociedad y de la relación entre ambas, de la dicotomía expertos-legos y de la comunicación entre ambos. Incorporando a su perspectiva las limitaciones del modelo lineal de comunicación de la ciencia (véase Bucchi, 2008) que destacan diferentes autores, López Cerezo y Cámara Hurtado (2009) señalan que el proceso de comunicación de los contenidos científicos no puede reducirse a la trasmisión aproblemática y lineal de la información científica de los expertos a los legos. La comunicación de la ciencia es “un proceso mucho más complejo que una simple cuestión de alcanzar cierto nivel de competencia, registrable mediante test, en una escala unidimensional” (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2009: 82). Los elementos cognitivos deben integrarse en el sistema de creencias y actitudes preexistentes en el individuo y convivir con las confianzas, los celos, las emociones, las expectativas, los valores y demás componentes psicológicos. Todos ellos tienen efecto en la conducta de los individuos ante la toma de decisiones. El proceso de transmisión de cultura científica, afirman, “más que amoldar los legos al mundo de la ciencia, trata de acomodar dos culturas, la de los expertos y la de los ciudadanos” (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2009: 82). Los autores entienden que la generación de conductas es relevante en los mecanismos de participación ciudadana. Los cambios conductuales derivados de la apropiación del conocimiento científico, ya sea en circunstancias excepcionales de la vida o en las rutinas cotidianas, deben ser tenidos en cuenta en la reflexión sobre la cultura científica (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2009).

Atienden así a tres dimensiones, distintas de las tradicionales – conocimiento, valores y actitudes– que son: la dimensión epistémica, la actitudinal y la comportamental. Su propuesta amplía la concepción clásica pues la dimensión epistémica incluye los conocimientos básicos de los hechos científicos, pero también los metacientíficos y las creencias, al mismo tiempo cobija valores y actitudes bajo la dimensión actitudinal y, finalmente, pone el foco en la disposición a la acción, como consecuencia de la interacción de las dimensiones previas. El alcance de esta concepción se revela en la propia descripción de los autores:

Una cultura científica «significativa» es una cultura crítica y personalizada, es el conocimiento no sólo de los hechos y potencialidades de la ciencia sino también de sus incertidumbres, de sus riesgos, y de los interrogantes éticos que plantea. Son elementos propios del complejo multidimensional que llamamos «ciencia». Es conciencia acerca del uso político de la ciencia en la arena pública, de su carácter de ciencia reguladora en la gestión, aunque también de la necesidad de la información científica para disponer de los mejores elementos de juicio. [...] Mas esa cultura personalmente significativa también cabe esperar que posea un componente disposicional: es ser capaz y tener la costumbre de hacer uso de esa información al tomar decisiones de compra en el supermercado o en la exposición a una tecnología médica, como consumidor, como padre, como empresario o como trabajador. La cultura en general, y también la cultura científica, no puede ser considerada de un modo pasivo: como algo que los gestores del conocimiento proveen y los ciudadanos reciben. Requiere asimilar esa información en el enriquecimiento de la propia vida, generando no sólo opiniones sino también actitudes y disposición a la acción. La adquisición significativa de cultura científica supone la modificación de los sistemas de creencias de los individuos y sus pautas de comportamiento. Incluye interés por los temas de ciencia y tecnología, tendencia a la implicación en debates relacionados con efectos sociales de la ciencia y la tecnología, pero también nuevas formas de regular la conducta como consumidor en el supermercado o como usuario del sistema de salud. (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005: 35-36).

Gran parte del trabajo de estos autores se ha circunscrito a la cultura científica como atributo individual, a su medición y a su promoción, pero apuntan también que la cultura científica puede ser entendida como un atributo agregado, centrada en los rasgos de una sociedad que manifiesta la influencia del desarrollo científico-tecnológico, como por ejemplo el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la presencia de las ciencias en el sistema educativo o en los medios (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005).

En su análisis de la relación entre la cultura científica y su dimensión comportamental, toman como referencia los resultados de la encuesta Iberoamericana FECYT-OEI-RICYT (2009) para realizar un análisis del proceso de apropiación social de la ciencia. Asumen, como punto de partida, una hipótesis heurística según la cual la cultura científica es una medida compuesta con una cierta estructura denominada “la escalera de la cultura científica” (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2012: 370) cuyos escalones conforman cuatro niveles: (1) el interés en la ciencia y la tecnología, (2) la relevancia atribuida a la ciencia y a la tecnología, (3) la inclinación a hacer uso de la ciencia y la tecnología y (4) la disposición a la participación. Cada uno de estos niveles se mide a través de preguntas seleccionadas de la mencionada encuesta Iberoamericana FECYT-OEI-RICYT (2009) tal y como se muestra en la Figuras 38, 39, 40 y 41.

Figura 38. Interés en la escalera de la cultura científica.

- 1) El interés por la ciencia y la tecnología se midió atendiendo, por un lado,
 - a) al interés en cuestiones científicas y tecnológicas a través de las pregunta (P.8.2), y, por otro,
 - b) al consumo de información científica (P.12.1 y P.12.2).

P.8. Me gustaría que me dijera hasta qué punto se considera usted interesado sobre una serie de temas que le voy a leer. ¿Diría que está muy interesado, bastante interesado, poco interesado o nada interesado?

Alimentación y consumo

Ciencia y tecnología

Cine, arte y cultura

Deportes

Economía y empresas

Medicina y salud

Medio ambiente y ecología

Astrología y esoterismo

Política

Temas de famosos

P.12. Le voy a leer algunas frases sobre distintos hábitos de información. Le pido que me responda en cada caso si usted se informa con frecuencia, de vez en cuando o nunca.

¿Usted mira o no mira los programas o documentales que pasa la televisión sobre ciencia, tecnología o naturaleza?

¿Usted lee o no lee las noticias científicas que se publican en los diarios?

¿Usted escucha o no escucha programas de radio que tratan sobre ciencia y tecnología?

¿Usted lee o no lee revistas de divulgación científica?

¿Usted lee o no lee libros de divulgación científica?

¿Usted utiliza o no utiliza Internet para buscar información científica?

¿Usted visita o no visita museos, centro o exposiciones sobre ciencia y tecnología?

¿Usted conversa o no conversa con sus amigos sobre temas relacionados con la ciencia, la tecnología o el medio ambiente?

¿Usted ha participado o participa en alguna acción vinculada a temas de ciencia, tecnología o medio ambiente, como manifestaciones o protestas, cartas a los diarios, participación en foros de debate, firmas de manifiesto, referendos, etc.?

Fuente: FECYT-OEI-RICYT, 2009.

Figura 39. Relevancia atribuída a la ciencia y la tecnología en la escalera de la cultura científica.

- 2) La relevancia atribuida a la ciencia y a la tecnología se midió atendiendo a la evaluación de los efectos potenciales (P.14 y P.15) y a la utilidad en la vida diaria (P.19 y P.20).

P.14. En general, ¿Usted cree que en los próximos veinte años el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos riesgos, bastantes, pocos o ningún riesgo para nuestro mundo?

P.15. En general, ¿Usted cree que en los próximos veinte años el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos beneficios, bastantes, pocos o ningún beneficio para nuestro mundo?

P.19. Dígame si está muy de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo o muy en desacuerdo con la siguiente afirmación: «El conocimiento científico y técnico mejora la capacidad de las personas para decidir cosas importantes en sus vidas»

P.20. ¿Hasta qué punto diría usted que el conocimiento científico y técnico es útil en los siguientes ámbitos particulares de la vida? ¿Diría que tiene mucha utilidad, bastante utilidad, poca utilidad o ninguna utilidad? (MA = “Muy de acuerdo”, A = “De acuerdo”, NN = “Ni en acuerdo ni en desacuerdo”, D = “en desacuerdo”, MD = “Muy en desacuerdo”, NS = “No sabe”, NC = “No contesta”)

	MA	A	NN	D	MD	NS	NC
En mi comprensión del mundo							
En el cuidado de la salud y la prevención de enfermedades							
En mis decisiones como consumidor							
En la formación de mis opiniones políticas y sociales							
En mi profesión o trabajo							

Fuente: FECYT-OEI-RICYT, 2009.

Figura 40. Inclínación a hacer uso de la ciencia y la tecnología en la escalera de la cultura científica.

3) La inclinación a hacer uso de la ciencia y la tecnología se midió a través de dos preguntas (P. 21 y P.23).

P.21. A continuación voy a leerle frases que describen comportamientos que las personas pueden adoptar en su vida diaria. Para cada una de ellas, dígame, por favor, si describe algo que usted suele hacer con frecuencia, de vez en cuando o muy raramente. (F = "Sí, con frecuencia", D = "Sí, de vez en cuando", R = "No, muy raramente")	F	D	R	NS	NC
Lee los prospectos de los medicamentos antes de hacer uso de los mismos					
Lee las etiquetas de los alimentos o se interesa por sus cualidades					
Presta atención a las especificaciones técnicas de los electrodomésticos o de los manuales de los aparatos					
Tiene en cuenta la opinión médica al seguir una dieta					
Trata de mantenerse informado ante una alarma sanitaria					
Consulta el diccionario cuando no comprende una palabra o término					

P.23. Supongamos que debido a una enfermedad grave usted o algún familiar se encuentra el riesgo de vida. Si tuviera que tomar una decisión al respecto, ¿qué tipo de información tendría en cuenta principalmente? ¿Alguna más? (P = "Principalmente, M = "Alguna más")	P	M
Solamente la de los médicos y los especialistas		
Tendría en cuenta la opinión médica, pero no sería determinante		
Llamaría a un curandero		
Buscaría auxilio en mi iglesia		
Tendría en cuenta la opinión de personas conocidas y familiares		
Buscaría tratamientos y medicinas alternativas		
Me informaría por mi cuenta (libros, revistas, Internet, etc.)		
No sabe		
No contesta		

Fuente: FECYT-OEI-RICYT, 2009.

Figura 41. Disposición a la participación en la escalera de la cultura científica.

4) Finalmente, para medir la disposición a la participación se utilizaron dos preguntas (P.22 y P.24):

P.22. Periódicamente asistimos a nuevas aplicaciones de la ciencia o nuevos desarrollos tecnológicos que presentan tanto riesgos como beneficios y que generan polémica social. En esos casos, dígame, por favor, si usted está muy de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo o muy en desacuerdo con las siguientes afirmaciones. (MA = "Muy de acuerdo", A = "De acuerdo", NN = "Ni en acuerdo ni en desacuerdo", D = "en desacuerdo", MD = "Muy en desacuerdo", NS = "No sabe", NC = "No contesta")	MA	A	NN	D	MD	NS	NC
Los ciudadanos deben ser escuchados y su opinión tenida en cuenta							
Sólo el criterio de los expertos tiene que ser escuchado							
Ante la mínima posibilidad de un riesgo importante no permitiría su aplicación							
Me informaría en cada caso antes de tomar una decisión							
No me preocuparía siempre que no me vea directamente afectado							
Lo aceptaría siempre que hubiera un beneficio para la comunidad							

P.24. Imagine que en el entorno de su domicilio va a implantarse una instalación tecnológica que puede suponer cierto riesgo para la salud o el ambiente. Para cada una de las siguientes afirmaciones, dígame, por favor, si usted está muy de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo o muy en desacuerdo con las siguientes afirmaciones. (MA = "Muy de acuerdo", A = "De acuerdo", NN = "Ni en acuerdo ni en desacuerdo", D = "en desacuerdo", MD = "Muy en desacuerdo", NS = "No sabe", NC = "No contesta")	MA	A	NN	D	MD	NS	NC
Mi opinión tendría que ser tenida en cuenta							
Haría todo lo posible para cambiar de domicilio							
Aceptaría la instalación siempre que fuera compensado personalmente							
Me organizaría con mis vecinos							
No haría demasiado caso puesto que siempre se exagera con estos temas							
Lo denunciaría ante los medios de comunicación o en el juzgado							
No haría nada porque nunca sirve para nada							

Fuente: FECYT-OEI-RICYT, 2009.

Los índices revisados permitían situar a los encuestados en un perfil u otro atendiendo a un pequeño conjunto de respuestas seleccionadas de una serie de preguntas. En el caso de la escalera de la cultura científica el proceso es, en cierto modo, el inverso, se analizan las respuestas a un conglomerado de preguntas para, posteriormente, agrupar los rasgos comunes y dibujar perfiles. Por ejemplo, el AGC situaba a los encuestados en una escala definida previamente, mientras que la escalera de la cultura científica selecciona los ítems que son pertinentes para medir la cultura científica y analiza las respuestas dadas a esos ítems. Es decir, la escalera construye un marco teórico según el cual los encuestados pueden:

- 1) Estar muy, bastante o nada interesados en ciencia y la tecnología.
- 2) Informarse con frecuencia, de vez en cuando o nunca, a través de programas o documentales de ciencia, tecnología o naturaleza o mediante la lectura de noticias científicas publicadas en la prensa.
- 3) Considerar que el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos, bastantes, pocos o ningún riesgo.
- 4) Considerar que el desarrollo de la ciencia y la tecnología traerá consigo muchos, bastantes, pocos o ningún beneficio.
- 5) Mostrar su grado de acuerdo con que «El conocimiento científico y técnico mejora la capacidad de las personas para decidir cosas importantes en sus vidas»
- 6) Valorar la utilidad del conocimiento científico y técnico en la comprensión del mundo, en la salud, en las decisiones relacionadas con el consumo, en la formación de opiniones políticas y sociales y en la profesión.
- 7) Indicar si realizan comportamientos concretos en situaciones ordinarias de la vida como leer los prospectos de los medicamentos, las etiquetas de los alimentos o las especificaciones técnicas de los aparatos electrónicos, tener en cuenta la opinión médica al seguir una dieta, mantenerse informado ante una alerta sanitaria o consultar el diccionario.
- 8) Indicar si realizan comportamientos concretos en situaciones extraordinarias de la vida, como acudir a una u otra fuente –sin ser excluyentes– (médicos, curanderos, religión, familiares, medicinas alternativas) para tomar una decisión que afecta a la salud de un familiar.
- 9) Mostrar su grado de acuerdo con que tanto las opiniones de los ciudadanos como las de los expertos sean tenidas en cuenta en las controversias generadas de las nuevas aplicaciones de la ciencia o de los desarrollos tecnológicos, o solo una de ellas, o ninguna de ellas.

- 10) Mostrar su disposición a realizar una acción y otra ante los riesgos de las aplicaciones de la ciencia o de los desarrollos tecnológicos.
- 11) Mostrar su disposición a realizar una acción u otra ante la implantación de una instalación tecnológica que puede suponer cierto riesgo para la salud o el ambiente.

De esta lista se desprenden distintos perfiles, de hecho, los ítems que conforman la escalera de la cultura científica permiten detectar individuos que perciben muchos riesgos y también muchos beneficios, y también a individuos con altos niveles de conocimiento científico y un alto grado de interés y consumo de información científica que, al mismo tiempo, se muestran cautos en relación a la ciencia y la tecnología, indicativo de que una alta percepción de la ciencia no necesariamente responde a un alto nivel de cultura científica. En un reciente artículo, Cámara Hurtado y López Cerezo (2014) han explorado esta población a la que denominan “mucho-mucho” por percibir muchos beneficios derivados del desarrollo científico-tecnológico, pero también muchos de sus riesgos.

vii) La conciencia científica de Ana Muñoz van den Eynde

Varios autores (Muñoz van den Eynde, Moreno y Luján, 2012; Muñoz van den Eynde y Luján, 2009, 2014; Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014; Cámara Hurtado y López Cerezo, 2014) han señalado dos tipos de limitaciones de los estudios de comprensión pública y percepción social de la ciencia: los metodológicos, como los relacionados con el diseño de los cuestionarios; y los asociados a los supuestos de partida, a saber, que los ciudadanos albergan cada vez más dudas sobre la capacidad de la ciencia y la tecnología para proporcionar bienestar a la humanidad, y que existe una asociación entre estas dudas y algún tipo de déficit relacionado con la cultura científica. Por un lado, estos autores señalan que dichas limitaciones dificultan la identificación de los factores que subyacen a las valoraciones sociales de la ciencia y la tecnología (Muñoz van den Eynde y Luján, 2014, Cámara Hurtado y López Cerezo, 2014) y, por otro, su revisión de los resultados de diversos estudios demoscópicos sugiere que no existe una actitud negativa hacia la ciencia y la tecnología, ni en la población europea ni en la española, sino una visión realista según la cual los ciudadanos son conscientes tanto de los riesgos y de las consecuencias negativas del desarrollo científico-tecnológico, como de sus beneficios (Muñoz van den Eynde, 2013, Muñoz van den Eynde y Luján, 2014, Cámara Hurtado y López Cerezo,

2014), de hecho, sostienen que más que actitudes específicas hacia la ciencia y la tecnología, resulta más adecuado pensar en la existencia de actitudes generales entendidas como predisposiciones (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014).

Recientemente han visto la luz los resultados de la encuesta de Percepción, Interés, Conocimiento y Acciones (encuesta PICA)¹¹⁷ cuyo diseño respondía al objetivo de superar las limitaciones mencionadas y profundizar en el análisis de la imagen pública de la ciencia y la tecnología. La encuesta se realizó online a una muestra de conveniencia¹¹⁸ compuesta por 2.138 estudiantes que cursaban estudios superiores en universidades españolas. Los primeros resultados se han publicado en *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica* editado por Ana Muñoz van den Eynde y Emilia Lopera Pareja y publicado en 2014.

A diferencia de los estudios mencionados—los *Science and Engineering Indicators*, los Eurobarómetros, las encuestas de la FECYT y el estudio de cultura científica del BBVA— esta encuesta mide explícitamente la “conciencia científica”, definida como:

[...] el resultado del proceso de conocer la presencia, importancia y utilidad de la ciencia en el desarrollo de las sociedades humanas, sin obviar la necesidad de adoptar una perspectiva crítica. Este proceso cristaliza en una actitud global hacia la ciencia y la tecnología que determina cómo se evalúa esta actividad, sus resultados, sus riesgos y las posibles consecuencias para los seres humanos. Sus determinantes más importantes son el

¹¹⁷ La Encuesta PICA se llevó a cabo en el marco del proyecto “Conciencia científica: traducción de la percepción en acción” (FCT-13-6532), financiado por la Fundación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT) y ejecutado por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Colaboraron investigadores de diversas universidades, y, de hecho, yo misma participé. Parte de las ideas que aquí se exponen se encuentran también en la publicación de resultados (véase Laspra, 2014).

¹¹⁸ La selección de la muestra es una cuestión metodológica clave en la realización de una encuesta. Se utiliza un método de muestreo probabilístico cuando el objetivo de la encuesta es generalizar los datos de la muestra seleccionada a la población objeto de estudio, garantizando así que la muestra sea representativa de la población. Se utiliza un método de muestreo no probabilístico en los estudios exploratorios, cuando aún no están definidas las variables relevantes. En este caso se recurre a una muestra de conveniencia, compuesta por personas a las que se tiene fácil acceso y que deciden responder a la encuesta de forma voluntaria. Frente a las muestras representativas, más adecuadas para estudiar poblaciones, las muestras de conveniencia resultan especialmente adecuadas para estudiar fenómenos. (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014).

conocimiento, el interés, el nivel de información y la valoración de la ciencia. Con ella, los ciudadanos son menos sensibles a los sesgos o las campañas interesadas, tanto las que van dirigidas a promover la desconfianza, como las que pretenden generar confianza infundada en hallazgos científicos o logros tecnológicos poco fundamentados. (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014: 13).

Las herramientas disponibles para medir la alfabetización científica o incluso los indicadores de cultura científica existentes permiten explorar la relación entre el conocimiento, los valores y las actitudes de la sociedad respecto del desarrollo científico-tecnológico. Pero, ya sea por las constricciones metodológicas o conceptuales, por los sesgos políticos o económicos o por el imperativo de la comparabilidad, los instrumentos de medición no suelen explorar los mecanismos que contribuyen a traducir la información científica en acción dentro del ámbito de la cultura científica. En otras palabras, se ha dedicado mucho esfuerzo a estudiar qué ciencia percibe la gente y a cómo la percibe, pero poco a los efectos de esa percepción, realizando preguntas sobre, por ejemplo, si la inversión en ciencia debería ser una prioridad del gobierno, pero sin ahondar en lo que hay detrás de esa respuesta, dejando de lado la pregunta por el *por qué*. Es por ello que la encuesta PICA aspira “a contribuir a identificar cuáles son los factores clave en la percepción social de la ciencia y, de este modo, diseñar estrategias de influencia que permitan traducir el conocimiento adquirido en cultura científica” (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014: 11).

La encuesta PICA desarrolla ítems diferentes para medir la conciencia científica. Por ejemplo, en lo que respecta al conocimiento de los constructos científicos básicos, siguen vigentes las preguntas de conocimiento científico como: ¿los hombres vivieron al mismo tiempo que los dinosaurios?, ¿los antibióticos matan tanto virus como bacterias?, ¿es el gen del padre el que determina el sexo del bebe?, tal y como muestra su inclusión en los *Science and Engineering Indicators* de la NSF, en los Eurobarómetros y en el estudio de la Fundación BBVA. La encuesta PICA presenta una forma alternativa que, además de abordar temas científicos más actuales y sujetos a controversia, no basa su metodología en preguntas de verdadero o falso, abandonando el formato binario en favor de uno múltiple. En el cuestionario de la encuesta PICA se incluyeron cinco preguntas que abordaban diversos temas. Cada participante en el estudio tuvo que contestar a una pregunta de cada bloque, seleccionadas de forma rotativa. El primer bloque incluía las células madre, la energía nuclear y las redes sociales; el segundo la clonación y el Bosón de Higgs (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014: 310-312):

Energía nuclear

PEN_A1: "La energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma":

- 1) Es un eslogan publicitario.
- 2) Describe la primera ley de Newton.
- 3) Enuncia el primer principio de la termodinámica.

PEN_A2: La producción de energía en las centrales nucleares se realiza:

- 1) Mediante fusión nuclear.
- 2) Mediante fisión nuclear.
- 3) Mediante combustión de elementos radioactivos.

PEN_C: Tras el accidente de Fukushima, se recuperó el debate social en torno a la conveniencia de mantener las centrales nucleares en otros países. Dinos, por favor, cuál de las siguientes opciones te parece que describe mejor el resultado de dicho debate:

- 1) Las centrales nucleares son completamente seguras en aquellas zonas no susceptibles de sufrir un tsunami.
- 2) Las centrales nucleares son completamente seguras en los países que no se encuentran bajo amenaza sísmica o terrorista.
- 3) Las centrales nucleares nunca podrán ser consideradas completamente seguras.

PEN_Act: por favor, dinos con cuál de las siguientes afirmaciones te sientes más identificado:

- 1) Debería prohibirse la energía nuclear, aunque eso signifique que puede haber problemas de suministro eléctrico.
- 2) Debería seguir utilizándose la energía nuclear si fuese el único modo de garantizar el suministro eléctrico.
- 3) Debería seguir utilizándose la energía nuclear con independencia de que puedan encontrarse otras fuentes de energía alternativas que garanticen el suministro eléctrico.

PEN_A: Imagina que, en un sorteo, ganas un viaje a Japón para disfrutar a lo largo del próximo año. Por favor, indica, de acuerdo con la siguiente escala, la probabilidad de que lo aceptases:

- 1) No iría bajo ningún concepto, las radiaciones pueden ser peligrosas.
- 2) Creo que no iría.
- 3) Creo que iría.
- 4) Sin ningún tipo de dudas, iría.

La estructura se replica para todos los temas: una pregunta orientada a evaluar el conocimiento de ciencia escolar sobre un tema general seguida de una pregunta más concreta sobre el tema, una pregunta destinada a evaluar los conocimientos de una controversia científica asociada al tema, una pregunta sobre actitudes hacia y una pregunta sobre disposición a la acción. Este formato permite dos cosas: mantener cierta comparabilidad con las preguntas de alfabetización de otros estudios y evaluar la relación entre el conocimiento científico, las actitudes y la disposición a la acción sobre un tema concreto.

En el caso de la comprensión del método científico dos ítems han sido claves en la evaluación de esta dimensión: la familiarización con la metodología de la investigación científica y la comprensión del concepto de la probabilidad.

La medición de la comprensión del método científico se ha venido realizando principalmente a través de un conjunto de preguntas que ha sufrido poca o ninguna variación desde su formulación original. En algunos cuestionarios, concretamente en los Eurobarómetros, se ha utilizado la pregunta abierta: ¿qué significa estudiar algo científicamente? Otra formulación que se ha utilizado con frecuencia es aquella que atiende a medir la familiarización del entrevistado con el método científico pidiéndole que escoja uno de entre tres modos de proceder por parte de un grupo de científicos para investigar un medicamento para la hipertensión que no funciona correctamente. Si el entrevistado contesta que la respuesta es “administrar el medicamento a un grupo de pacientes y a otro grupo no, y después comprobar qué pasa”, entonces habrá demostrado tener conocimiento del método científico. Alternativamente, la encuesta PICA plantea al encuestado una situación hipotética a la que tiene que hacer frente. La situación es la visita al médico de cabecera, provocada por la aparición de ciertos síntomas cutáneos. El encuestado ha de decidir qué opción le parece mejor, o si todas ellas le parecen buenas. A continuación se le pregunta si alguna de las opciones que le ha ofrecido el médico supone aplicar el método científico (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014: 290).

Pregunta 5. Vamos a plantearte un caso hipotético. Léelo con atención y luego contesta a las preguntas: Desde hace un tiempo has ido notando unas molestias en la piel (picores, erupciones, ampollas) que se han ido agravando. Decides acudir al médico de atención primaria o medicina general. Tras escuchar tus explicaciones, el médico te dice que puede ser la manifestación de una intolerancia al gluten, y te da varias alternativas para abordar el problema.

- a. Pedir cita con el especialista de digestivo para que sea quien se haga cargo del caso.
- b. Recetarte un antihistamínico para reducir los síntomas y solicitar un análisis de sangre para detectar la intolerancia. Si el resultado es positivo, hacer una biopsia del intestino para tener un diagnóstico más fiable. Si el resultado es negativo, estudiar otras opciones.
- c. Retirar el gluten de la dieta durante una semana y observar si se producen cambios. Decidir qué hacer a continuación en función de los resultados observados.

P5a. ¿Qué opción te parece mejor?

P5b. ¿Crees que alguna de las opciones que te ha ofrecido el médico supone aplicar el método científico?

- a. Sí, la uno. El especialista será el que más y mejor conocimiento científico tendrá sobre el problema y cómo resolverlo.
- b. Si, la dos. Incluye distintas opciones (variables), diferentes posibilidades para hacer el diagnóstico y el uso de medicamentos obtenidos y contrastados científicamente.
- c. Sí la tres. Significa estudiar el efecto de una opción (variable) para, de este modo, saber si hay una asociación entre el gluten y los síntomas.
- d. Ninguna de ellas. El método científico es aquel procedimiento que se aplica en un laboratorio o centro de investigación por profesionales especializados. Y no se cumplen estas condiciones.

A diferencia de las anteriores propuestas, no se pide al encuestado que se ponga en la piel de un científico, sino que se trata de una pregunta que lo sitúa en un entorno con el que, probablemente, esté familiarizado, y no en un laboratorio realizando un experimento. La pregunta, así formulada, no evalúa la familiaridad de los encuestados con el método científico de investigación. Es en realidad una aproximación exploratoria que atiende a indagar la concepción del método científico presente en los universitarios pues no se contempla ninguna alternativa de respuesta en la que se defina el método científico como observación sistemática, medición, experimentación, formulación, análisis y modificación de hipótesis.

La comprensión del concepto de probabilidad ha sido otra condición para clasificar a un individuo en el grupo de los que comprende el método científico. La formulación que se ha venido utilizando es preguntar al entrevistado qué quiere decir que una pareja tenga una posibilidad de entre cuatro de tener un

hijo que herede una enfermedad genética. Si contesta que “cada hijo que tengan tendrá el mismo riesgo de padecer la enfermedad”, habrá demostrado comprender el concepto de probabilidad. Esta pregunta se ha incluido en prácticamente todos los estudios de comprensión pública de la ciencia, a excepción de los de la FECYT, y sí está disponible en los *Science and Engineering Indicators* de la NSF, en algunos Eurobarómetros y en el estudio de la Fundación BBVA. Esta pregunta no se ha incluido en la encuesta PICA, la responsabilidad para evaluar la familiarización con el método científico recae principalmente en la pregunta analizada anteriormente. No obstante, la encuesta sí incluye una serie de preguntas que pueden entenderse como una alternativa a las preguntas que estudian la comprensión del concepto de probabilidad. Se plantearon en ella tres problemas¹¹⁹ matemáticos que podrían encontrarse en un libro de texto de matemáticas.

Desde la perspectiva de la alfabetización científica, la comprensión de la probabilidad constituye un aspecto relevante para la comprensión del método científico. Desde la perspectiva de la cultura científica la capacidad para resolver problemas matemáticos es relevante en tanto que refleja una cierta capacidad de análisis por parte del individuo, que es deseable ante la toma de decisiones, y no solo sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología, pero no es necesariamente sintomático de la comprensión del método científico. La encuesta de conciencia científica recupera el concepto de *actitud científica* al que John Dewey se refirió como la voluntad de usar el método científico y el equipamiento necesario para hacer efectiva esa voluntad (Dewey, 1934). Se trataría, en general, de mantener una actitud abierta, ser intelectualmente íntegro, de observar e interesarse en poner a prueba opiniones y creencias. La encuesta PICA incluye la siguiente pregunta: “¿te preocupas por tratar de entender el mundo, cómo funcionan las cosas, por qué son así, dónde buscar la información necesaria para responder a esas preguntas?” (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014: 294), que no es la formulación de Dewey pero se orienta en una línea similar.

¹¹⁹ Problema 1: Un desayuno que incluye un café y una tostada cuesta 1,10 €. El café cuesta 1 € más que la tostada. ¿Cuánto cuesta la tostada?

Problema 2: En un lago hay una zona con nenúfares. Todos los días la zona duplica su tamaño. Si tarda 48 días en cubrir todo el lago, ¿cuántos días tardaría en cubrir la mitad?

Problema 3: Si 5 máquinas troqueladoras tardan 5 minutos en agujerear 5 planchas de acero, ¿cuánto tardarían 100 máquinas troqueladoras en agujerear 100 planchas de acero?

Esta encuesta se ha construido sobre una concepción de la cultura científica distinta de la que reflejan los otros estudios de comprensión social de la ciencia. Se trata de una cultura científica que apuesta por ciudadanos críticos, conscientes de los riesgos y beneficios de la ciencia, que toman decisiones informadas y reflexionadas sobre cuestiones que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología, decisiones sobre cosas como vacunar a un hijo, consumir alimentos transgénicos o comprar un coche eléctrico, etc. Los estudios tradicionales que miden conocimiento, intereses y actitudes, no son adecuados para obtener una aproximación realista de cómo los individuos adquieren conocimiento científico y por qué, de cómo se forman las creencias, de la justificación de ciertas actitudes, y cómo afecta la reestructuración de estos elementos a los comportamientos.

5.6. Índices de cultura científica a nivel institucional-social

Algunos autores, como Godin y Gingras (2000) o Vogt (2012) reivindican que los estudios de percepción social de la ciencia deben ampliarse e incorporar lo que se ha venido denominando la dimensión social de la cultura científica. La cultura científica es también un atributo de las instituciones y las sociedades. La dimensión social de la cultura científica se ha medido utilizando parámetros cuantitativos procedentes en su mayoría de indicadores de ciencia y tecnología que toman como referencia documentos como el *Manual de Oslo*, el *Manual de Frascati* o el *Manual de Canberra* y sus ediciones posteriores. A nivel español, estos datos son recogidos por el Instituto Nacional de Estadística, la oficina de Patentes y Marcas, y el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC). No obstante, varias voces críticas señalan que la medición de la dimensión institucional no puede ser reducida a indicadores cuantitativos de ciencia y tecnología. En este sentido, al igual que la medición de la alfabetización científica es solo una parte de la cultura científica individual, los indicadores de ciencia y tecnología serían solo una parte de la cultura científica institucional.

Si bien las dimensiones de la cultura científica, así como el tipo de indicadores que sirven para obtener información acerca de los elementos que conforman estas dimensiones se aplican a nivel individual y permiten hacer extrapolaciones a grupos de individuos a nivel social, para el nivel social de la cultura científica la distinción tradicional que atiende al conocimiento, a las actitudes y a los intereses no resulta apropiada. El nivel social de la cultura

científica ha generado casi tanta literatura como la perspectiva individual. Si el individuo es la unidad de análisis de la dimensión individual de la cultura científica, en la dimensión social son las prácticas sociales y las instituciones, no entendidas estas como edificios si no como estructuras o redes que incluyen actores de diversa índole.

A continuación se presentan los principales intentos de construir un indicador de cultura científica a nivel social o que incluyen este nivel.

i) La propuesta de Benoît Godin y Yves Gingras

Benoît Godin e Yves Gingras (2000) han propuesto un modelo multidimensional de la cultura científica que atiende tanto a la dimensión individual como a la dimensión social. Definen la cultura científica como “la expresión de todos los modos a través de los cuales los individuos y la sociedad se apropian de la ciencia y la tecnología”¹²⁰ (Godin y Gingras, 2000: 44).

Según Godin y Gingras (2000) los estudios de comprensión miden y definen la cultura científico-tecnológica a través del conocimiento de hechos, una concepción que se basa en una definición enciclopédica de la cultura heredada del modelo erudito del siglo XVIII. La consecuencia es que se supone que cuanto más hechos científicos conoce un individuo más alfabetizado científicamente está. Además estas medidas no abordan el *know-how* tecnológico ni la capacidad de lidiar con artefactos tecnológicos de la vida diaria. Se focalizan exclusivamente en el individuo sin tener en cuenta que las sociedades como un todo, pueden ser más o menos científicamente alfabetizadas, que pueden aprender.

Respecto a la dimensión individual, los modos de apropiación de la ciencia y la tecnología son diferentes para cada individuo siendo determinados por su contexto social. La apropiación de la ciencia y la tecnología es un proceso permanente en la vida del individuo durante el cual adquiere conocimientos y habilidades, va construyendo una imagen de la ciencia, la tecnología y las profesiones asociadas y desarrollando valores y actitudes hacia ellas. Godin y Gingras (2000) entienden la cultura científica como una suerte de capacidad de

¹²⁰ Traducción propia.

los individuos para hacer uso del conocimiento científico y tecnológico en situaciones de la vida diaria, y consideran limitado establecer el baremo de la cultura científica y tecnológica individual en relación a un corpus de conocimiento científico. La excepción podría residir, según los autores, en la situación de los propios científicos, es en la práctica científica donde son relevantes el conocimiento científico y tecnológico y el método científico. No hay, según Godin y Gingras (2000) una cultura científica propia, exclusiva de los científicos, la cultura científica varía de un individuo a otro porque los contextos particulares son diferentes. Así:

Thus for government officials, S&T culture might lie in the ability to design and carry out relevant science policies. For industrial executives and managers, it could be the capacity to invest wisely in research, and to evaluate and select from a group of new technologies, as well as to provide for adequate employee training and proper equipment maintenance. For the worker, it could consist in possessing the skills to understand (at least in part) and use a technology to accomplish a given task. For teachers, it could mean the proper transmission to students of necessary abilities and knowledge; for parents it could mean the capacity to awaken their children's interest in science and technology and to transmit the tacit knowledge of mundane social and technological interactions. For the ordinary citizen, S&T culture could mean keeping abreast of current information in order to participate critically in the social debates involving science and to develop awareness in the everyday use of technologies in matters related to health and nutrition, for example. (Godin y Gingras, 2000: 45-46).

Respecto a la dimensión social o colectiva, quedan incluidas aquellas instituciones que directa o indirectamente están relacionadas con la ciencia y la tecnología, y que contribuyan a la apropiación de la ciencia a través de financiación, regulación, coordinación, educación o comunicación. Por instituciones se entiende aquellas conformadas por individuos agrupados en torno a un objetivo común para emprender acciones colectivas, ya hayan surgido espontáneamente o hayan sido institucionalizadas, que hayan adquirido reconocimiento social a través de su estabilidad temporal. Son tres los modos en los que una sociedad se apropia de la ciencia y la tecnología (Godin y Gingras, 2000):

- 1) A través del modo de aprendizaje (*Learning mode*) la sociedad proporciona formación y medios a los individuos para desarrollar conocimientos (incluyendo la comprensión del método científico),

habilidades *know-how*, representaciones, actitudes, intereses y valores necesarios para desenvolverse en un entorno científico-tecnológico.

- 2) A través del modo de implicación (*Implication mode*) la sociedad se beneficia de los resultados de la capacitación de los individuos cuando aplican los atributos anteriores fuera de su campo principal de actividad.
- 3) A través del modo socio-organizacional (*Socio-organizational mode*) la sociedad desarrolla instituciones dedicadas a actividades científicas y tecnológicas. Concretamente dos tipos de instituciones: las que se refieren directamente al sistema tecno-científico (dedicadas a la investigación, el desarrollo y la producción de tecnología; a la difusión y aplicación de la ciencia y la tecnología; o a la comunicación) y las que interactúan con las anteriores y les proporcionan estructura (dedicadas a la formación, investigación e información sobre ciencia y tecnología, al apoyo de la ciencia y la tecnología o a su regulación y coordinación).

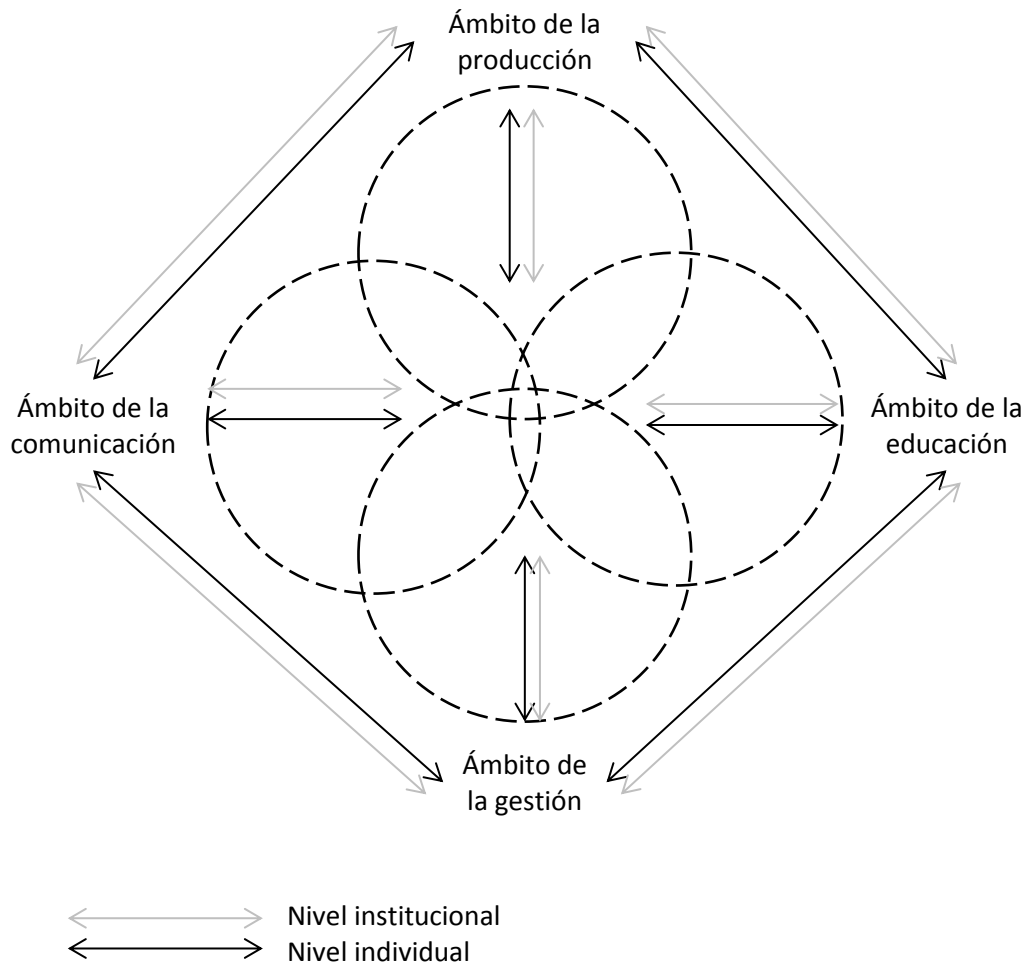
Godin y Gingras (2000) sugieren indicadores de input, output y actividad para cada uno de los modos de apropiación social de la ciencia. Si bien no dan ejemplos de indicadores de input del modo de implicación ni indicadores de actividad para el modo socio-organizacional.

Para Myriam García Rodríguez (2012), atender al modo en que la sociedad se apropia de la ciencia y la tecnología, o al grado de penetración de estas en la cultura de la sociedad, no es suficiente para medir el nivel de cultura científica de una sociedad. Es necesario atender también al modo en que la sociedad incide en el sistema científico-tecnológico. El modelo de Godin y Gingras es limitado debido al “carácter difuso en la distinción entre nivel individual y nivel institucional [y a una] cierta linealidad en la manera de entender la apropiación social” (García Rodríguez, 2012: 294).

Según la autora, para cada modo de apropiación debería señalarse explícitamente el nivel individual y el nivel de los procesos colectivos e instituciones. En base a ello propone un modelo teórico para medir la “huella de la ciencia en la sociedad y de la sociedad en la ciencia” (2012: 331) en el que distingue cuatro grandes ámbitos de actividad (Figura 42): la producción de conocimiento científico-tecnológico, la formación científico-técnica, la comunicación social de la ciencia y la gestión del conocimiento producido. Estos cuatro ámbitos interactúan entre sí y son analizados en dos niveles: individual e institucional. Para medir la huella de la ciencia y la tecnología en la sociedad y de la sociedad en la ciencia y la tecnología, la autora propone una serie de

indicadores para cada uno de los cuatro ámbitos, atendiendo al mismo tiempo a los dos niveles.

Figura 42. La dimensión social de la cultura científica.



Fuente: García Rodríguez, 2012: 332.

En un reciente artículo, Godin (2012) ha centrado su atención en el nivel social de la cultura de la ciencia (*culture of science*). Para el autor “la ‘alfabetización científica’ y la ‘comprensión pública de la ciencia’ componen solo una dimensión de la cultura de la ciencia” (p. 19), y distingue seis dimensiones o subsistemas de la cultura de la ciencia que se describen a continuación (Figura 43). El análisis de indicadores disponibles para medir cada una de ellas es una muestra más de la preeminencia de una visión economicista de la cultura de la ciencia (Godin, 2012):

- 1) Institucional: por instituciones entiende aquellas dedicadas a la producción de conocimiento científico. Durante las década de los 50 y 60, recopilar datos sobre el número de científicos, universidades, centros de investigación, sociedades científicas, etc., suponía el primer paso hacia una política científica sólida. Sin embargo, en la actualidad, es virtualmente imposible obtener una lista completa de todas las instituciones científicas de un país dado. Hoy en día la medida por excelencia de la cultura de la ciencia es el *Gross domestic expenditure on R&D*¹²¹ (GERD). La proporción del GERD/PIB se utiliza para comparar el esfuerzo que realizan los países para desarrollar la cultura de la ciencia.
- 2) Producción: las instituciones dedicadas a la ciencia y a la tecnología producen diferentes tipos de output, que suelen darse en forma de conocimiento (*papers*), de invenciones tecnológicas (patentes) o de capital humano (graduados universitarios y tesis doctorales). Existen numerosos manuales para medir la producción científica de un país (por ejemplo, el *Manual de Frascati*, el *Manual de Oslo*, el *Manual de Canberra* y sus posteriores ediciones).
- 3) Difusión, usos y usuarios: no es suficiente tener en cuenta la producción científica, es necesario tener en cuenta la difusión y el uso que se hace de los productos de la ciencia y la tecnología. Las medidas oficiales de la alfabetización científica proporcionadas por la NSF a través de los *Science and Engineering Indicators* o las de los Eurobarómetros de la Comisión Europea. Sin embargo, en relación a la OCDE, no hay indicadores adecuados al respecto, tan solo aquellos relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación. La escasa atención dedicada al impacto de los productos de la ciencia y la tecnología en la sociedad en parte responde a la asunción de la concepción lineal del desarrollo científico tecnológico según la cual un mayor bienestar social es resultado directo de la inversión en ciencia básica, y similarmente, que las tecnologías, una vez que aparecen, son absorbidas por la sociedad y automáticamente integradas en ella. Así aunque no existen indicadores

¹²¹ Según el glosario de la Comisión Europea, GERD incluye el gasto en investigación y desarrollo por parte de empresas comerciales, instituciones de educación superior, así como el del gobierno y las organizaciones sin ánimo de lucro [Disponible en: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Thematic_glossaries].

directos, sí existen fuentes indirectas, como por ejemplo los informes PISA. Lamentablemente las estadísticas sobre educación no forman parte de las estadísticas de ciencia.

- 4) Impactos: al igual que la difusión y el uso, el impacto de ciencia es central en la cultura de la ciencia. De nuevo, los efectos de la ciencia en la sociedad son pobremente medidos. La ciencia tiene impactos en la economía, en la sociedad, en la cultura, en la política, en el entorno, en la salud... pero de todos ellos el único para el que se establecen medidas es el económico: el crecimiento económico y la productividad. Frente a la reducción económica, Godin ha propuesto una serie de indicadores alternativos atendiendo a los diferentes ámbitos de impacto de la ciencia (véase Godin y Doré, 2005).

- 5) Sobre la dimensión del entorno, la práctica oficial de los estadistas es, según el autor, añadir a la serie de estadísticas sobre ciencia, tecnología e innovación¹²², una subclase de factores y condiciones económicas que incluyen medidas como la situación económica, la competencia y la regulación (Godin, 2011). En primer lugar no hay evidencia suficiente que avale el vínculo entre las condiciones económicas y las estadísticas sobre ciencia, tecnología e innovación; además, señala, pocas mediciones atienden a las condiciones culturales y sociales que hacen posible la ciencia, la tecnología y la innovación (Godin, 2011).

Figura 43. Dimensiones de la cultura de la ciencia y sus indicadores.

Dimensions	Attent to	Measurements sources
Institutions	research	GERD/GDP
Producción	graduates, knowledge, technologies	OECD Metodological Documents
Diffusion, use and users	education, transfer, communication	Science and Engineering Indicators, Eurobarometers, OCDE-TIC, PISA

¹²² Estas estadísticas son utilizadas por la UNESCO, la OCDE, la Unión Europea, o la NSF. El autor señala a la UNESCO, a la OCDE con el fin de establecer comparativas entre las naciones. Ejemplos son: las series en investigación y desarrollo (I+D), los recursos humanos dedicados a la I+D, el volumen de graduados, artículos y citas e invenciones tecnológicas (patentes), la transferencia de alta la tecnología, el balance de inversión en tecnología y la innovación (Godin, 2011).

Dimensions	Attent to	Measurements sources
Impacts	effects on society, the economy, the individual	Economic growth and productivity measurements
Environment	laws, economic system, social values	STI Statistics

Elaboración propia. Fuente: Godin y Doré, 2005; Godin, 2012.

- 6) A estas cinco dimensiones Godin añade una sexta: la cultura de los números. Aunque más que constituir una dimensión en sí, podría considerarse un paradigma sobre el que se asientan los cinco subsistemas, en el que la referencia son los datos cuantitativos, las cifras de... o el número de... científicos, *papers*, PIB destinado a la I+D, actividades de divulgación científica, etc. La relación entre la cultura de la ciencia y sus medidas es de índole dialéctico, de modo que las concepciones particulares de la ciencia afectan a las cifras que se producen; de vuelta, los números inciden en nuestra concepción de la ciencia.

En la actualidad “ciencia” se define en términos de investigación, ya sea básica o aplicada, y desarrollo, conforme a un acrónimo que bien podría pasar por conjunción lógica en el idioma anglosajón (R&D) o sumatorio matemático en lengua hispana (I+D). Según Godin (2012), la OCDE, cuyos miembros son principalmente economistas, ha desarrollado proyectos para ampliar sus medidas, pero no se han puesto en práctica; por eso insta a la UNESCO, cuyos miembros son principalmente científicos, al desarrollo de una definición de ciencia más inclusiva. La UNESCO ha dado varios pasos en esa dirección. Sin embargo, todos los intentos de ampliar el concepto de ciencia han sido cubiertos por el manto de la innovación señala el autor. Ahora, “la innovación es el verdadero punto de referencia para la evaluación de una cultura de la ciencia” (Godin, 2012: 32).

ii) La espiral de la cultura científica de Carlos Vogt

Carlos Vogt (2003, 2012, Vogt y Morales, 2014) ha desarrollado una herramienta teórica y metodológica cuyo objetivo es el de organizar la dinámica de la cultura científica de un espacio de conocimiento, donde la cultura científica es entendida como un proceso social dedicado a la producción, difusión y publicación del conocimiento científico y que involucra factores, eventos y acciones humanas. El

espacio de conocimiento es aquel conformado por instituciones de diversa índole que se dedican a la producción, difusión y publicación de la ciencia. Concretamente, el autor se refiere a las instituciones de Latino-América fundadas en el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial.

Desde una perspectiva semántica, señala el autor, pueden distinguirse al menos tres significados de “cultura científica” derivados de la propia estructura de la expresión, concretamente de la preposición que medie entre la ciencia y la cultura, diferenciando así entre una cultura *de* la ciencia, una cultura *a través* de la ciencia y una cultura *para* la ciencia. Cada una de estas tres acepciones incluye dos sentidos (Vogt, 2003, 2012).

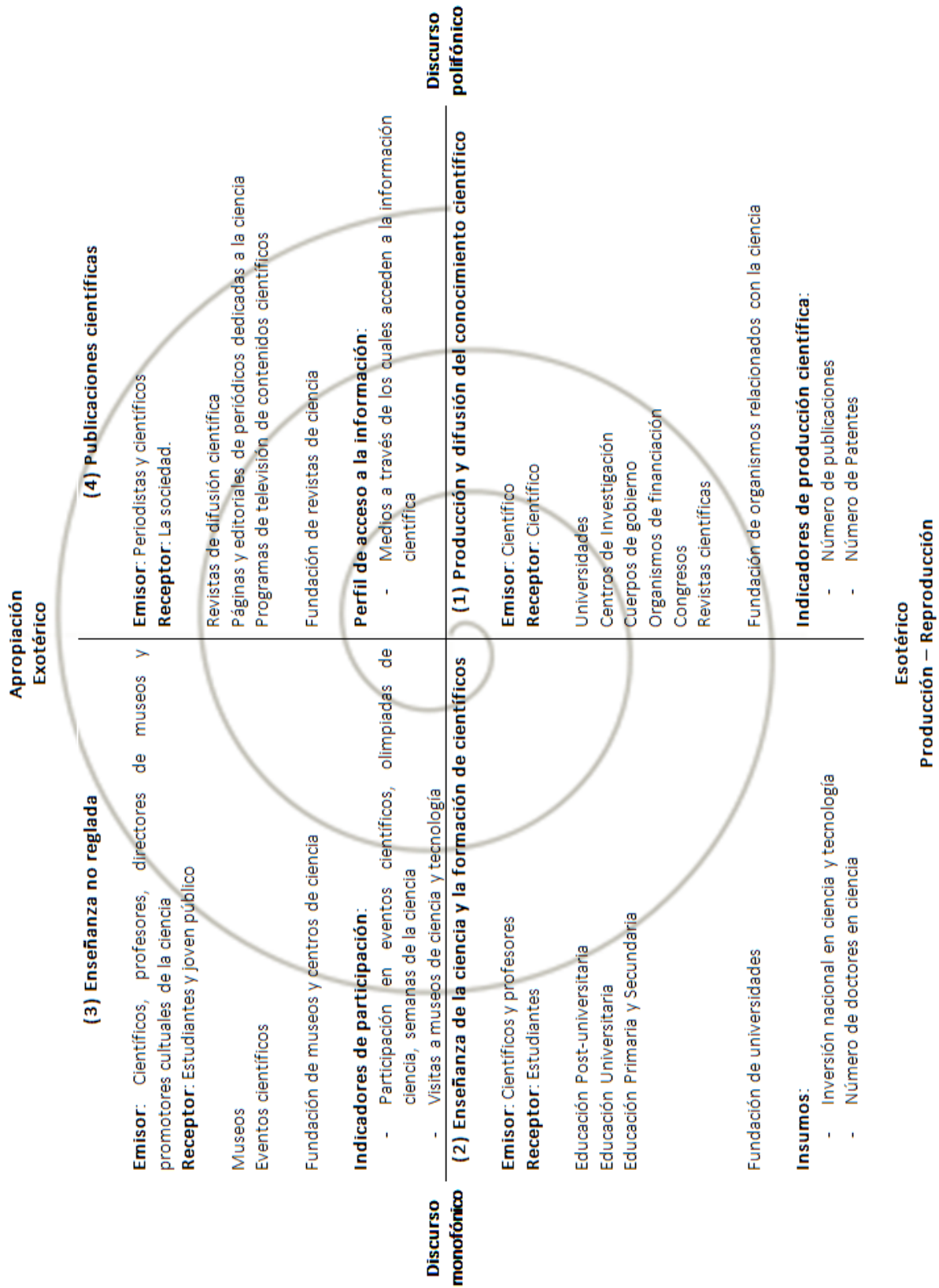
- 1) Cultura de la ciencia:
 - Cultura generada por la ciencia
 - Cultura propia de la ciencia
- 2) Cultura por la ciencia o a través de la ciencia
 - Cultura por medio de la ciencia
 - Cultura a favor de la ciencia
- 3) Cultura para la ciencia
 - Cultura orientada a la producción de la ciencia
 - Cultura orientada a la socialización de la ciencia
 - Difusión de la ciencia y formación de investigadores y nuevos científicos
 - Parte del proceso formativo no contenido en la anterior, la educación no formal característica de los museos o de la comunicación.

Aunque Vogt no hace explícito el contenido de los distintos rótulos, de la lectura de sus artículos podría interpretarse que con “Cultura generada por la ciencia” se refiere a la cultura que se genera fruto de la difusión de la ciencia realizada por los científicos, mientras que la “Cultura propia de la ciencia” se refiere a la cultura que los científicos poseen derivada de la práctica científica, pero no podría afirmarse si lo que los científicos saben de ciencia incluye únicamente conocimientos científicos o quizá otro tipo de contenidos como pudieran ser los meta-científicos o los valorativos. El significado de las acepciones “Cultura por medio de la ciencia” y “Cultura a favor de la ciencia” es también incierto, aunque se intuye que pueda referirse a los procesos de enculturación que desembocan en el respaldo social de la ciencia. Finalmente, Vogt sí especifica que la “Cultura orientada a la producción de la ciencia” hace

referencia a la formación de investigadores y nuevos científicos, mientras que en la “Cultura orientada a la socialización de la ciencia” entraría toda la educación no contenida en la anterior, es decir, la educación en ciencia no universitaria y la enseñanza no reglada, así como los mecanismos de apropiación. En cualquier caso Vogt reconoce que estas distinciones no agotan la variedad y la multiplicidad de formas de interacción del individuo con la ciencia y la tecnología de las sociedades contemporáneas (Vogt, 2003, 2012).

La conformación de la espiral de la cultura científica tal y como es descrita por el autor en varios artículos (2003, 2012, 2014) comienza en la producción y difusión del conocimiento entre los propios (1) científicos. Los científicos producen el conocimiento científico y lo difunden a otros científicos, son emisores y receptores de la ciencia, o en sus términos: “destinators” y “destinees”. Ese conocimiento científico pasa a través de la difusión que hacen los propios científicos y los profesores al sistema educativo, a los (2) estudiantes de todos los niveles. Pero ese conocimiento científico también llega a (3) públicos más amplios y heterogéneos a través de los científicos, de los profesores, de los directores de museos y de otros promotores de la ciencia. Finalmente alcanza a toda la (4) sociedad a través de publicaciones científicas (científicos y periodistas). De este modo, en el primer cuadrante tendríamos: universidades, centros de investigación, cuerpos de gobierno, organismos de financiación, congresos, revistas científicas, etc. En el segundo cuadrante: educación post-universitaria, educación universitaria, educación primaria y secundaria, etc. En el tercero: museos, eventos científicos, etc. Y en el cuarto: revistas de difusión científica, páginas y editoriales de periódicos dedicadas a la ciencia, programas de televisión de contenidos científicos, etc. Partiendo de la interpretación anterior, es posible situar las acepciones de la cultura científica en relación con los cuatro cuadrantes. Así, la “Cultura de la ciencia” guardaría relación con el primer cuadrante, la “Cultura orientada a la producción de la ciencia” con el segundo cuadrante, la “Cultura orientada a la socialización de la ciencia” con el tercer cuadrante y la “Cultura por la ciencia con el cuarto” (Figura 44).

Figura 44. La espiral de la cultura científica.



Elaboración propia. Fuente: Vogt, 2012.

La espiral de la cultura científica se basa además en dos dimensiones fundamentales de la comunicación social de la ciencia: la dimensión esotérica frente a la exotérica y el discurso monofónico y mono-sémico frente al discurso polifónico y poli-sémico. El discurso mono-lógico está especialmente presente en la educación científica. Su vertiente esotérica abarca el fomento de vocaciones científicas y la educación de los futuros científicos. Su vertiente exotérica abarca la educación formal e informal de la población general a través de programas escolares y exposiciones científicas. El discurso dialógico está presente en la comunicación de la ciencia y su vertiente esotérica abarca la práctica científica y el ámbito del laboratorio, mientras que la cara exotérica del discurso dialógico tiene lugar en los foros de participación pública tales como conferencias de consenso o de otras formas de audiencias públicas.

Vogt se sirve de distintos indicadores que aportan información sobre cada uno de los cuadrantes. Así combina indicadores de producción científica con indicadores de participación que se ponen en relación con instituciones científicas (Figura 45). Tomados en conjunto ofrecen un panorama de la dinámica de la cultura científica que el autor aplica al contexto Latinoamericano.

Figura 45. Ejemplos de indicadores de la espiral de la cultura científica.

	Input	Output
Cuadrante 1	Instituciones y programas de promoción de la ciencia Inversión en I+D y en CyT	Artículos publicados en revistas indexadas por Thomson/ISI. Patentes
Cuadrante 2	Universidades	Doctorados en disciplinas científicas
Cuadrante 3	Museos y centros de ciencia	Visitas a museos y participación en eventos de divulgación científica Estudios de comprensión pública de la ciencia
Cuadrante 4	Revistas científicas y de divulgación científica	Medios utilizados para acceder a información científica Presencia de la ciencia en las noticias. Estudios de comprensión pública de la ciencia

Elaboración propia. Fuente: Vogt, 2012.

La hipótesis subyacente es que un alto número de instituciones y programas refleja un fuerte compromiso con la promoción de la ciencia y la

tecnología. Este compromiso debería traducirse en doctorados en disciplinas científicas, en vocaciones científicas y en artículos científicos publicados en revistas de impacto. Además, debería repercutir también en la presencia de la ciencia en los medios de comunicación y en interés y participación social en la ciencia. La espiral permite, en efecto, representar las dinámicas de la cultura científica a nivel macro, es una herramienta de análisis de la dimensión social de la cultura científica que se aplica sobre un lugar geopolítico concreto y en un periodo determinado.

La espiral no es un círculo y por lo tanto no culmina en el cuarto cuadrante, sino que continúa desplegándose sobre sí misma, enriqueciéndose con el conocimiento y la participación de la población en el proceso dinámico de la ciencia y sus relaciones con la sociedad, involucrando nuevos actores en su desarrollo. La espiral, aunque se despliegue sobre sí misma y no pase dos veces por el mismo punto, puede entenderse como un proceso unidireccional y lineal que comienza en la comunidad científica, cuya similitud con el modelo lineal de comunicación de la ciencia es difícil obviar. No obstante, Vogt reconoce la implicación de actores de muy diversa índole en el desarrollo de la cultura científica, así como de los diferentes niveles de relaciones que mantienen entre ellos. Sin embargo, se trata de una reflexión que se mantiene a nivel macro sobre las instituciones que intervienen en la conformación de la cultura científica, pero no sobre el contenido de dicha cultura; su punto de vista refleja una comprensión de la cultura científica como un atributo de la sociedad en su conjunto y no como un atributo individual.

5.7. Los museos de ciencia en la comprensión pública de la ciencia

Los estudios que miden la comprensión pública y/o la percepción social de la ciencia han tenido en cuenta estas instituciones a la hora de seleccionar sus indicadores. Es muy frecuente que los cuestionarios de estos estudios incluyan la pregunta “¿ha visitado un museo de ciencia en los últimos doce meses?” ya que el número de visitas a museos de ciencia se toma como un indicador del interés de los individuos por la ciencia, y en algunos casos como indicador de consumo de información científica o de un tipo de comportamiento. Los autores que se han preocupado por la dimensión social de la cultura científica también han interpretado la existencia de centros y museos de ciencia como indicadores de la apropiación de la cultura científica de las sociedades. En la propuesta de Godin y

Gingras (2000) los museos se incluyen entre las instituciones que permiten a la sociedad apropiarse de la ciencia y la tecnología. Para García Rodríguez (2012) los museos de ciencia son indicadores de la huella de la ciencia y la tecnología en la sociedad a nivel institucional porque son espacios dedicados a actividades de comprensión pública de la ciencia y podrían ser indicadores de la huella de la sociedad en la ciencia y la tecnología si incluyeran actividades de promoción de la participación (García Rodríguez, 2012). En la espiral de cultura científica de Vogt (2012) los museos se sitúan en el cuadrante de la enseñanza no reglada. Son, para el autor, indicadores exotéricos, de apropiación, más cercanos al discurso educacional mono-sémico y nono-fónico. Como se señaló anteriormente, la espiral de la cultura científica de Vogt se basa en dimensiones de la comunicación social de la ciencia –por un lado esotérica y exotérica, por otro, discurso mono-fónico/mono-sémico y discurso poli-fónico/poli-sémico—. Los museos serían entendidos como mecanismos de educación no formal más que mecanismos de divulgación, y desempeñarían el papel de transmisores del conocimiento científico que emana de la comunidad científica a un público heterogéneo.

i) Los museos como indicadores de interés

Son muchos los estudios demoscópicos que recogen datos sobre las visitas a los museos de ciencia desde el marco de los estudios de comprensión social de la ciencia. Los Eurobarómetros, los *Science and Engineering Indicators* de la NSF y otros estudios de ámbito nacional recogen, entre otros datos, el número de visitas a estas entidades. En este trabajo se ha realizado el análisis de este indicador de interés sobre la base de los Eurobarómetros, el estudio del BBVA, la encuesta Iberoamericana, y las realizadas por la FECYT focalizándolo en el caso de España. Por ello no se ha atendido a los estudios de la NSF. No obstante, la revisión se realiza específicamente sobre el propio indicador, señalando los resultados cuando es preciso. De modo que la reflexión que se presenta sobre las limitaciones del indicador son extrapolables y se replican en otros contextos.

El supuesto de partida es que existe una relación entre el interés hacia la ciencia y la tecnología y la realización de una serie de actividades, entre ellas la visita a museos de ciencia y tecnología. Sobre esta base, prácticamente todos los estudios de comprensión pública y percepción social de la ciencia han incluido sistemáticamente la pregunta por la frecuencia de visitas realizadas a estas

entidades. La primera vez que se incluyó la pregunta por las visitas a museos en los Eurobarómetros que recogían específicamente las opiniones de los europeos sobre la ciencia y la tecnología fue en el Eurobarómetro de 1990. La formulación de la pregunta se realizó en los siguientes términos (EB, 1990):

Now let me ask you about your use of museum, zoos and similar institutions. Can you tell me how many times you visited each type of place on this list during the last twelve months. If you did not visit any given place, just say none.

- A science and technology museum.
- A zoo or aquarium.
- A natural history museum.

Con el fin de situar los resultados en un marco más amplio, en el Eurobarómetro de 1993, se incluyeron las “Bibliotecas Públicas” y los “Museos de Arte”. En el Eurobarómetro realizado en 2001, así como en el que se aplicó a los países candidatos en 2003, dejaron de incluirse en la lista los “Museos de Historia Natural”. Posteriormente en el Eurobarómetro de 2005 el rótulo que se utilizó fue el de “Museo de ciencia o museo de tecnología o centro de ciencia” y se incorporó el ítem “Exhibiciones de Ciencia o de la Semana de la Ciencia”. Ni la pregunta por la frecuencia de visitas a estas entidades ni cualquier otro ítem relacionado con los museos se incluyeron en el último Eurobarómetro realizado en 2010.

Además de las preguntas por la frecuencia de visitas, en el Eurobarómetro de 2001 se incluyó una pregunta de respuesta múltiple que recogía las razones de los encuestados para no visitar este tipo concreto de museos (EB, 2001):

Have you visited a science and technology museum in the last 12 month?

- Yes, I have.
- No, I'm not interested.
- No, I don't have the time.
- No, it's too far.
- No, I don't know where such museums are.
- No, the entrance fee is too high.

Posteriormente, en el Eurobarómetro de 2005 también se incluyeron ítems que indagaban las razones de los encuestados tanto para haber visitado este tipo de instituciones como para no haber ido. En el caso de las razones de haber visitado

un museo de ciencia y tecnología en los últimos 12 meses la pregunta fue (EB, 2005):

(If have visited a science or technology museum) For what reasons have you visited a science or technology museum in the last twelve month?

- It is interesting.
- To learn something.
- I like science and technology.
- I did it for my children/friends/family.
- It is fun.
- For an special event/exhibition.
- It was a little bit by chance.
- It is near my home.
- I had nothing else to do on that day.
- Other (spontaneous).

(If did not visit a science or technology museum) Are there any particular reasons why you have not visited a science or technology museum in the last twelve month?

- I have no time.
- It is too far away.
- The entrance fees are too high.
- I do not know where these museums are.
- I am not interested.
- They are too complicated.
- I didn't think about it.
- Other (spontaneous).

Finalmente, ninguna pregunta relacionada con las visitas a los museos se incluyó en el cuestionario del último Eurobarómetro realizado en 2010. Es plausible que los resultados fuesen poco significativos. Una explicación es que, en el imaginario social, bajo el rótulo “museo de ciencia y tecnología”, parecen caer instituciones de diversa índole que no siempre coinciden entre sí, lo que genera desajustes en los resultados. Otra explicación, compatible con la anterior, es que las visitas a este tipo de instituciones no sean realmente indicativas del interés por la ciencia, tal y como parecen sugerir los resultados de la encuesta PICA según los cuales los encuestados no percibirían las visitas a los museos de ciencias como indicadores robustos del interés por la ciencia (Muñoz, 2014).

Figura 46. Ítems incluidos en las preguntas de los Eurobarómetros sobre la frecuencia de visitas.

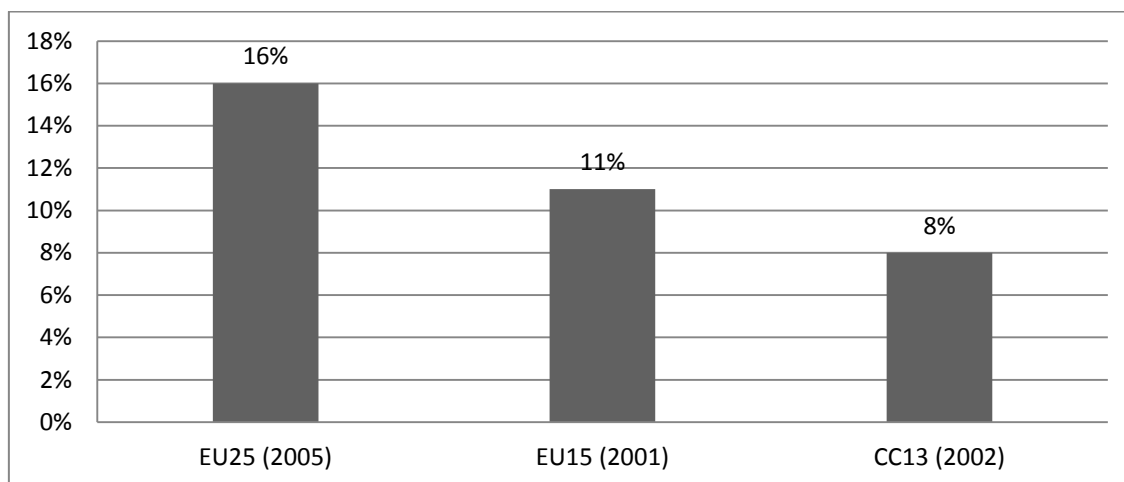
	EB7	EB10A	EB31	EB38.1	EB55.2	CCEB	EB65.1	EB73.1
	1977	1979	1990	1993	2001	2003	2005	2010
Museo de ciencia o museo de tecnología o centro de ciencia							X	
Museo de ciencia y tecnología			X	X	X	X		
Zoo o acuario			X	X	X	X	X	
Museo de historia natural			X					
Biblioteca pública				X	X	X	X	
Museo de arte				X	X	X	X	
Exhibición de ciencia o semana de la ciencia							X	

Elaboración propia. Fuente: EB, 1977, 1979, 1990, 1993, 2001, 2003, 2005, 2010.

Una revisión minuciosa de los resultados de los Eurobarómetros en relación a las visitas a los museos y centros de ciencia no permite concluir una tendencia. Pese a que la pregunta “¿ha visitado en los últimos 12 meses un museo de ciencia y tecnología?” intuitivamente no parece presentar problemas de respuesta, un análisis en profundidad revela dificultades que afectan a la interpretación de los datos.

Como se ha mencionado, el número de países intervinientes en cada Eurobarómetro varía sustancialmente (Figura 29). En 1990 participaron 12 países, en 2005, 33. El cómputo de visitas a museos, y en realidad todas las preguntas del cuestionario, han de ser interpretadas de acuerdo con las muestras y el contexto. Un descenso en el número de visitas puede ser debido a que el recuento de visitas en los países que se han incorporado sea muy bajo, o que el número de museos abiertos haya variado, o a cambios en la redacción de la pregunta. Y es que la formulación de las preguntas también ha afectado a las respuestas. Ya se ha señalado que hubo cambios en el modo de referirse a estas instituciones.

Figura 47. Porcentaje de personas que afirmó haber visitado un museo de ciencia o un museo de tecnología en los últimos 12 meses.



Fuente: EB, 2005: 31.

En el propio Eurobarómetro de 2005 se reconoce la posibilidad de que el cambio de nombres haya afectado al volumen de respuestas:

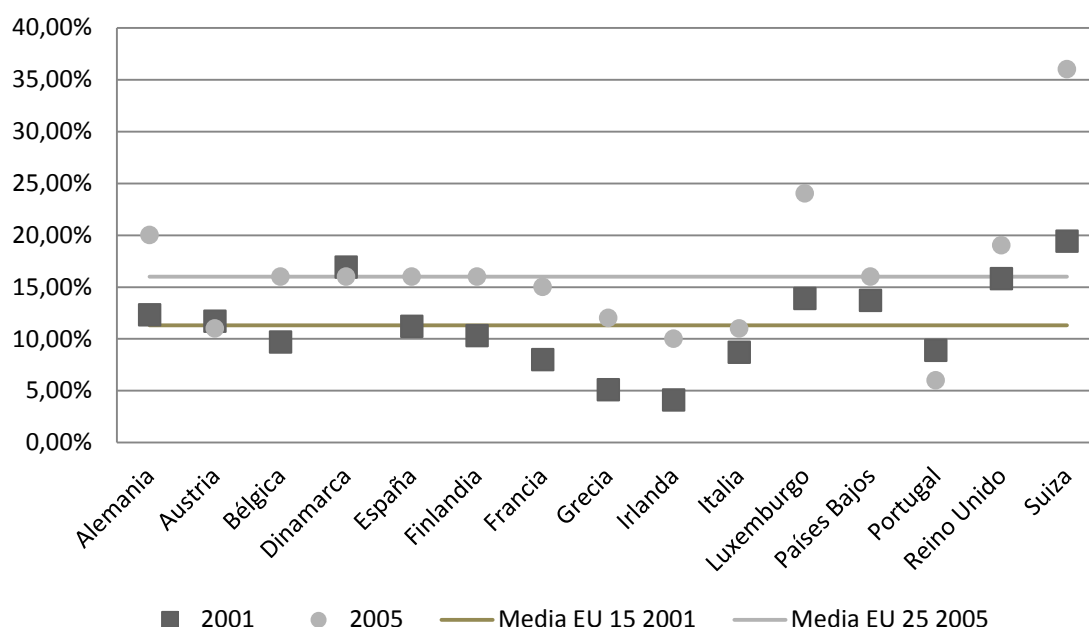
It is however important to remind that the item wording has changed somewhat in the most recent survey compared to the former surveys which may partly explain this increase. While in 2001 and 2002 the item wording was “science and technology museums” the newest wording of this year’s survey is somewhat broader and reads as follows: “science museum or technology museum or science centre”. (EB, 2005: 31).

En realidad, hay fuertes indicios de que, de hecho, es así. En la encuesta de 2001 las visitas realizadas a un museo de ciencia y tecnología se abordan desde dos preguntas. En una se pregunta a los encuestados si ha visitado o no un museo de ciencia y tecnología, para posteriormente preguntar, en caso de respuesta negativa, las razones de no visitarlo. En la otra se pregunta por las visitas realizadas a cierto tipo de instituciones, entre ellas los museos de ciencia y tecnología. El porcentaje de personas que afirman haber visitado un museo de ciencia y tecnología en el primer caso no coincide con el porcentaje de personas que afirman lo mismo en el segundo caso. La diferencia entre las dos cifras, 17,8% y 11,3% respectivamente para la media europea, reside en que la noción de museo no está clara entre los encuestados ya que algunos de los que afirmaron haber visitado un museo de ciencias en la primera pregunta, en la segunda afirmaron haber estado en un zoo o un acuario, pero no en un museo de ciencia y tecnología. Sin embargo, el porcentaje que se tomó como válido

sería el segundo ya que en el Eurobarómetro de 2005 se refiere “es de destacar que la media de europeos que ha visitado un museo de ciencia y tecnología ha aumentado ligeramente desde 2001, pasando de un 11% a un 16% en 2005”¹²³ (EB, 2005: 31).

Los cambios en los ítems y las diferencias en las muestras ponen en cuestión la conclusión derivada de los resultados, a saber, que tiene lugar un incremento generalizado de visitas a museos de ciencia. Además, aunque la media puede proporcionar una idea de todo el conjunto, los porcentajes agregados no permiten apreciar las particularidades de cada país (Figura 48).

Figura 48. Porcentaje de encuestados por país que en los últimos 12 meses ha visitado, al menos una vez, un Museo de Ciencia y Tecnología.



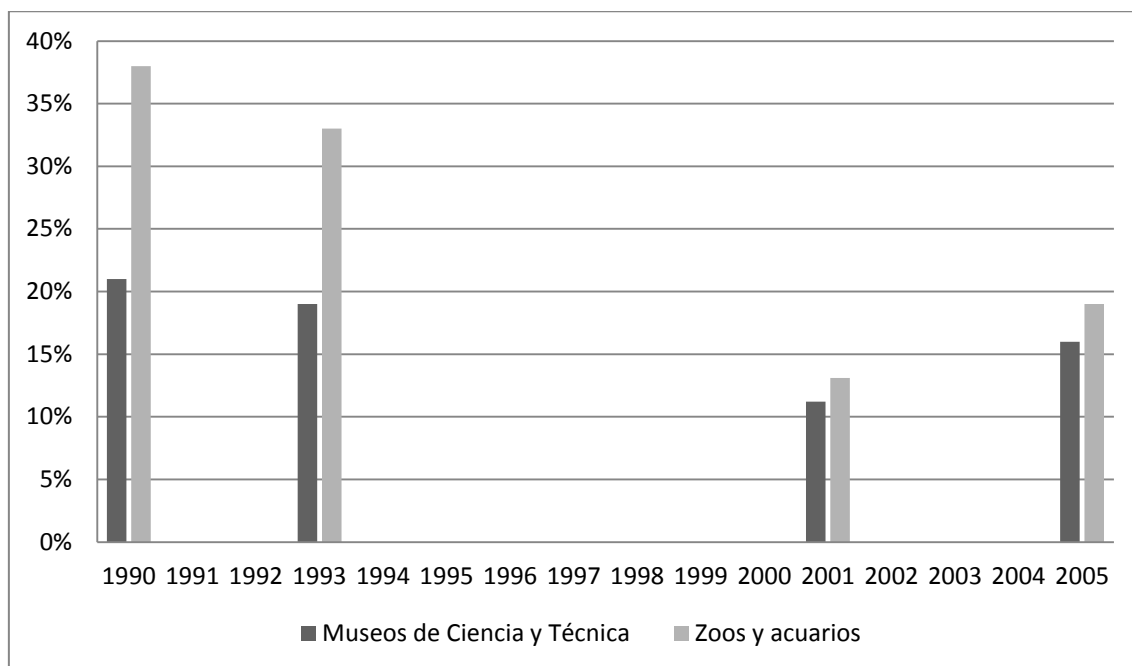
Elaboración propia. Fuente: EB, 2001, 2005.

Como el Eurobarómetro de 2010 no recoge datos sobre las visitas a museos y centros de ciencia, no es posible saber si el ascenso en las visitas responde a una tendencia o no. Dos medidas, una en 2001 y otra en 2005, no son suficientes para alcanzar una conclusión, tan solo permiten afirmar que parece haber una tendencia hacia el incremento de visitas. Según los resultados

¹²³ Traducción propia.

de los Eurobarómetros para el caso de España, también tiene lugar un ligero aumento, sin embargo, si se amplía el horizonte temporal, más que de un aumento, sería más adecuado hablar de una tendencia a la baja con cierta recuperación en el último periodo (Figura 49).

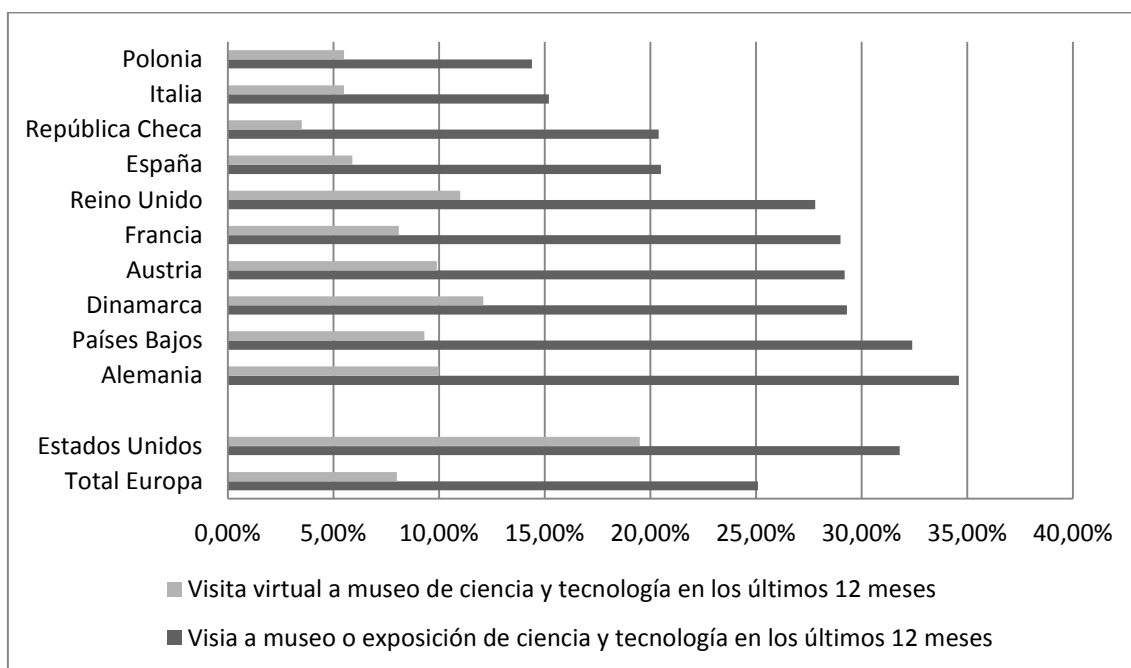
Figura 49. Porcentaje de encuestados que afirmaron haber visitado en los últimos 12 meses un museo de ciencia y técnica / zoos y acuarios. Periodo 1990 – 2005.



Elaboración propia. Fuente: EB, 1990, 1993, 2001, 2005.

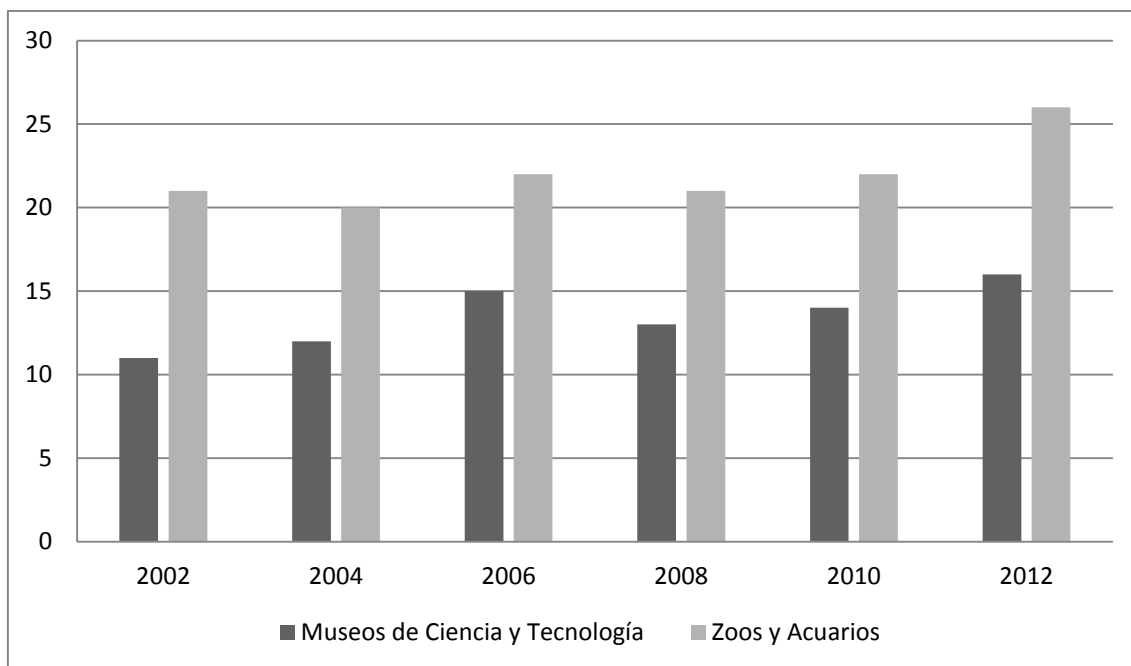
Según el estudio de cultura científica de la Fundación BBVA (Figura 50), el porcentaje de ciudadanos que en los últimos 12 meses había visitado un museo o exposición de ciencia y tecnología era escaso, siendo algo mayor en Estados Unidos (32%) que en la media europea (25%). En el caso de Europa, el porcentaje suele estar por encima del 20% en la mayoría de los países. Polonia e Italia se sitúan por debajo, en torno al 15%, y Alemania y Países Bajos, por encima, superando el 30%. En el caso particular de España (Figura 51), el 20,5% de los españoles afirmó haber visitado un museo de ciencia y tecnología en los últimos 12 meses, y el 5,9% afirmó haber realizado una visita virtual a algún museo de ciencia y tecnología (Fundación BBVA, 2012). El mayor porcentaje de entrevistados que ha visitado de forma virtual un museo o exposición de ciencia y tecnología se registra en Estados Unidos, y el más bajo en la República Checa.

Figura 50. Visitas presencial a museos de ciencia / visitas virtuales.



Elaboración propia. Fuente: BBVA, 2012.

Figura 51. Porcentaje de encuestados que afirmaron en los últimos 12 meses haber visitado un museo de ciencia y tecnología / zoos y acuarios en España. Periodo 2002 – 2012.

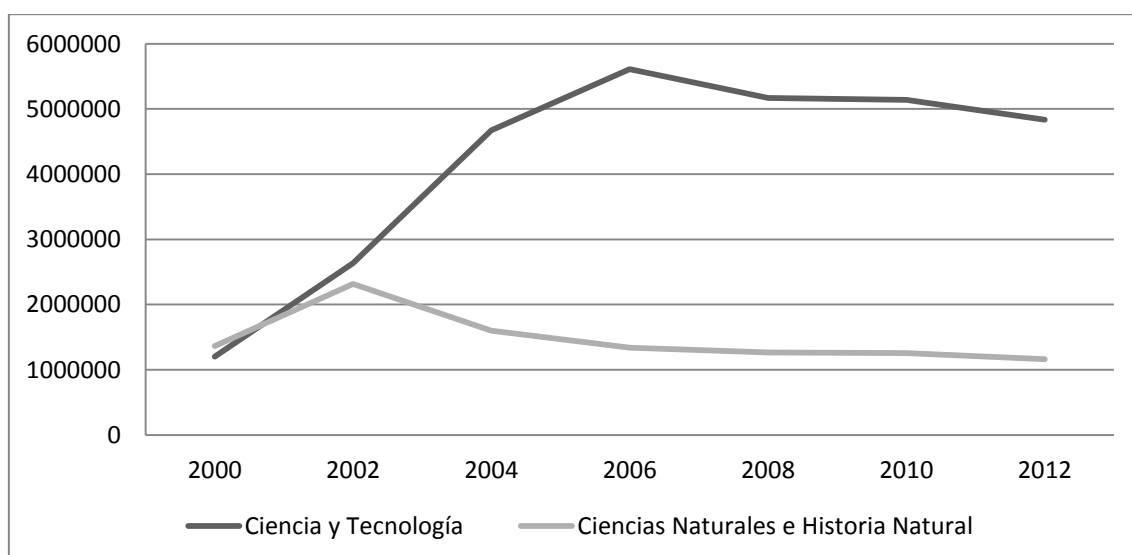


Elaboración propia. Fuente: FECYT, 2003, 2005, 2007, 2008, 2011, 2013.

Las encuestas de la FECYT también recogen información sobre la frecuencia de visitas, de modo que permiten rellenar los espacios temporales de los Eurobarómetros. Solo están disponibles desde 2002, pero sus resultados respaldan la tendencia que muestran los Eurobarómetros. En el caso de las encuestas de la FECYT la pregunta por las visitas a museos y centros de ciencia no ha sufrido prácticamente ninguna variación a lo largo de las series de encuestas, salvando las modificaciones que se mencionaron anteriormente (Figura 30 y Figura 31).

Lo que parece una tendencia hacia el incremento paulatino de las visitas a los museos y centros de ciencia, al menos desde principios de siglo, contrasta con los resultados del Instituto Nacional de Estadística (INE) que realiza la Estadística de Museos y Colecciones Museográficas (EMCM), una investigación bienal que se realiza desde el año 2000 (Figura 52). Su finalidad es ofrecer al ciudadano datos básicos sobre los museos y las colecciones museográficas de España, poner a disposición de las Administraciones Culturales la información necesaria para la toma de decisiones en relación con el patrimonio museográfico y atender a las demandas de información estadística en los ámbitos autonómico, nacional y de las organizaciones internacionales.

Figura 52. Frecuencia de visitas a museos de ciencia y tecnología / museos de historia natural o ciencias naturales en España. Periodo 2000 – 2012.



Elaboración propia. Fuente: EMCM, series 2000-2012.

La EMCM recoge datos sobre las visitas a museos y colecciones museográficas, pero excluye los institutos de conservación y las galerías de exposición que dependan de las bibliotecas y de los centros de archivo, las instituciones que exponen especímenes vivos, tales como jardines botánicos y zoológicos, los acuarios o los viveros, las reservas naturales, los planetarios y los centros científicos. No obstante, si las entidades mencionadas disponen de un museo o colección museográfica, entonces también han sido incorporadas a la Estadística. Según la EMCM, las visitas a los museos de ciencia y tecnología, así como las de los museos de historia natural o ciencias naturales disminuyen paulatinamente desde 2006.

La metodología de la EMCM no ofrece información alguna sobre cómo se contabilizan los museos, así que no es fácil saber si la aparición y desaparición de los museos responde a cierres temporales, a unificaciones de museos, o a cambios en el tipo de colección del museo y por tanto a un cambio de tipología. En cualquier caso, según los últimos datos disponibles, en España conviven 114 museos de ciencia (Figura 53) que en 2012 registraron 5.997.849 visitas entre todos, pero los datos concretos sobre cómo se distribuyen esos casi seis millones están disponibles. Además el recuento de visitantes tiene sus propias dificultades. En España, muchos museos de ciencias han informatizado el recuento de visitas, y realizan el seguimiento a través del control del tipo de entrada que se adquiere, pero algunos aún continúan haciéndolo de forma manual, apuntando a mano el número de personas que entran. No todos recopilan los mismos datos, los más exhaustivos recogen, por supuesto, la fecha, también el rango de edad al que pertenece el visitante (menor de 14/adulto/mayor de 65 años) y su condición (familia numerosa/persona con discapacidad), el tipo de visita (individual/grupo) y el tipo de actividad (exposición permanente/exposición temporal/taller), en algunos también se registra el código postal del visitante y en casos excepcionales si se trata de la primera visita.

Figura 53. Número de museos de ciencia y tecnología / museos de ciencias naturales o historia natural por comunidad autónoma y año (se han excluido las comunidades que no tienen ningún museo de estos dos tipos).

Comunidades Autónomas	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Andalucía	3/2	1/1	1/1	1/4	2/3	2/6	3/5
Aragón	1/1	0/2	0/7	2/9	1/8	1/9	0/7
Asturias	2/0	2/1	1/2	2/2	3/2	3/2	2/2
Baleares	0/4	0/4	0/2	0/2	0/3	0/2	0/1
Canarias	1/1	1/1	1/0	3/1	3/2	3/2	3/1
Castilla y León	2/5	3/2	4/3	5/4	4/6	5/7	4/7
Castilla-La Mancha	3/1	2/0	2/2	1/2	6/1	4/1	4/2
Cataluña	10/4	10/9	7/6	6/6	10/6	9/6	9/6
Valencia	2/10	1/9	1/10	2/8	6/8	7/11	8/11
Galicia	1/1	3/1	2/2	3/1	4/1	3/1	3/1
Madrid	11/3	8/4	10/4	6/3	7/7	8/5	9/5
Murcia	0/1	1/1	1/1	1/1	2/1	2/1	2/1
Navarra	0/0	0/1	1/1	0/1	0/1	0/0	0/0
País Vasco	3/4	5/6	6/6	5/4	10/4	8/4	9/5
Rioja	0/0	0/1	0/1	0/1	0/0	0/1	0/3
Melilla	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	0/0	0/0
Total	39/37	37/45	37/50	37/51	59/55	55/59	56/58

Elaboración propia. Fuente: EMCM, series bienales 2000-2012.

Sean o no las visitas a museos de ciencia indicadores del interés, el modo de contabilizar las visitas a museos debe ser revisado en profundidad. Una pregunta tan aparentemente sencilla como *¿Ha visitado un museo de ciencia y tecnología en los últimos 12 meses?* revierte numerosos problemas y sugiere la existencia de otros desajustes en los cuestionarios. Aquí se ha centrado el análisis en una única pregunta, y se ha mostrado que una perspectiva más crítica revela aspectos controvertidos que afectan a la solvencia del indicador. Dado que se invierte mucho dinero, esfuerzo, tiempo y recursos en realizar estos estudios, y que sus resultados son explotados por numerosos investigadores, sería conveniente afinar sus indicadores para sacarles el mejor rendimiento posible, aprovechando estas estructuras de medición ya creadas y consolidadas.

ii) La confianza en los museos de ciencia como fuentes de información

Los estudios demoscópicos que se han mencionado recopilan información sobre las fuentes de información que utilizan los encuestados para informarse en general o sobre temas de ciencia y tecnología en particular. La formulación estándar de la pregunta por las fuentes de información consiste en preguntar al encuestado si se informa o no sobre ciencia y tecnología a través de una serie de medios listados. Puntualmente algunos estudios han considerado a los museos como una de estas fuentes y los han incluido entre los ítems. Así lo hizo, por ejemplo, en la encuesta FECYT-OEI-RICYT. La pregunta de la encuesta iberoamericana utiliza una formulación distinta pues pregunta por los hábitos y no por las fuentes, se sobreentiende que si un individuo afirma que utiliza Internet para buscar información científica, entonces Internet es una de sus fuentes de información. Se refiere la pregunta completa porque sin el marco podría confundirse con la pregunta por las visitas a museos de ciencia, y no es exactamente el mismo caso (FECYT-OEI-RICYT, 2009: 138):

P.12. Le voy a leer algunas frases sobre distintos hábitos de información. Le pido que me responda en cada caso si usted se informa con frecuencia, de vez en cuando o nunca.

P.12.1. ¿Usted mira o no mira los programas o documentales que pasa la televisión sobre ciencia, tecnología o naturaleza?

P.12.2. ¿Usted lee o no lee las noticias científicas que se publican en los diarios?

P.12.3. ¿Usted escucha o no escucha los programas de radio que tratan sobre ciencia y tecnología?

P.12.4. ¿Usted lee o no lee revistas de divulgación científica?

P.12.5. ¿Usted lee o no lee libros de divulgación científica?

P.12.6. ¿Usted utiliza o no utiliza Internet para buscar información científica?

P.12.7 ¿Usted visita o no visita museos, centros o exposiciones sobre ciencia y tecnología?

P.12.8. ¿Usted conversa o no conversa con sus amigos sobre temas relacionados con la ciencia, la tecnología o el medio ambiente?

P.12.9. ¿Usted ha participado o participa en alguna acción vinculada a temas de ciencia, tecnología o medio ambiente, como

manifestaciones o protestas, cartas a los diarios, participación en foros de debate, firmas de manifiesto, referendos, etc.?

Pese a que los museos de ciencia no figuran entre las fuentes de información listadas, las encuestas de la FECYT recogen información sobre el grado de confianza que inspiran estas instituciones a la hora de mantenerse informado sobre ciencia y tecnología. Entre los ítems para medir la confianza suele incluirse uno en el que se pide a los encuestados que declaren cuánta confianza les inspiran una serie de elementos. En la encuesta de 2012 se incluyó por primera vez a los museos de ciencia y tecnología en esa lista, aunque no fue su primera aparición, en 2002 ya se había incluido una pregunta similar, pero con una metodología tan distinta que hace imposible cualquier comparación (Figura 54 y Figura 55).

Figura 54. De entre los siguientes medios de información me gustaría que señalara los dos que más confianza le inspiran a la hora de mantenerse informado sobre Ciencia y Tecnología (% menciones).

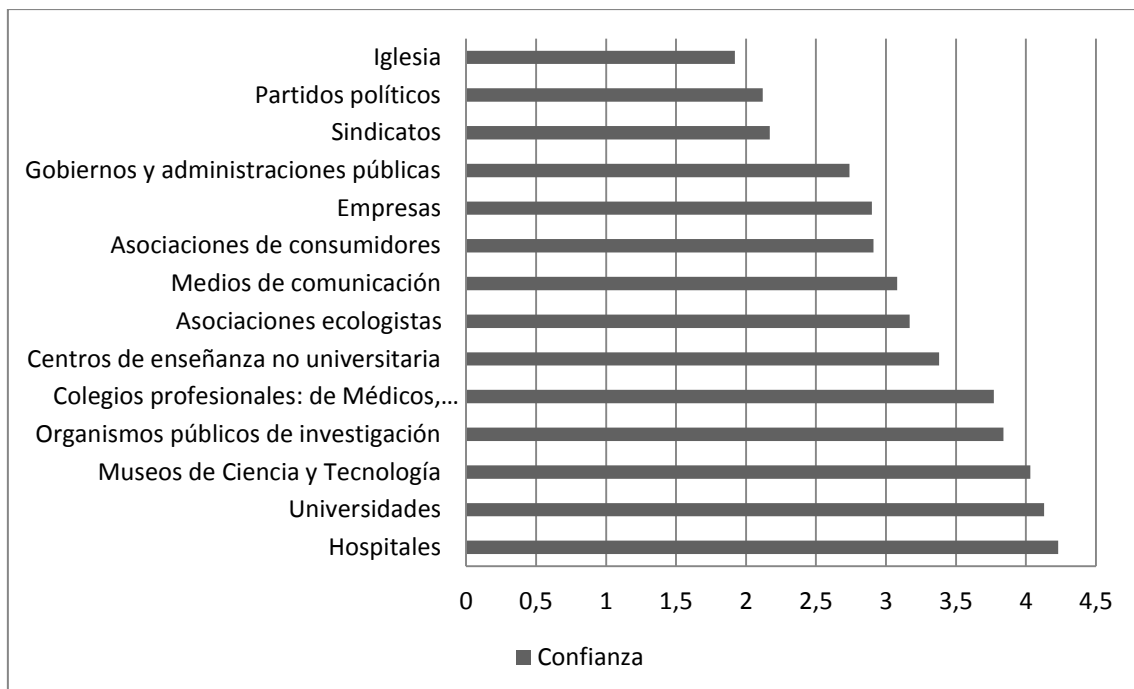
Medios de información	% de menciones
Programas científicos o técnicos en televisión y radio	38,3%
Revistas de divulgación científica o técnicas	30,1%
Telediarios	28,7
Libros especializados	22,1%
Noticias en la radio	9,3%
Internet	7,7%
El periódico que compra habitualmente	6,8%
Visitas a museos de Ciencia y Tecnología	4,0%
Exposiciones temporales o acontecimientos como la Feria de las Ciencias	3,8%
Revistas semanales de información general como Tiempo, Época, etc.	2,0%
Ninguno	0,3%
Otros	0,1
No sabe	9,1
No contesta	1,2%

Fuente: FECYT, 2002.

En la encuesta de 2002 las “visitas a museos de Ciencia y Tecnología” acumularon un 4,0% de las menciones. La encuesta de 2012, con una

formulación totalmente distinta, revela que los museos de ciencia y tecnología ocupan el tercer lugar en la lista de confianza atribuida, en una escala de 1 a 5, obtienen un sobresaliente. En el marco de la crisis de confianza, los museos parecen haber mantenido intacta su credibilidad (Schiele, 2008b), así parecen mostrar los datos de la FECYT.

Figura 55. Ahora me gustaría que me dijera, para cada una de las instituciones que voy a mencionarle, si, en este momento, le inspira o no confianza a la hora de tratar cuestiones relacionadas con la ciencia o la tecnología (Puntuaciones medias en una escala de 1 a 5).



Fuente: FECYT, 2013.

Como se ha señalado, la presencia de la pregunta por la confianza es excepcional, ya que los museos de ciencia no suelen incluirse dentro del listado de fuentes de información sobre temas de ciencia y tecnología. La lista de fuentes suele incluir los medios de comunicación tradicionales (prensa, televisión y radio). De aparición más tardía ha sido el entorno y, con dificultades que le son propias, se está incluyendo también Internet. Quizá las encuestas no han sido capaces de lidiar con la multitud de fuentes de información que los individuos utilizan para informarse sobre ciencia y tecnología, y han preferido centrar el análisis en las tradicionales, o quizá realmente en el imaginario de las personas

los museos de ciencia no son una fuente de información al nivel de los periódicos o los programas de divulgación que emite la televisión.

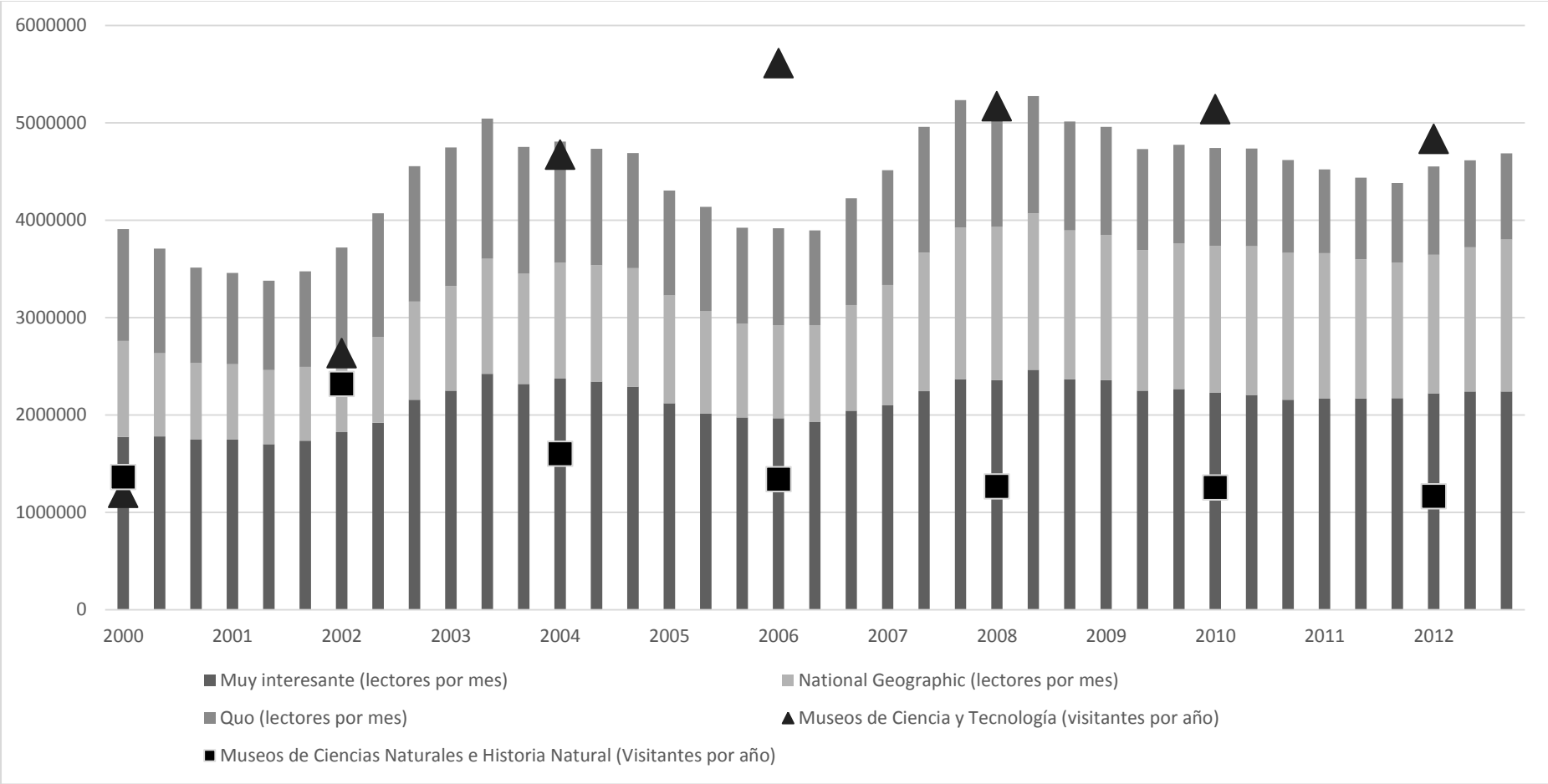
No hay, al menos en España, estudios comparativos entre la afluencia a los museos y centros de ciencia, la audiencia televisiva y los lectores de revistas de divulgación. Por ello, en un intento de obtener una cierta perspectiva del impacto de los museos de ciencia en relación a otros medios de comunicación, se han cruzado datos del Estudio General de Medios (EGM) con datos de la EMCM¹²⁴ (Figura 56 y Figura 57). Es un análisis tosco, la recogida de datos es diferente, mientras que la EMCM recoge cifras de visitantes mediante el recuento de entradas vendidas que realizan los museos, el EGM realiza entrevistas personales y telefónicas para las audiencias televisivas y recoge cifras de ejemplares vendidos para las revistas. Pero, a pesar de que el análisis es muy grueso, los resultados sugieren que no se debe subestimar el impacto que los museos de ciencia y tecnología tienen en la población frente a otros medios de comunicación.

De todos los canales temáticos que analiza el EGM únicamente tres son claramente de divulgación científica: *National Geographic Channel*, *Odisea* y *Discovery Channel*, los datos están disponibles desde 2004. Son canales privados y de pago, que no se emiten en abierto¹²⁵. También se han seleccionado tres revistas de divulgación: *Muy Interesante*, *National Geographic* y *Quo*, cuyos datos se recogen desde 2000. Podrían haberse seleccionado otras, que incluyen contenidos de divulgación científica, pero las escogidas son ampliamente consideradas como revistas de divulgación. Por parte de la EMCM se han tenido en cuenta las cifras de visitantes para los museos de ciencia y tecnología y las cifras de visitantes para los museos de ciencias naturales e historia natural, disponibles también desde 2000.

¹²⁴ El EGM es un estudio sobre consumo de los medios de comunicación en España que realiza la Asociación para la Investigación de Medios de Comunicación (AIMC). Es un estudio anual en tres oleadas. La recogida de datos se realiza principalmente a través de entrevistas personales en hogares, aunque en algunos casos la encuesta se realiza vía telefónica. También se recogen datos de dispositivos instalados en los televisores de cada hogar. Al igual que en el caso de los indicadores de percepción social de la ciencia, el EGM es objeto de numerosas críticas. No se abordarán aquí porque excede los límites físicos y teóricos de este trabajo.

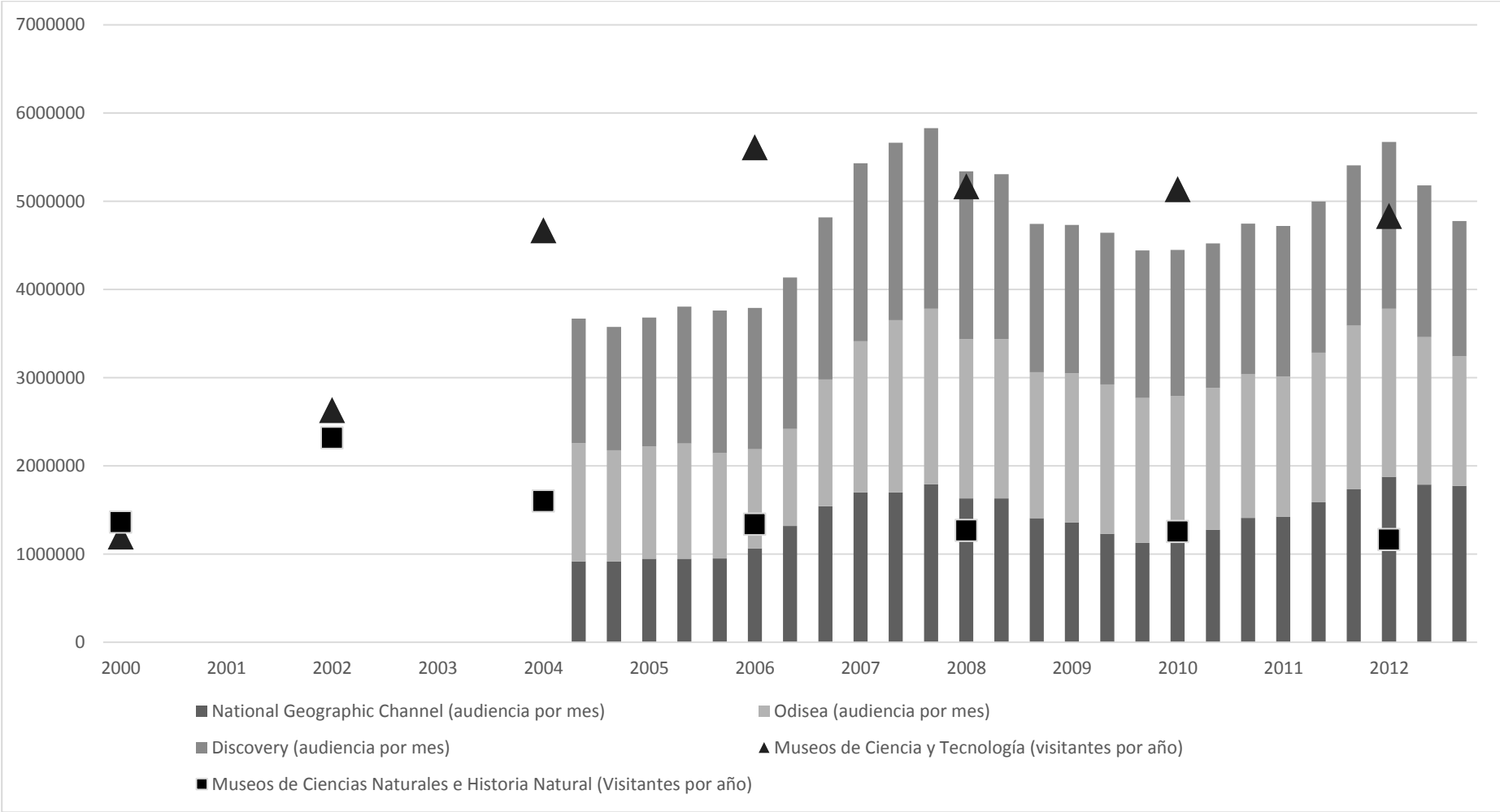
¹²⁵ El canal 2 de Radio Televisión Española, conocido comúnmente como "La 2", retransmite programas de contenido científico, pero no es un canal dedicado exclusivamente a la divulgación científica a diferencia de los seleccionados. Además tampoco el EGM proporciona datos de audiencia para esta cadena en los informes que emite.

Figura 56. Comparación de cifras de visitantes de museos de ciencia y lectores de revistas de divulgación científica. Periodo 2000-2012.



Elaboración propia. Basado en datos de la EMCM, series 2000-2012, y el EGM, series 2000-2012.

Figura 57. Comparación de cifras de visitantes de museos de ciencia y audiencia de canales de divulgación científica. Periodo 2000-2012.



Elaboración propia. Basado en datos extraídos de la EMCM, series 200-2012; EGM, series 2000-2012.

A pesar de que no se encuentran entre los medios de comunicación tradicionales, las cifras de visitantes a museos de ciencia y tecnología son más altas en comparación con los lectores de las revistas de divulgación, incluso sumando los lectores de las tres revistas. Lo mismo sucede cuando se comparan los visitantes a museos de ciencia con el total de audiencia de los tres canales de divulgación. No ocurre igual con los museos de historia natural o de ciencias naturales, que llegan a menor audiencia. No obstante, todas estas cifras se vuelven muy pequeñas cuando se ponen en contexto. Los seis millones de visitantes que tienen los museos de ciencia no suponen ni la mitad de los de bellas artes que sumaron casi 16 millones en 2012 según la EMCM. Las ventas de las revistas de divulgación mencionadas son una sombra frente a los casi tres millones de lectores diarios del *Marca*, el periódico más vendido en España, o a los tres millones y medio de lectores de la revista *Pronto*.

Conclusiones

La estructura de los estudios de comprensión pública o percepción social de la ciencia no ha cambiado mucho desde que empezaran a utilizarse a finales del último tercio del siglo XX. Se han incluido algunas preguntas nuevas en los cuestionarios, y también se han abandonado otras cuyos resultados no discriminaban lo suficiente, o no arrojaban información sustancial. Pero, en general, los indicadores, las preguntas, la estructura de los cuestionarios que se desarrollaron entonces han atravesado el tiempo sin que este hiciera verdadera mella en ellos. Esto ha permitido realizar análisis longitudinales de los datos, y obtener información acerca de, por ejemplo, cómo ha cambiado la cultura científica en Europa entre 1989 y 2005 (Bauer, 2012b) o en España, en el periodo 1989-2010 (Bauer, 2013).

Los *Science and Engineering Indicators* de la NSF reflejan una concepción de la cultura científica muy influenciada por la definición de Jon D. Miller, y conjugan indicadores de comprensión pública de la ciencia que se analizan en conjunción con medidas cuantitativas de rendimiento científico. Los estudios homólogos, los Eurobarómetros Especiales, se centran principalmente en monitorizar la opinión pública sobre la ciencia o asuntos relacionados con ella. Otros estudios internacionales que se han revisado han sido: la *Encuesta en*

grandes núcleos urbanos, realizada por la FECYT, la OEI y la RICYT, por presentar resultados en varios países de Iberoamérica. También se ha incluido en la revisión el *Manual de Antigua* porque aspira a ser una propuesta alternativa hacia el desarrollo de una estandarización de indicadores de percepción pública de la ciencia y participación ciudadana en el ámbito iberoamericano. Finalmente, el *Estudio Internacional de Cultura Científica* de la Fundación BBVA, por utilizar una muestra de países que permite su comparación con los Eurobarómetros y los estudios de la NSF. Por ocuparse del ámbito español también se han tenido en cuenta los estudios de percepción social de la ciencia de la FECYT y la pionera Encuesta PICA.

Los resultados de estos estudios han sido analizados posteriormente por diferentes autores procedentes de disciplinas como la psicología, la filosofía de la ciencia o la sociología. Bauer (2012b), Cámara Hurtado y López Cerezo (2010), también Muñoz van den Eynde y Luján (2014) se han servido de los Eurobarómetros para profundizar en el estudio de la cultura científica. Quintanilla, Escobar y Quiroz (2011), así como Montañés Perales (2011a), han tomado como fuente los datos de las encuestas de la FECYT. Finalmente, centrándose en la dimensión social de la cultura científica, destacan los nombres de Godin y Guingras (2000) y Vogt (2012) quienes han hecho uso de otras fuentes de datos no menos relevantes que las mencionadas. Y prácticamente cada referencia ha trabajado un concepto de cultura científica distinto.

El elenco de concepciones de cultura científica disponible se ha desarrollado en el marco de las encuestas de comprensión social de la ciencia, propiciando un importante desarrollo de indicadores o índices de cultura científica más que de definiciones propiamente dichas. Como se ha visto en este capítulo, la selección de unos indicadores u otros, muchas veces condicionada por aquellos que estaban disponibles, reflejaba una cierta visión de la cultura científica. Esta proliferación responde a la ausencia de un marco teórico comúnmente compartido. Afirma Miguel Ángel Quintanilla:

“Un problema ampliamente reconocido por los expertos reside, sin embargo, en que no se dispone de un marco conceptual preciso sobre el campo que se quiere medir (una teoría de la cultura científica y tecnológica) y por lo tanto, tampoco está siempre clara la interpretación que se debe dar a los resultados que se obtienen de las encuestas”. (Quintanilla *et al*, 2011: 138).

Confirma la ausencia de un marco el hecho de que un importante volumen de literatura (artículos, capítulos de libro, etc.) sobre el análisis de la cultura

científica, de la comprensión pública o de la percepción social de la ciencia, comienza acotando cómo se va a entender la cultura científica. Aun habiendo rasgos distintivos, la mayoría comparten una estructura de análisis similar basada en tres dimensiones: epistémica, actitudinal y valorativa. La dimensión epistémica remite a elementos de la *alfabetización en ciencia*, la dimensión actitudinal y la valorativa remiten a elementos de la comprensión pública de la ciencia. En este esquema el nivel de cultura científica queda reducido al resultado de sumar lo que la gente sabe sobre ciertos hechos científicos (dimensión epistémica); el interés, o su falta de interés, las actitudes, positivas o negativas, de confianza o recelo hacia el desarrollo científico y tecnológico (dimensión actitudinal); junto con la valoración de los científicos y de los riesgos y beneficios asociados al desarrollo científico y tecnológico (dimensión valorativa). Niveles altos de cultura científica tienden a identificarse con un perfil concreto que se acerca mucho a la imagen de un científico, o a la imagen que aquellos que diseñan las encuestas parecen tener de un científico.

Los estudios de comprensión de la ciencia no miden “cultura científica” pero muchos de sus datos son interpretados en tales términos. En el otro lado, los estudios de cultura científica acaban reducidos a estudios de comprensión o de alfabetización. En el primer caso sirvan de ejemplo las encuestas de la FECYT, donde es característico el número de artículos que incorporan sobre el análisis del estado de la percepción de la ciencia y la tecnología en términos de cultura científica. En el segundo caso es ilustrador el *Estudio Internacional de Cultura Científica* realizado por la Fundación BBVA en 2012, centrado en la comprensión de la ciencia y las actitudes hacia ella. La ambigüedad semántica del término “cultura científica” provoca la convivencia de concepciones de la cultura científica que son inconmensurables entre sí (los presupuestos del indicador de Quintanilla son incompatibles con los presupuestos de la definición de López Cerezo, y al mismo tiempo con los de Vogt). Este marco dificulta enormemente la construcción de indicadores de cultura científica.

Con la mayoría de los estudios de comprensión pública y percepción social de la ciencia consolidados, las nuevas propuestas tienen poco espacio para desarrollarse. Las herramientas de medición actuales están sujetas a fuertes críticas, tanto metodológicas como conceptuales, pero desarrollar alternativas que abran nuevas vías o que propongan nuevos enfoques es una tarea difícil de realizar. Muchos textos que analizan los resultados de estos estudios demoscópicos contienen la verbalización de que es necesario investigar mejores herramientas de medición (entre muchos otros, Bauer, 2014 y Pardo, 2014a).

Hay que tener en cuenta que llevar a cabo una encuesta es costoso, se necesitan medios, bastante personal y mucho tiempo. Así que diseñar y/o contrastar nuevas herramientas que intenten superar las limitaciones de los cuestionarios actuales es un proceso muy lento. Además no se puede estar constantemente encuestando a la población para calibrar el cuestionario.

El desarrollo de un nuevo cuestionario suele estar guiado por el principio de comparabilidad. Las preguntas deben ser comparables con las de los cuestionarios anteriores, y siempre que sea posible, con las de otros cuestionarios. Introducir nuevas preguntas, modificar significativamente las existentes o incluso cambiar el orden en el que se realizan las preguntas, puede provocar desajustes importantes cuando se realiza el análisis posterior. Así que la comparabilidad pone a aquellos que diseñan los cuestionarios en la tesitura de valorar constantemente si es mejor dejar la pregunta tal y como está o arriesgar un cambio que quizá permita afinar el cuestionario a costa de su comparabilidad. Aunque se revisan todas las preguntas del cuestionario antes de cada oleada, hay ciertos ítems que forman parte del corpus de preguntas principales que no cambian. Las modificaciones se realizan prácticamente siempre en las preguntas periféricas, no en las del núcleo. Se ha realizado un análisis pormenorizado de un indicador concreto, las visitas a museos de ciencia, y se ha mostrado cómo una pregunta tan aparentemente concreta como “¿ha visitado un museo de ciencia en los últimos doce meses?” puede resultar un indicador poco preciso cuando se sitúa en contexto. Los problemas que una pregunta tan concreta presenta sugieren la necesidad de una actitud de cautela ante la interpretación de los resultados que arrojan los ítems de los cuestionarios, especialmente con aquellos susceptibles de una mayor ambigüedad, así como con los propios cuestionarios y su diseño.

La informática ha facilitado la realización de los estudios de comprensión social de la ciencia. Todo el proceso, desde la idea de hacer un cuestionario hasta la publicación de resultados, se ha visto afectado. La comunicación entre el grupo de expertos que prepara el cuestionario, la localización de la muestra, llevar a cabo la encuesta, construir la base de datos, el análisis de resultados, las publicaciones posteriores... todas las etapas se han agilizado en la era digital. La informatización de los datos recogidos por las encuestas ha abierto cotas de procesamiento de la información como nunca antes se habían alcanzado. Al mismo tiempo ha provocado una fuerte dependencia de las medidas cuantitativas, mucho más fáciles de procesar que las cualitativas. Se puede

obtener el número de respuestas afirmativas a una pregunta de una muestra de cinco mil personas en cuestión de segundos. Mucho más difícil es analizar la respuesta a una pregunta abierta de una muestra semejante. En el diseño de los cuestionarios suelen primar las preguntas cerradas, aquello que se quiere saber ha de estar expresado de forma cuantificable, de modo que puedan asignarse valores numéricos a las respuestas, pero no siempre es inmediato pasar de palabras a números y con frecuencia en la traducción se pierde o se modifica el sentido de lo que se quería medir.

La cuantificación ha venido acompañada de la especialización. El análisis de los datos se realiza a través de sofisticados complejos estadísticos como el Chi-cuadrado de Pearson, la prueba H de Krustal-Wallis o los modelos de ecuaciones estructurales, comprensibles solo para expertos en estadística y en el uso del *Statistical Product and Service Solutions*, el SPSS, un programa informático muy utilizado en las ciencias sociales para el análisis estadístico. La medición de la cultura científica se ha convertido en una suerte de ciencia, tiene su lenguaje disciplinar propio, su metodología y sus expertos. El artículo sobre el desarrollo de un modelo estadístico (Figura 58) para la comprensión pública de la ciencia de Anil Rai y Rajesh Shukla ilustra el alcance de esta especialización:

Figura 58: Modelo estadístico para PUS.

The estimate of variance for the parameter of the model can be obtained using Taylos approximation, i.e.

$$\hat{v}(\hat{\theta}) = \hat{\theta}^{-1} \hat{G} \hat{\theta}^{-1}$$

where $\theta = (\beta_1', \beta_2', \dots, \beta_1')$

$$\hat{\theta} = \sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^{nh} \sum_{j=1}^{mch} W_{hij} \hat{D}_{hij} \left(\begin{array}{c} \text{diag}(\hat{\pi}_{hij}) - \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \end{array} \right)^{-1} \hat{D}_{hij}$$

$$\hat{G} = \frac{n-1}{n-k} \sum_{h=1}^H \frac{n_h(1-f_h)}{n_h-1} \sum_{i=1}^{n_h} \left(\begin{array}{c} e_{hi} - \bar{e}_{h..} \\ \bar{e}_{hi} - \bar{e}_{h..} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \bar{e}_{hi} - \bar{e}_{h..} \\ \bar{e}_{hi} - \bar{e}_{h..} \end{array} \right)'$$

$$\underline{e}_{hi} = \sum_{j=1}^{mhc} W_{hij} \hat{D}_{hij} \left(\begin{array}{c} \text{diag}(\hat{\pi}_{hij}) - \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \hat{\pi}'_{hij} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} Y_{hij} - \hat{\pi}_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \\ \hat{\pi}_{hij} \end{array} \right)$$

$$\bar{e}_{h..} = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{nh} e_{hi}$$

Fuente: Rai y Shukla, 2012: 281-280.

Los expertos confían en su metodología y los legos confían en la legitimidad de los resultados obtenidos por los expertos. Esta cadena de confianza crea una dependencia de los estudiosos que reflexionan sobre el fenómeno de la cultura científica en los expertos en estadística. Esto ha llevado a que los grupos que crean los cuestionarios sean interdisciplinarios, pero también genera tensiones entre los objetivos de los miembros que afectan al diseño del cuestionario. La irrupción de una nueva herramienta de análisis, conocida como minería de datos (*Data Miner*), está ampliando el horizonte de medida. Se trata de un software capaz de explotar enormes conjuntos de datos de distinta procedencia, cualitativos y cuantitativos, que ya se está utilizando en el campo de la comprensión pública de la ciencia –véase por ejemplo el estudio de Segev y Baram-Tsabari (2012) sobre las pautas de búsqueda de información científica online basado en la minería de datos.

Capítulo 6

Una cultura científica para el *engagement*

Introducción

Desde la alfabetización en ciencia, transitando primero por el paradigma de la alfabetización científica y posteriormente por el de la comprensión pública de la ciencia, llegamos al *engagement*. Al igual que sus predecesores, el *engagement* surge de las insuficiencias del paradigma anterior. La revisión de la bibliografía reciente sobre esta cuestión conforma los primeros epígrafes de este capítulo. Uno de los aspectos que contribuye a debilitar la efectividad de las estrategias del *engagement* para acercar la ciencia a la sociedad es la vigencia del modelo de déficit, cuya influencia puede rastrearse en las en las concepciones de la cultura científica.

El camino que se ha recorrido hasta ahora ha llevado de la alfabetización científica a la cultura científica. Se ha mostrado cómo centrarse en el conocimiento y después en las actitudes e intereses, ha arrastrado el déficit hasta el presente. Las limitaciones en el paradigma de la alfabetización científica se intentaron superar en el paradigma de la comprensión pública de la ciencia, ha habido cambios en la concepción del público y en la concepción de la ciencia, en las estrategias para abrir el diálogo entre ambos y en los indicadores para medir el impacto de uno en el otro; pero también se han generado nuevos

desafíos y problemas en el *engagement*. En este devenir hacia el presente el público ha sido al mismo tiempo el origen de la reflexión y el principio de la neurosis (Bauer, Allum y Miller, 2007). Las primeras estrategias atendían a qué debía saber el público sobre la ciencia, posteriormente a qué actitudes debía tener y cómo debía sentirse frente al desarrollo científico-tecnológico, incluso en el *engagement* la preocupación se ha centrado en si debía participar y cómo. Estrategias formativas seguidas de estrategias de comunicación seguidas de estrategias de participación. Pero en estos últimos cincuenta años el mundo se ha movido, no es la misma ciencia, no es la misma sociedad. Ahora todo es más global, más micro, más macro, más rápido, más político y más económico.

Las voces de Sheila Jasanoff, Brian Wynne, Alan Irwin o Jack Stilgoe tienen un fuerte impacto en los debates sobre la relación entre la ciencia y la sociedad, y sus preocupaciones marcan gran parte de las agendas de investigación. Mientras ellos miran ya hacia aquello que viene después del *engagement*, a pie de pista proliferan los estudios y las contribuciones que formarán parte de la institucionalización del campo *Public Engagement with/in Science* (PES). A través de la propuesta de una cultura científica para el *engagement*, este trabajo aspira a alinearse con esos estudios y contribuir modestamente al avance en esta dirección.

6.1. El informe *Public Engagement in Science*

Cada uno de los paradigmas que describen Bauer, Allum y Miller (2007) guardaba relación con algún documento. En el caso del *engagement* un documento especialmente relevante es el informe *Public Engagement in Science*, publicado por la Comisión Europea en 2008. El informe da continuidad a los dos informes anteriores, y se hace eco de ellos. En la introducción del informe Janez Potočnik, en aquel entonces Comisario Europeo para la Ciencia y la Investigación, hace hincapié en la importancia de mejorar el diálogo entre la ciencia y la sociedad:

The current limitations in the dialogue between science and civil society have to be overcome. And it is our task to set up new ways which both empower the public and reward those scientists who engage constructively with civil society. By multiplying opportunities for people to get familiar with the many facets of science and encouraging partnerships between scientists and non-scientists, we will open up new directions towards innovation that both inspire researchers and meet people's expectations. (Potočnik, 2008: 5).

Desde principios del 2000 estamos asistiendo al tránsito de *Public Understanding of Science* a *Public Engagement with Science*, un desplazamiento que requiere revisar y renovar el contrato social para la ciencia.

If public engagement is a means to an end, what is that end? We believe that the goal should be a renewed social contract for science. (Wilsdon, 2008: 20)

Este informe recoge las aspiraciones del informe *Science and Society*: incorporar la voz social a la toma de decisiones mediante mecanismos como grupos focales o jurados de ciudadanos. Pero a diferencia de aquel, en este informe se asignan responsabilidades específicas para la comunidad científica que van más allá de fortalecer los canales del diálogo. El informe reconoce que la maquinaria de la I+D no proporciona demasiados incentivos para que los científicos dediquen tiempo a realizar actividades de *engagement*. “Incorporar la perspectiva social” es una estrategia que debería impregnar el sistema de producción científica, desde la formación del científico hasta la rendición de cuentas. El contrato social para la ciencia recoge condiciones para ambos firmantes, el diálogo requiere que ambas partes reconozcan y asuman su papel. Habilitar estructuras nuevas para incorporar la voz a la toma de decisiones y fortalecer las ya consolidadas son requisitos del *engagement*. Pero los medios para incorporar la voz social serán inútiles si la sociedad no responde, por ello serán necesarias estrategias para concienciar a la sociedad de la importancia de la participación democrática. Al mismo tiempo, favorecer la recepción significativa de la voz social a la comunidad científica requiere que los científicos reconozcan el valor del conocimiento social. La propuesta de “citizen scientist” de James Wilson, Brian Wynne y Jack Stilgoe (2005) se encamina en esta dirección, promover la formación de científicos que incorporen las cuestiones sociales a su práctica científica habitual.

La incorporación de la voz social lleva implícito el reconocimiento del valor del conocimiento no experto (Irwin y Wynne, 1996), de la epistemología cívica (Jasanoff, 2005). “El conocimiento del público” es importante tanto en el sentido de *conocer al público* como en el de *conocer lo que el público sabe*; en el primero se ha recorrido mucho camino gracias a las numerosas encuestas cuantitativas de opinión; es el segundo el que revisa y pone a prueba la credibilidad de la información científica (Wilsdon, 2008). El conocimiento no experto introduce preguntas distintas a las de la comunidad científica, incorpora la perspectiva político-social, aterrizando las cuestiones científicas en la arena política con

mayor facilidad que los científicos y, con frecuencia, proporciona las primeras señales de un problema de salud pública (Wilsdon, 2008).

James Wilsdon y Rebeca Willis (2004), fuertemente inspirados en los argumentos de Daniel Fiorino (1990) a favor de la democratización de la ciencia, exponen las razones principales que justifican la promoción del *engagement*:

- 1) Argumento normativo: uno de los ingredientes de la democracia es el diálogo, el *engagement* debe promoverse porque es lo correcto.
- 2) Argumento instrumental: los procesos de participación que se realizan sirven a intereses particulares. Las empresas, los gobiernos ven en el *engagement* un mecanismo para fomentar la confianza social en su capacidad de gestionar la ciencia.
- 3) Argumento sustantivo: los procesos de participación tienen como objetivo mejorar la calidad de la toma de decisiones, es el proceso de construcción conjunta entre la sociedad y la ciencia lo que proporciona soluciones más robustas.

El *engagement* no es solo mejor comunicación, las instituciones necesitan proporcionar oportunidades significativas para que la voz social tenga influencia en la toma de decisiones, asegurar la incorporación de los valores, esperanzas y aspiraciones sociales en los productos y procesos de la ciencia y la tecnología. El matiz que diferencia el *engagement* de los paradigmas anteriores, es la reivindicación explícita de incorporar a la sociedad “en los primeros estadios del proceso de investigación y desarrollo”¹²⁶ (Wilsdon, 2008: 17). Sin embargo, la percepción del *engagement* como una forma de hacer frente al impacto de la ciencia y la tecnología, y no como una estrategia deseable en el proceso de investigación y desarrollo, pervive con fuerza en la comunidad científica.

A diferencia de los informes *Public Understanding of Science* y *Science and Society*, este informe no contiene recomendaciones para mejorar el *engagement*. En realidad el informe recoge las principales aportaciones a la *Portuguese Presidency Conference “The future of science and technology in Europe”*, celebrada en Lisboa, entre el 8 y el 10 de octubre de 2007.

¹²⁶ Traducción propia.

Una vista panorámica de los artículos publicados en las revistas adscritas a los Estudios Sociales, concretamente *Public Understanding of Science* o *Science Communication*, muestra cómo muchas de las miradas del campo se han posado recientemente sobre el fenómeno del *engagement*. Reflejo de ello son las reflexiones de autores como Brian Wynne, Sheila Jasanoff, Jack Stilgoe o el propio Martin W. Bauer contenidas en el reciente monográfico de la prestigiosa revista *Public Understanding of Science* sobre *Public Engagement in Science*. No obstante el *engagement* lleva salpicando la literatura académica desde casi dos décadas y puede retrotraerse al informe *Science and Society* publicado por la House of Lords en 2000 (y que ya se ha abordado anteriormente en el epígrafe 3.5.).

En dicho monográfico sobre PES, Sheila Jasanoff (2014) plantea la necesidad de revisar el marco conceptual en el que estamos inmersos, el marco que ofrece el rótulo “public understanding of science”, abriendo cada uno de sus elementos, como si de cajas se tratase. En primer lugar recomienda una consideración del público como una dinámica que se constituye en relación a cambios en contextos sociales y no como una suerte de colectivos naturales. En segundo lugar aboga por virar la investigación en el campo de *Public Understanding of Science*, más que hacia la “comprensión de la ciencia”, hacia la “comprensión de las representaciones particulares de la ciencia”, y refiere la necesidad de reconocer los factores que influyen en la construcción de la ciencia como la política o la economía. Finalmente, señala, “ciencia” no es solo el conocimiento de un conjunto de conceptos científicos básicos. Lo que la gente necesita comprender es cuándo aceptar el consenso científico, cuándo confiar en los expertos y cuándo afirmar valores que parezcan contrarios a los sostenidos por los científicos.

“Público”, “comprensión” y “ciencia” son tres cajas negras que requieren de una severa revisión si el objetivo es avanzar hacia una relación entre la ciencia y la sociedad caracterizada por el *engagement*. El *engagement*, describe Rafael Pardo (2014a), es una relación entre la ciencia y la sociedad basada en el diálogo, y no una relación unidireccional y asimétrica como la que se asocia al término “understanding”, donde la ciencia debe ser comprendida por la sociedad. El flujo del diálogo debe ser bidireccional, la sociedad debe participar de la ciencia, lo que implica la relajación de la demarcación entre expertos y legos en la formulación de políticas públicas que involucran a la ciencia y a la tecnología. Por eso también se fomenta el uso de conferencias de consenso, la participación del

público en los paneles y otros mecanismos adoptados de la democracia participativa.

6.2. Una cultura científica para el *engagement*

Todos los esfuerzos parecen apuntar en la misma dirección. El programa “Science with and for Society” del *Horizonte 2020* es el instrumento para alentar que los actores sociales trabajen juntos durante todo el proceso de investigación y desarrollo. Desde el prisma educativo, el documento *Metas Educativas 2021*, publicado por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), da cuenta de la necesidad de una sana relación entre la sociedad y la ciencia. Hay un sentir común hacia la demanda de que ciencia y sociedad estrechen sus lazos por el beneficio de ambas. Y sin embargo, ¿por qué parece que nos movemos en círculos?, como se ha planteado Irwin (2008, 2014) canalizando la desazón de otros autores como Jasanoff (2014), Wynne (2014) o Stilgoe, Simon y Wilsdon (2014). Las críticas hacia el modelo lineal de comunicación, hacia la santidad del conocimiento experto o hacia el tratamiento homogéneo del público siguen vigentes hoy, más de 30 años después de su formulación (Irwin, 2014). Al igual que las constantes reivindicaciones del valor del conocimiento no experto, de la ruptura de la dicotomía entre expertos y legos, del diálogo, del imperativo democrático, etc. Como dice el autor, “solo cuando tengo un buen día puedo reconocer que hemos avanzado algo” (Irwin, 2014: 73). Llegados a este punto cabe preguntarse ¿por qué PES se parece tanto a PUS?

El diagnóstico parece ser la persistencia del modelo de déficit. Para Pardo, el *engagement* no supone verdadera ganancia conceptual respecto al modelo de déficit y la alfabetización científica. Tampoco para Irwin (2014) ni para Jasanoff (2014) ni para muchos autores del campo. El modelo de déficit actúa como marco definitorio de la relación entre la ciencia y la sociedad, y es un presupuesto sobre el que se han articulado los mecanismos establecidos para mediar entre la caja del público y la caja de la ciencia. Primero fue la alfabetización científica, luego la comprensión de la ciencia y ahora el *engagement*.

El término “paradigma” se retrotrae a Thomas Kuhn. Aunque la palabra existía antes de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn, apunta Ian Hacking en el ensayo que abre la reedición de 2013: “cambió el significado de la palabra ‘paradigma’ sin ayuda de nadie” (Hacking, 2013: 23). Kuhn cuenta cómo, durante su estancia en el Centro de Estudios Avanzados

sobre Ciencias de la Conducta de la Universidad de Stanford, convivió en una comunidad formada predominantemente por científicos sociales, lo que le permitió observar las diferencias existentes entre esas comunidades y las de los científicos naturales entre los que se había formado:

Me sorprendió en especial el número y la amplitud de desacuerdos patentes entre los científicos sociales acerca de la naturaleza de los problemas y métodos legítimos de la ciencia. Tanto la historia como la experiencia me hacían dudar de que los que se dedican a las ciencias naturales poseyesen respuestas a tales cuestiones más firmes o duraderas que las de sus colegas de las ciencias sociales. Aun así, de algún modo la práctica de la astronomía, la física, la química o la biología, normalmente no revela las controversias sobre cuestiones fundamentales que tan a menudo parecen hoy endémicas entre, por ejemplo, los psicólogos o los sociólogos. Los intentos por descubrir la fuente de tal diferencia me llevaron a darme cuenta de la función que desempeña la investigación científica en lo que desde entonces he dado en llamar “paradigmas”. Considero que estos son logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales. (Kuhn, 1962. Edición en español de 2013: 94).

Kuhn desarrolló la teoría de los paradigmas de la investigación científica en el ámbito de las ciencias puras, aunque el término se ha extendido y es de uso frecuente en otros campos, como el de las ciencias sociales o como el de la comprensión pública de la ciencia. Él mismo fue consciente de esta prolífica difusión del término “paradigma”, y dejó este sentir por escrito: “habiendo perdido el control de la palabra, de aquí en adelante los describiré como ejemplares.”¹²⁷ (Kuhn, 1970: 272).

Los paradigmas en las ciencias sociales no funcionan del mismo modo que en las ciencias puras, aunque pueden establecerse analogías que orienten la reflexión. Puede sugerirse que nos encontramos en una situación similar a la que proporciona la historia de la investigación eléctrica de la primera mitad del siglo XVIII, antes de que adquiriera su primer paradigma universalmente aceptado gracias a las investigaciones de Benjamin Franklin (Kuhn, 1962). Sería posible que aconteciera una situación similar en el caso de la cultura científica, un estado del arte en el que aún no hemos adquirido ese primer paradigma, porque, al igual que en el caso de la electricidad, disponemos de diferentes aproximaciones sobre un concepto, distintos enfoques que comparten lugares comunes. La

¹²⁷ Traducción propia.

necesidad de fomentar la cultura científica; las estrategias de su promoción a través de la educación, formal e informal, y de la comunicación; su reivindicación como vehículo para la mejora de la toma de decisiones en contextos democráticos; pero también su ligazón al modelo de déficit y su dependencia del conocimiento científico; y por supuesto, las herramientas para su medición, predominantemente cuantitativas; todos estos rasgos están presentes en las visiones de la cultura científica, aunque con particularidades dependientes en cada enfoque.

El hecho de que entre el paradigma *scientific literacy*, el *public understanding* y el *public engagement* –o *science and society* (Bauer, Allum y Miller, 2007)– tenga lugar una fuerte convivencia o solapamiento es síntoma de que ninguno de ellos se ha consolidado como el paradigma único, al menos no en el mismo sentido que el paradigma que proporcionó las investigaciones de Benjamin Franklin. Pero, como se acaba de decir, no hay razones para pensar que los paradigmas en las ciencias sociales funcionen del mismo modo que en las ciencias puras. En estas –las puras– la convivencia de paradigmas puede significar que no hay ninguno con la suficiente capacidad explicativa como para imponerse sobre los otros. Sin embargo, en las otras –las sociales– la convivencia de paradigmas es esperable, incluso deseable. La coexistencia de estos tres paradigmas permite ordenar y explicar distintos aspectos de la comprensión pública de la ciencia. Para cada uno de ellos se ha realizado un diagnóstico, se ha descrito el tipo de déficit, el modo de medir ese déficit y el modo de superarlo (Bauer, Allum y Miller, 2007). Así que en realidad el paradigma es el déficit, no la alfabetización, no la comprensión, no el *engagement*.

Prácticamente desde que se asentó como marco explicativo de la relación entre ciencia y sociedad, el modelo de déficit articuló, implícita y explícitamente, la enseñanza de las ciencias, la comunicación de la ciencia, e incluso el desarrollo de las políticas científicas. Bajo esta luz artículos como “Del déficit a la democracia” (Irvin, 2014) o “Del déficit al diálogo”, (Smallman, 2014), asfaltan un camino que va “De la alfabetización científica a la cultura científica” (Pardo, 2014a), es decir, manifiestan la necesidad de un cambio de paradigma.

Figura 59. La estructura de las revoluciones científicas propuesto por Kuhn.



Elaboración propia. Fuente: Kuhn, 1962.

Siguiendo el esquema de Kuhn (Figura 59), si el paradigma en el que estamos inmersos es el del déficit, cabe preguntarse si no estaremos entonces asistiendo a un periodo de crisis de paradigma. Recientemente diversos autores (Bauer, 2007; Pardo, 2014a; Cámara Hurtado y López Cerezo, 2014; Muñoz van den Eynde y Luján, 2014) han señalado que ciertos resultados que arrojan diferentes estudios no pueden ser explicados en el marco que proporciona el déficit. Pudiera ser que estemos en una fase de crisis de paradigma porque hay ciertas anomalías que el paradigma del déficit no puede explicar. Por ejemplo, la presencia de una población con bajo nivel de conocimiento científico, un alto aprecio de los efectos de la ciencia y una elevada confianza en las teorías científicas y en la propia comunidad científica. O la presencia de una población con alto nivel de conocimiento científico que es a la vez muy consciente de los beneficios, pero también de los riesgos. Estas anomalías aparecen “contra el trasfondo suministrado del paradigma” (Kuhn, 1962. Edición en español de 2013: 191). Cada vez más voces críticas señalan las limitaciones de este planteamiento. Quizá el déficit era funcional cuando el reto era una mayor alfabetización científica o una mejor comprensión de la ciencia, pero no lo es cuando el objetivo es romper la relación lineal y caminar hacia el diálogo. Es necesario, como ha señalado Jasanoff (2014) volver sobre los conceptos de ciencia, sociedad, y aquello que media entre ambas, abrir las cajas negras. La cultura científica puede ser la llave –o la palanca– que permita su apertura.

Avanzar hacia el objetivo del *engagement* requeriría de una cultura científica cuyo objetivo sea que la ciencia y la sociedad puedan mantener un diálogo entre pares, respetando sus diferencias y reconociendo que ambas partes poseen legitimidad para tratar cuestiones sociales que involucran numerosos aspectos de la ciencia y la tecnología. La concepción de cultura científica se ha asentado sobre el concepto de *alfabetización en ciencia*, y por ende sobre el modelo de déficit, diseñada *ad hoc* para orientar el análisis de los

resultados de los estudios de comprensión pública y/o percepción social de la ciencia. No parece haber una definición de cultura científica explícitamente diseñada desde el *engagement*, ni herramientas adecuadas para medirla. Del mismo modo que se ha medido la *alfabetización científica* con medidas de *alfabetización en ciencia*, se ha medido la cultura científica con medidas de comprensión pública de la ciencia. El reto a afrontar será el de caracterizar una cultura científica para el *engagement*, para la que puedan contruirse medidas y estrategias de promoción.

6.3. Pero, ¿qué cultura científica?

Al igual que sucedía con “scientific literacy” y “science literacy”, los términos “culture of science” y “scientific culture” han sido objeto de desacuerdo. En el artículo “What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model” Godin y Gingras (2000) utilizaban el término “S&T culture”, sin embargo posteriormente Godin (2012) propuso alternativamente el rótulo “culture of science” por tener, según indica, un significado menos restringido. Bauer hizo también hincapié en la necesidad de distinguir entre “cultura de la ciencia” y “cultura científica”. En el estudio *The culture of science in modern Spain* (Bauer y Howard, 2013) los términos conviven, pero a lo largo de trabajos recientes (Bauer, 2012a, 2013, 2014) los conceptos se han ido diferenciando para focalizarse en aspectos distintos de la relación entre la ciencia y la sociedad. Así la “cultura científica”, es aquella que “se desarrolla en universidades y laboratorios donde se genera el conocimiento y se materializa cada vez más en datos como doctorados completados, artículos publicados, patentes, citas e inversiones en I+D” (Bauer, 2013: 193), mientras que “cultura de la ciencia” es aquella que se desarrolla en la vida cotidiana y en público, y se materializa mediante conversaciones públicas cotidianas y diarias que incluyen contenido científico (2013: 194). Para Bauer, estos dos estereotipos de ciencia están circulando en la sociedad: “el ‘auto-estereotipo’ o científicos que se describen a sí mismos, y el ‘hetero-estereotipo’ que la ciencia recibe en la sociedad” (Bauer, 2014: 106). Este trabalenguas, que tan bien ha descrito Bruce Lewenstein, no hace más que abundar en el embrollo de los rótulos.

For example, I usually talk about "public understanding of science." When I first entered this field 25 years ago, many people referred to "popular science" or to "popularizing science." In French and Spanish, people referred to "vulgarization" and "divulgación." And there was then, and is still

today, a lot of discussion of "science literacy." In India, where I visited for the first time a few weeks ago, the term "scientific temper" is part of the national constitution, listed as one of the fundamental duties of the citizen. In the scholarly community, we have moved on to other terms. Many of us discussing these issues refer to "public engagement in science" or to "*culture scientifique*" (in French). That reference to culture shows up frequently. In Korea and China, for example, many of my colleagues refer to "science communication and science culture" (all in one phrase). Our meeting today is talks about the "promotion of scientific culture." In Latin America, the term "social appropriation of science" has been used a lot, pointing to the way that broader culture incorporates science. (Lewenstein, 2010: 15).

Como señalan López Cerezo y Cámara Hurtado (2009: 82), "la literatura especializada apela a conceptos diferentes –a veces intercambiables– para hacer referencia a esa vinculación entre la ciencia y la sociedad" y señalan las siguientes traducciones:

- Alfabetización científica (*scientific literacy*)
- Comprensión pública (*public understanding*)
- Percepción pública o social (*public perception*)
- Conciencia pública (*public awareness*)
- Cultura científica (*scientific culture*)
- Apropiación de la ciencia

Cuando los autores publicaron su artículo, en 2009, "apropiación de la ciencia" no parecía tener una traducción satisfactoria, en la actualidad se ha optado por la traducción literal "public appropriation", aunque el término en inglés no está muy extendido –es utilizado, por ejemplo, por Godin y Gingras (2000); también por Sørensen, Aune y Hatling (2000); y también, como señalan Schiele, Classens y Shi (2012), está presente en los estudios de comunicación social de la ciencia y la tecnología (PCST)–. Actualmente sucede el fenómeno inverso. "Engagement" permanece sin una traducción comúnmente aceptada – por ejemplo, en una reciente publicación en español, Pardo utiliza el término en inglés "engagement" (véase Pardo, 2014a).

La promoción de la cultura científica ha heredado los objetivos de la comprensión de la ciencia, que a su vez ha heredado los de la alfabetización científica: reducir los recelos y la desconfianza pública y alentar el consentimiento ante la investigación científica y sus avances, fomentar las vocaciones científicas que se traducen a la larga en un mayor número de

estudiantes que cursan carreras científicas y en un incremento de científicos, preparar a los individuos para vivir en una sociedad científica y tecnológicamente sofisticada y contribuir al desarrollo científico de una nación. Estos argumentos fueron recogidos por Thomas y Durant en su artículo de 1987, “Why should we promote Public Understanding of Science”, y posteriormente reexaminados en el artículo “Why should we promote Public Engagement with Science?” de Stilgoe, Simon, y Wilsdon, publicado en 2014 en la revista *Public Understanding of Science* –obviamente haciendo referencia al de Thomas y Durant–. Quizá en un futuro veamos publicado en la revista *Public Engagement with Science* el artículo “Why should we promote publicly engaged science?” que es la propuesta de Stilgoe, Simon, y Wilsdon (2014). Entre el artículo de 1987 y el de 2014 hay sustanciales diferencias. Ya no se pregunta por el *por qué*, sino por *cuándo*:

As engagement becomes the norm, the question is perhaps less ‘why’ and more ‘when’ should we promote public engagement with science? We cannot be the only researchers to have found ourselves recently offering enthusiastic scientists and policymakers advice on how and when *not* to engage. (Stilgoe, Simon y Wilsdon, 2014: 11. Énfasis en el original).

El *engagement* ha funcionado como un paraguas bajo el que se han llevado a cabo numerosas actividades de participación social de la mano de distintas instituciones (Stilgoe, Simon y Wilsdon, 2014). En este sentido ha sido un éxito. Pero los autores también señalan que:

It has been relatively easy to make the first part of the argument that monologues should become conversations. It has been harder to convince the institutions of science that the public are not the problem. (Stilgoe, Simon y Wilsdon, 2014: 8).

Las iniciativas de *engagement* han permitido abrir debates productivos sobre política científica y sobre los propósitos de la ciencia, muchos de ellos auspiciados y promovidos por las instituciones gubernamentales, pero, señalan, también se ha utilizado el *engagement* para cerrar importantes debates. Y es que hay un problema de fondo, que ha señalado también Jasanoff (2014), el público. Se ha puesto una “s” al público para resaltar su heterogeneidad, ahora ya no es *el público* de la ciencia sino *los públicos*, se ha puesto en mayúsculas para destacar su importancia, y pese a todo, el paso del déficit al diálogo se ha visto obstaculizado por una comprensión del público inadecuada. Stilgoe, Simon y Wilsdon (2014) demandan que el *engagement* necesita ser cualificado, como parte de un interés mayor y más ambicioso, como un interés de la idea de *publicly engaged science*.

6.4. Líneas maestras para una definición de la cultura científica

En ausencia de una teoría común de la cultura científica, pueden extraerse de la revisión bibliográfica y del análisis realizado a lo largo de este trabajo, los siguientes principios guía que han de actuar como marco para la construcción de una definición de la cultura científica acorde con los objetivos del *engagement*.

- La profunda interdependencia entre el sistema científico-tecnológico y el contexto social en el que se instala provoca que no pueda entenderse el primero al margen del segundo y afecta a la comprensión de ambos (Jasanoff *et al*, 1995; Hackett *et al*, 2008).
 - El desarrollo científico-tecnológico es un proceso social conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos. Es producto de dinámicas sociales.
 - El desarrollo científico-tecnológico es un recurso estratégico en la arena política y comercial.
 - La sociedad desempeña un papel fundamental en el tipo de política científica que se promociona, y por ende, en el desarrollo científico y tecnológico.
 - La ciencia no habla con una sola voz, debe hacer frente a problemas complejos que generan una fuerte incertidumbre.
- El conocimiento no experto puede desempeñar un papel crucial en el desarrollo científico y tecnológico, por ello es necesario incorporar al público en el proceso de investigación y desarrollo, no solo al final del proceso, sino en todas sus etapas, rompiendo con la rígida dicotomía expertos-legos y alejándose de una visión científicista (Wynne, 1992).
- El desarrollo científico-tecnológico tiene un fuerte impacto en la sociedad, y este impacto se traduce, no en beneficios o perjuicios, sino en beneficios y perjuicios (Funtowicz y Ravetz, 1993).
- La ciencia es solo uno de entre otros muchos asuntos que preocupan a la sociedad. La ciencia es importante, pero no más que la educación o la cultura (Bauer, 2012a).

La definición de cultura científica que se presenta a continuación se construye sobre la literatura académica revisada en los capítulos anteriores y de acuerdo con el marco expuesto. Esta propuesta aspira, por un lado, a avanzar hacia la superación de las limitaciones de los paradigmas anteriores, reconociendo el papel de la ciencia en la sociedad, pero también el de la sociedad en la ciencia; y por otro, a acortar la distancia que hay entre la

definición teórica de la cultura científica y la derivada de su medición, reconociendo que existe una dependencia entre *lo que es* la cultura científica y *cómo se mide*.

En aras de la claridad, es pertinente distinguir la cultura científica entendida como un *fenómeno*, de la cultura científica como *un conjunto de procesos* que tienen lugar en el individuo, en otras palabras, la *cultura científica* en sí, como una suerte de entidad abstracta, de los *procesos de apropiación de la ciencia* (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2007). La cultura científica se definirá a través de tres dimensiones (epistémica, actitudinal-valorativa y comportamental) que involucran distintos elementos, pudiendo rastrearse su presencia en el individuo mediante estudios de índole cuantitativa o cualitativa. A su vez, la cultura científica es el resultado de procesos de apropiación, los cuales tienen lugar en el individuo. Los fenómenos y los procesos no son observables del mismo modo. Es posible saber si un individuo ha aprendido a leer, incluso pueden establecerse grados de cumplimiento en el aprendizaje de la lectura y registrar datos de desempeño, pero en última instancia serán reconstrucciones más o menos precisas de procesos que están en marcha.

6.5. Cultura científica como fenómeno

La alfabetización científica, y la cultura científica, se ha definido como un concepto constituido por dimensiones. El término “dimensión” ha sido utilizado por Miller ya en su reivindicación de una ampliación del contenido de la alfabetización científica (Miller, 1983). También Durant, Evans y Thomas (1992) hablan de dimensiones; aunque otros se han referido a niveles, como por ejemplo Shamos (1995) o Bybee (1997). “Dimensión” es frecuentemente utilizado por expertos en la medición de la comprensión social de la ciencia, por ejemplo Pardo y Calvo (2002, 2006); Cámara Hurtado y López Cerezo (2010) o Bauer y Howard (2013). Aunque utilizar este término es una práctica habitual en la literatura no hay una justificación explícita de por qué la cultura científica, o la alfabetización científica, se define a través de dimensiones más allá de que “dimensión” parece haber sido un término afortunado. En la vigesimosegunda

edición del Diccionario de la Real Academia Española, “dimensión”, en su tercera acepción, reza¹²⁸:

3. f. *Fis.* Cada una de las magnitudes de un conjunto que sirven para definir un fenómeno.

En virtud de esta definición, resulta bastante apropiado utilizar un concepto de corte científico para definir el fenómeno de la cultura científica, de modo que en este trabajo, y siguiendo la pauta general, se mantiene el uso del término “dimensión” en el análisis de la cultura científica.

En lo que concierne a las dimensiones –las magnitudes– de la cultura científica, prácticamente todos los autores revisados han hecho referencia a una dimensión epistémica (por ejemplo: Durant, Evans y Thomas, 1992; Miller, 1998; Pardo y Calvo 2004; Bauer y Howard, 2013). En la medición de esta dimensión se ha tenido en cuenta el conocimiento de los constructos científicos básicos y la familiaridad con el método científico. Del mismo modo, gran parte de la literatura del campo PUS se ha centrado en la medición de una dimensión evaluativa (Pardo y Calvo, 2006) que atiende a las facetas y actitudes hacia la ciencia (Bauer y Howard, 2013), o una suerte de comprensión de los impactos del desarrollo científico tecnológico (Miller, 2006); en definitiva, una dimensión que incorpora las actitudes, los intereses y los valores de los individuos hacia la ciencia. En su artículo de 1983, Miller señalaba que la comprensión de las normas de la ciencia y el conocimiento de los principales constructos científicos constituían las dimensiones tradicionales de la alfabetización científica y, añadía, que si la alfabetización científica aspiraba a convertirse en algo verdaderamente relevante, debía incluirse una tercera dimensión, la de la comprensión del impacto social de la ciencia y la tecnología. En un sentido análogo, podría decirse que: la epistémica y la actitudinal-valorativa constituyen las dimensiones tradicionales de la cultura científica, pero si la cultura científica aspira a no quedar reducida a “comprensión pública”, si aspira a ser una herramienta de apropiación significativa de la ciencia en el *engagement*, construida sobre un modelo dialógico y no deficitario, entonces, debería incluirse una tercera dimensión: la comportamental.

¹²⁸ Las otras acepciones de “dimensión” son: 1. f. Aspecto o faceta de algo. 2. f. Longitud, área o volumen de una línea, una superficie o un cuerpo, respectivamente. 4. f. *Fís.* Expresión de una magnitud mediante el producto de potencias de las magnitudes fundamentales. 5. f. *Mús.* Medida de los compases.

La cultura científica ha de atender a los conocimientos y las creencias científicas de los individuos; a los intereses, valores y actitudes que mantienen; a cómo se comportan y por qué; y, finalmente, a cómo la reorganización de estos elementos tiene efectos sobre el comportamiento. La medición de la alfabetización científica ha estado estrechamente vinculada a los componentes epistémicos, la medición de la comprensión pública de la ciencia lo ha estado a los valores y las actitudes, la medición de la cultura científica debería incluir, al menos, medidas de disposición al comportamiento y a ser posible, medidas del comportamiento en sí. Si bien las primeras pueden incorporarse a los estudios de comprensión pública y percepción social de la ciencia, como ya se ha hecho en algunos casos, medir los comportamientos requerirá probablemente mirar hacia otro tipo de estudios.

Sobre la base de los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia descritos por Bauer, Allum y Miller (2007), pueden distinguirse al menos tres paradigmas de la cultura científica (Figura 60). Al igual que en los paradigmas explicitados por los autores, en los paradigmas de la cultura científica no tiene lugar la sustitución de uno por otro, pero, a diferencia de ellos, no se da un solapamiento, sino una suerte de acumulación o de inclusión de las dimensiones previas en un marco más amplio.

Figura 60. Paradigmas de la cultura científica.

Paradigmas de la cultura científica	Núcleo de investigación	Paradigmas de la comprensión pública de la ciencia (Bauer, Allum y Miller, 2007)
Alfabetización en ciencia y Alfabetización científica	Dimensión epistémica	<i>Science literacy</i>
Comprensión social de la ciencia	Dimensión actitudinal y valorativa	<i>Public understanding of science</i>
Cultura científica	Dimensión comportamental	<i>Public engagement with science</i> ¹²⁹

Elaboración propia.

¹²⁹ Aunque ya se explicitó en el capítulo 3, Bauer, Allum y Miller (2007) no utilizan el rótulo “Public engagement with science” sino “Science in-and society”.

i) La dimensión epistémica

De forma generalizada, en todas las definiciones de alfabetización o cultura científica, se apela al conocimiento y/o comprensión de los conceptos científicos básicos como elementos de la alfabetización o enculturación científica. De forma casi unánime, se acepta como uno de esos elementos un vocabulario de constructos científicos básico (Miller, 1998), o una comprensión de conceptos científicos básicos (Shen, 1975a), o de los productos intelectuales de la ciencia (Durant, Evans y Thomas, 1992). Y también se han construido medidas similares para esta dimensión: el conocimiento científico era parte del indicador del SCI de Shukla y Bauer (2007), también la Fundación BBVA (2012) incluía estas medidas en su estudio de cultura científica, así como la Encuesta PICA (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja (eds.), 2014).

Gran parte de la literatura en el marco de *Public Understanding of Science* se ha enfocado al estudio de la relación entre el conocimiento científico y las actitudes hacia la ciencia y, pese al esfuerzo invertido, no parece haber evidencias concluyentes al respecto. Muñoz van den Eynde, por ejemplo, ha señalado que “la influencia del conocimiento científico en la percepción social de la ciencia no se ha podido establecer con claridad” (2014a: 65). También Pardo ha hecho énfasis en “el limitado poder explicativo de la variable ‘conocimiento’” (2014: 61). La batería de preguntas que tradicionalmente se ha utilizado para medir el conocimiento científico no permite discriminar a quienes tienen más cultura científica y presentan un efecto techo, siendo relativamente sencillo obtener la máxima puntuación. Los problemas para medir el conocimiento científico también han sido referidos por otros autores, incluso por Miller (1983). La mayoría de las preguntas se realizan sin proporcionar el contexto (Wynne, 1995); no se atiende a otro tipo de conocimiento que pueda ser relevante para los individuos en su vida diaria (Irwin y Wynne, 1996; Lewenstein, 2003), las preguntas no permiten discriminar entre los conocimientos memorizados y los comprendidos (Pardo y Calvo, 2004)¹³⁰.

Las preguntas de alfabetización que se consolidaron durante la década de los 80 poco se han renovado desde entonces. Como ha señalado Liu (2009), se

¹³⁰ Para contestar a las diez preguntas de alfabetización científica presentes en el cuestionario de la FECYT de 2014 se lanzó una moneda al aire. El resultado fue de seis aciertos frente a cuatro fallos. Aprobado.

ignora el hecho de que la ciencia está en constante evolución, las preguntas de alfabetización científica recogen principios y teorías científicas enunciadas de forma sintética, descontextualizada y exenta de valores, dejan fuera la ciencia de frontera, y la ciencia actual. En este sentido la encuesta PICA (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014) abrió una vía que retomaba las preocupaciones de Durant, Evans y Thomas (1992) y Miller (1998) presentando una innovadora batería de preguntas¹³¹ que abordan la familiaridad de las personas con algunos debates, dilemas y controversias públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología. Los informes del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (Informe PISA) utilizan una metodología alternativa para evaluar el conocimiento científico y el conocimiento del método científico que puede servir de inspiración a los estudios de percepción y comprensión (OCDE, 2006), aunque como señala Godin:

Unfortunately, statistics on education are usually not part of series on scientific statistics. In government departments, separate divisions are responsible for education and science, so separate documents and statistical series are produced (Godin, 2012: 23).

Una definición de cultura científica que aspire a incorporar los elementos tradicionales en un marco más amplio, que constituya una alternativa viable y se adapte a los retos que presentan las relaciones entre la ciencia y la sociedad, debe albergar los elementos epistémicos tradicionales e incluir cuestiones de conocimiento científico actual y elementos metacientíficos. Como ya se ha señalado aquí y anteriormente (García Rodríguez y Laspra, 2011) el modelo de déficit cognitivo se asienta sobre una concepción ingenua del conocimiento científico, así como una imagen idealizada de la práctica científica, entendida esta como una actividad autónoma y valorativamente neutral, cuyo producto son las teorías científicas y cuya herramienta de demarcación es el método científico. El giro historicista que germinó en *The Structure of Scientific Revolutions* de Kuhn desveló una imagen de la ciencia más cercana a la práctica científica, a las leyes y a los mecanismos de explicación realmente existentes, que incorporaban aspectos históricos, sociales y cognitivos. Autores cuyos escritos comenzaban a dar forma al campo de los Estudios Sociales de la Ciencia –como Bloor (1976),

¹³¹ Las preguntas se centraron en temas de ciencia actual y se organizaron en torno a cinco temas: células madre, clonación, bosón de Higgs, energía nuclear y redes sociales. Cada tema incluyó cinco preguntas: dos sobre alfabetización científica, una sobre metaconocimiento, otra sobre actitudes y una última sobre disposición a actuar en relación con el tema, trazando así una línea que va desde la alfabetización científica a la disposición a la acción (Muñoz van den Eynde, 2014a).

Latour (1987)–, emprendieron una crítica teórica de la visión tradicional de la ciencia como actividad independiente de los contextos en los que se desarrolla. Una crítica que cimentó una nueva concepción de la ciencia que involucraba la incertidumbre (Funtowicz y Ravetz, 1993), y el riesgo (Jasanoff, 1995). El contexto que proporciona el reconocimiento de una ciencia postnormal (Funtowicz y Ravetz, 1993) parece especialmente apropiado para perfilar el contenido de la cultura científica, dar cabida al riesgo, a la incertidumbre, al conocimiento de controversias, de los beneficios y de los perjuicios. Si bien estos elementos han sido tenidos en cuenta en algunas de las definiciones de cultura científica, especialmente en las más recientes (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008; Pardo, 2014a), apenas se han desarrollado indicadores para medirlos. A pesar de los cambios en la concepción académica de la ciencia, la visión dominante en el campo de la cultura científica continúa constreñida por la noción tradicional de ciencia en tanto que no se incluyen contenidos de carácter metacientífico procedentes de la sociología, la política o la filosofía de la ciencia, omitiendo los conocimientos y las creencias sobre usos políticos, influencias económicas, dilemas éticos de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, así como los impactos negativos, los riesgos y las incertidumbres.

La dimensión epistémica comprende asimismo los conocimientos científicos tradicionales sobre ciencia escolar que se han venido midiendo con preguntas de alfabetización, aunque sería conveniente su actualización y ampliación para dar cabida a cuestiones sobre tecnología o informática. Las cuestiones sociales que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología sujetas a controversia dependen del contexto histórico-social y, aunque surgen nuevas, ciertos temas como el cambio climático, el uso de la energía nuclear o las vacunas resurgen periódicamente con fuerza, conformando un cuerpo de controversias cuyo conocimiento por parte de los individuos puede ser significativo para la cultura científica de la sociedad. Incluir en los cuestionarios de cultura científica preguntas sobre nuevas controversias y sobre controversias *escolares* –por analogía con la ciencia escolar–, podría aportar información valiosa sobre la salud de la cultura científica.

Vinculadas con las anteriores, también serían deseables medidas para conocimiento de los beneficios, de los perjuicios y de los riesgos que conlleva el desarrollo científico y tecnológico. Otras medidas que podrían adscribirse a esta dimensión, y que resultarían de gran utilidad, tanto para el diseño y la orientación de las políticas científicas como para los organismos e instituciones públicas de investigación como el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) o la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), son

aquellas relacionadas con la regulación jurídica de la ciencia y el conocimiento sobre las estructuras institucionales.

ii) La dimensión actitudinal-valorativa

El relativo consenso en la literatura especializada sobre el contenido de la dimensión epistémica contrasta con la situación de la dimensión que se ha venido denominando bajo los rótulos “actitudinal” y/o “valorativa”. Para Miller (1998) esta dimensión incluía un cierto nivel de comprensión del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Durant, Evans y Thomas (1992) también hacían referencia a una dimensión que atendía a la comprensión de las estructuras institucionales de la ciencia. Si bien el documento *Science for All Americans* fue determinante para la concreción del contenido de la dimensión epistémica, para fijar el contenido de la dimensión actitudinal-valorativa no se contó con ningún documento de apoyo específico y, si hubiera que mencionar alguno, probablemente sería la encuesta de Davis (1958). Aun así habría una significativa diferencia entre ambos. El objetivo de *Science for All Americans* no era el de construir medidas para la alfabetización científica sino el de proponer un currículum para la enseñanza de la ciencia; el objetivo de *The Public Impact of Science in the Media* sí habría sido medir las actitudes sociales hacia la ciencia y la tecnología. Las preguntas actuales de comprensión pública y/o percepción social de la ciencia son herederas de aquellas, y, en gran medida, el contenido de esta dimensión ha sido acotado por ellas. Los esfuerzos para medir el entramado de actitudes, intereses y valores de la sociedad hacia la ciencia han generado tanta literatura que contribuyeron significativamente a la creación y consolidación del campo *Public Understanding of Science*.

Las medidas de esta dimensión no se han construido al margen de la dimensión cognitiva, Shukla y Bauer (2007: 13) describen “PUS” con la fórmula “alfabetización científica + actitudes”, y Pardo (2014a: 61) ha sintetizado la particular relación entre conocimiento y actitudes propia del paradigma PUS bajo la forma: “+ C → + A”, donde “C” significa “conocimiento” y “A”, “actitud”. Esta relación ha acumulado un sustancial número de críticas, aunque en los Eurobarómetros de principios de 1990 sugerían una inconsistencia de los resultados con el axioma PUS, ha sido Bauer (2009), con su visual “U invertida”, quien ha desencadenado un cambio radical en la comprensión y en la medición de esta relación. Dado que los datos muestran inequívocamente que los valores y

las actitudes hacia la ciencia son mucho más favorables de lo que cabría esperar teniendo en cuenta el nivel de conocimiento, la pregunta, de la mano de Pardo (2014a: 61), es: “¿Qué es lo que explica, entonces, que un individuo que sabe poco de ciencia, tenga una imagen positiva o muy positiva de la ciencia?”.

Parte de la justificación de este desajuste ha recaído sobre el propio diseño de los cuestionarios de las encuestas y se ha atribuido a la escasa capacidad de los indicadores para medir y detectar otro tipo de actitudes que no encajen en las etiquetas “favorable” o “desfavorable”. Muñoz van den Eynde y Luján (2014) llevaron a cabo una exhaustiva búsqueda de una actitud negativa hacia la ciencia en la población española, cruzando datos de dos encuestas realizadas en 2010: el *Eurobarómetro 73.1* y la *Encuesta de Percepción Social de la Ciencia en España 2010* de la FECYT. Lo que encontraron, más que una actitud negativa, fueron diferencias de matiz entre grupos que denominaron “realistas”, “conformistas” y “escépticos”. Destaca, en esta línea, el trabajo de Cámara Hurtado y López Cerezo (2014) acerca de la valoración de riesgos y efectos negativos de la ciencia que realizaron sobre la base de la Encuesta Iberoamericana (FECYT-OEI-RICYT, 2009). Como ya se ha mencionado, el segmento poblacional que percibe muchos riesgos y muchos beneficios del desarrollo científico-tecnológico recibe el nombre “mucho-mucho”: “individuos optimistas, pero reflexivos, ya que reconocen que los posibles beneficios de la ciencia y la tecnología no están exentos de riesgos asociados” (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2014: 172). También los resultados de la encuesta PICA (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja (eds.), 2014) apuntan a la existencia de un grupo denominado “prudentes”: “personas que tienen una visión positiva de la ciencia y la tecnología, asociándola fundamentalmente con el progreso y utilidad, pero que son conscientes de la complejidad y el riesgo inherentes a esta actividad” (Muñoz van den Eynde, 2014a: 67).

Pese a que las encuestas de comprensión pública y percepción social de la ciencia no parecen estar diseñadas para detectar la presencia de una actitud crítica que no sea la del simplista pesimismo anticencia, estos autores son capaces de sacarla a la luz sirviéndose de los mismos recursos estadísticos empleados con propósitos diferentes. Su esfuerzo responde al reconocimiento de que una “actitud crítica ante la ciencia (en el sentido de conciencia crítica, no de rechazo anticientífico) puede contribuir a la aproximación ciencia-sociedad, a la buena salud de las políticas públicas en la materia y a fortalecer una ciencia al servicio de la sociedad” (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2014), y por lo tanto es

deseable promover este tipo de actitudes, así como construir indicadores que permitan medirlas y comprenderlas. Para captar esta actitud crítica, sería recomendable incluir entre los componentes que suelen conformar esta dimensión, la valoración positiva y negativa de los resultados de la ciencia y la percepción de riesgos y beneficios como elementos separados, como ya señaló Miller (2004) y argumentaron Cámara Hurtado y López Cerezo (2014).

iii) La dimensión comportamental

La necesidad de construir un nuevo programa de investigación para la cultura científica que supere las limitaciones metodológicas y conceptuales del campo PUS ha sido puesto de manifiesto por Rafael Pardo (2014a), para el autor, el objetivo de la cultura científica no es que el individuo o la sociedad consienta a los resultados y a la práctica científica, sino:

[...] individuos capaces de discriminar mejor entre conocimiento validado y espurio, identificar las fuentes de conocimiento ‘autenticado’, adquirir de manera eficiente la información requerida o imprescindible para resolver un problema o alcanzar un objetivo, explorar conocimientos del dominio, o los dominios, de su interés personal, en definitiva ‘empoderarlos’ en su acción en las esferas pública y privada. (Pardo, 2014a: 66).

Si los autores mencionados en la dimensión actitudinal-valorativa ponían de manifiesto la necesidad de introducir cambios en los cuestionarios, Pardo propone una alternativa sociológica de corte mertoniano. Las teorías de alcance intermedio¹³² (*middle-range theory*) son teorías orientadas a explicar la conducta social que pueden ofrecer un potente marco de análisis de las percepciones, especialmente si se completan con estudios cualitativos de caso sobre las imágenes de la ciencia que están funcionando en la sociedad (Pardo, 2014a). La vía de investigación que sugiere Pardo es la inclusión de variables culturales en los modelos explicativos –ejemplos de estas variables son: conocimiento,

¹³² Las teorías de alcance intermedio son frecuentemente utilizadas en sociología para guiar la investigación empírica. Fueron definidas por Merton (1949. Reimpreso en 1968: 38) como: “teorías que están ubicadas entre las hipótesis de trabajo, menores pero necesarias, que se producen en abundancia durante la investigación diaria, y los esfuerzos sistemáticos para desarrollar una teoría unificada que explique todas las uniformidades observadas de la conducta, la organización y el cambio social”.

moralidad, utilidad, riesgo, confianza, imprudencia, natural/no natural, jugar a ser Dios o dignidad (Pardo, 2014a).

En línea similar, distanciándose de la concepción tradicional, López Cerezo y Cámara Hurtado afirman que “ser científicamente culto no sólo es saber más ciencia, sino también ‘practicar la ciencia’: llevarla a la vida diaria a través de la potencialización de las capacidades de los individuos para tomar decisiones y elegir cursos de acción” (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2007: 41). Al igual que Pardo (2014a), se inspiran en Dewey; entienden la apropiación de la ciencia como un proceso que, en última instancia, genera cambios en las disposiciones comportamentales en el individuo y lo predispone a hacer uso de la información científica. Al interesarse por los comportamientos (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005; Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008), estos autores vuelven sus miradas hacia el filósofo pragmatista –a quien Miller atribuyó el origen de la preocupación por la actitud científica (Miller, 1983)–. Si el cambio comportamental es el horizonte natural de la reestructuración de las creencias (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2009), es coherente extender el análisis de la cultura científica a los comportamientos.

El Informe Davis aspiraba a profundizar en la comprensión de una conducta específica, la de consumir noticias científicas. La hipótesis sobre la que se sustentaba era que las habilidades, los intereses y las motivaciones tenían efectos en los comportamientos de los individuos. El análisis de estos factores permitiría perfilar una imagen más precisa del consumidor de noticias científicas. Por ello, en este trabajo, más que añadir una dimensión a la cultura científica, lo que se hace es recuperarla, hacerla explícita e integrarla con las dimensiones ya asentadas. En realidad, preguntas sobre lo que hacen los individuos ya han sido incluidas en los cuestionarios de las encuestas de la FECYT (2005, 2007, 2009, 2011, 2013) y se mantienen en la última oleada de 2014, cuya publicación de resultados está prevista para el otoño de 2015. Medidas de esta índole también tienen cabida en el *Manual de Antigua*. Si bien, por su metodología, estas preguntas solo pueden aspirar a medir el testimonio verbal sobre cierta inclinación al comportamiento. Por ejemplo, permiten recoger la opinión de un encuestado sobre qué tipo de información tendría en cuenta a la hora de tomar una decisión importante relativa a una operación médica de alto riesgo (FECYT, 2013), pero la respuesta no asegura que, llegado el momento, lo haga, incluso es posible que nunca se de la situación en la que tenga que tomar esa decisión. De igual modo, los cuestionarios únicamente pueden registrar los testimonios de los

encuestados sobre si leen o no los prospectos de los medicamentos, las etiquetas de los alimentos, si prestan atención o no a las especificaciones técnicas de los aparatos electrónicos, si se mantienen informados o no ante una alerta sanitaria o si consultan o no el significado de un término cuando no lo comprenden (FECYT, 2013), y esperar, además, que su respuesta refleje realmente su realidad.

Una posibilidad para estudiar el comportamiento de los individuos es mediante grupos focales diseñando simulaciones que pongan a los individuos ante la tesitura de tomar una decisión sobre una controversia científica, proporcionándoles información previa y monitorizando la discusión, registrando cómo se posicionan y argumentan las posturas los diversos participantes¹³³. Las preguntas sobre disposición a los comportamientos presentes en los cuestionarios podrían constituir un buen punto de partida para desarrollar medidas para la dimensión comportamental. El caso de los museos es claro. Como se ha mostrado, en los cuestionarios suele incluirse un ítem que recoge si el encuestado ha realizado o no una visita a estas entidades. Podría ser revelador contrastar el porcentaje de encuestados que afirmaron haber realizado una visita a un museo de ciencia en los últimos doce meses con el recuento de visitas que registran los museos. Una de los ítems del cuestionario de la FECYT (2013) pregunta al encuestado si estaría dispuesto a incorporar la ciencia entre sus donaciones desinteresadas de dinero¹³⁴, el porcentaje de encuestados que responden afirmativamente podría ponerse en relación al dinero recaudado a través de iniciativas como el *crowdfunding*¹³⁵. Encontrar un modo de comparar el

¹³³ El Grupo ARGO está formado por un grupo de profesores asturianos que vienen trabajando desde hace años en la elaboración de materiales y propuestas didácticas para la educación CTS. Los casos simulados CTS, diseñados por el Grupo ARGO, consisten en la articulación educativa de controversias públicas relacionadas con desarrollos tecnocientíficos que tienen implicaciones sociales o medioambientales. Son materiales para trabajar con grupos acotados. “A partir de una noticia ficticia, pero absolutamente verosímil, se plantea una situación de controversia en la que intervienen varios actores sociales con ideas, intereses u opiniones diversas en relación con el asunto del que se trate” (Martín Gordillo, 2003: 390)

¹³⁴ Una pregunta parecida se encuentra en el cuestionario de la PICA (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014): Si se organizara una campaña por Internet en la que te pidieran que enviaras un mensaje de texto (con el coste de 1,5 €) para financiar la investigación del bosón de Higgs, ¿cuál crees que sería la probabilidad de que participaras?

¹³⁵ El *crowdfunding* es, según consta en la página web de la Asociación Española de Crowdfunding (<http://web.spaincrowdfunding.org/>), un sistema de cooperación que permite a cualquier persona creadora de proyectos, reunir una suma de dinero entre muchas personas para apoyar una determinada iniciativa. Recientemente la FECYT ha publicado una noticia en este sentido donde se refiere que “De los 62 millones de euros recaudados en España durante

porcentaje de encuestados que afirman leer las etiquetas de los aparatos electrónicos con la realidad es una tarea, a fecha de hoy, impracticable. Pero podrían incluirse otras preguntas teniendo en cuenta otras bases de datos ya existentes, una posibilidad que ya ha sido mencionada por Bauer:

It seems obvious that we cannot assume that science culture resides exclusively in public perceptions assessed through nationally representative surveys and questionnaires. [...] The problem is access to, but also the existence of, such data. However, some data streams are already developed to a practical level and will need to be considered in the construction of future indicators of science culture. Discourse-based indicators of mass media coverage of science are very promising. Tabulations of science event making in consensus conferences and other participatory forums are also useful sources of international comparisons, and so are recent attempts to assess the mobilization of scientists for the purpose of public engagement at individual level. (Bauer, 2012a: 308).

Es importante destacar que no se trata de medir el comportamiento en general, sino de atender a aquellos comportamientos o disposiciones comportamentales que se asientan sobre la posesión de información científica o la reestructuración cognitiva previa provocada por el consumo de información científica. Sería deseable que las preguntas que atienden a medir la disposición a hacer uso de información científica en situaciones ordinarias y extraordinarias de la vida, estuvieran más relacionadas con las preguntas sobre los comportamientos. La encuesta PICA contiene indicadores que se desarrollaron específicamente para intentar evaluar la relación entre el conocimiento científico y las acciones que realizan los individuos (véase García Laso, Martín Sánchez y Muñoz, 2014). Los primeros resultados apuntan a que la disposición a la acción varía en función del conocimiento científico que poseen los individuos, pero hay otros factores que afectan a las disposiciones comportamentales. En qué medida el conocimiento científico afecta al comportamiento y hasta qué punto los individuos hacen uso, consciente o inconsciente, del conocimiento científico que poseen para tomar decisiones, siguen siendo cuestiones abiertas.

2014 para proyectos utilizando crowdfunding, [...] 800.000 euros se destinaron al crowdfunding de donación y de esta cantidad, 200.000 se destinaron a Ciencia” (FECYT, 2015: online).

6.6. Procesos de enculturación científica

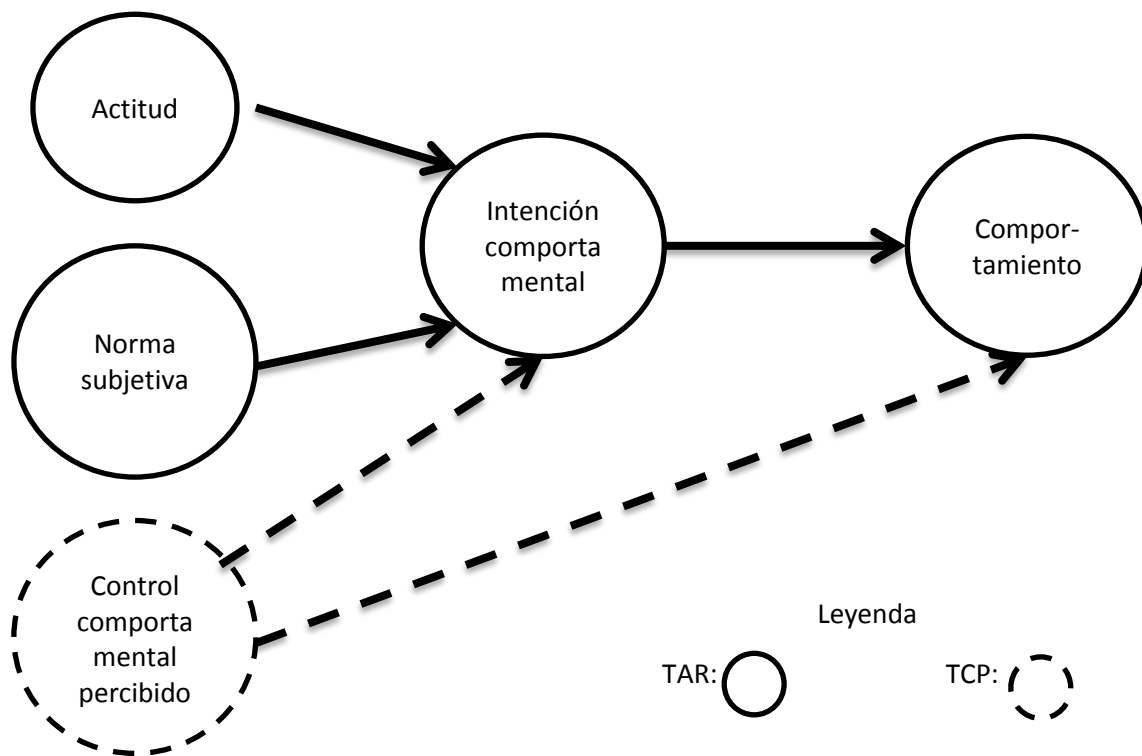
Aunque puede traducirse literalmente al inglés, el término “science appropriation”, no es de uso frecuente en el ámbito anglosajón ni parece haber un término análogo satisfactorio. La bibliografía específica en español sobre la apropiación de la ciencia es escasa. Algunos aportes están recogidos en el monográfico *Apropiación social de la ciencia* de la *Revista CTS*, publicado en 2008; el volumen, también con el título *Apropiación social de la ciencia*, editado por López Cerezo y Gómez González y publicado en 2008; o la contribución de Pardo (2014a); en realidad “apropiación social de la ciencia” tiene más presencia en el ámbito latinoamericano (véase: Hoyos, 2002; Vessuri, 2002; Frankenberg *et al*, 2012; Blanco Rangel, 2013; Roatta Acevedo, 2013) y aparece vinculado a programas gubernamentales latinoamericanos de apoyo al sistema Nacional de Ciencia y Tecnología¹³⁶. El término “enculturación científica” se utiliza a veces como alternativa semántica de apropiación de la ciencia, no habiendo en la literatura especializada una distinción consolidada entre “apropiación de la ciencia” y “enculturación científica”. Sin embargo pueden establecerse matices de significado entre uno y otro.

“Apropiación social de la ciencia” se refiere a los procesos que tienen lugar en el individuo, y consiste en el enriquecimiento cognitivo y en la reestructuración de las creencias en base a la adquisición de nueva información científica (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2008). Es decir, *apropiarse de la ciencia* es algo más que ser dueño o estar en posesión de conocimiento científico (Barrio Alonso, 2008). Sin embargo, el significado de “enculturación” parece captar mejor este sentido de *apropiación*, en tanto que se refiere al “proceso por el cual una persona adquiere los usos, creencias, tradiciones, etc., de la sociedad en que vive” (DRAE, 2012). Un individuo podría apropiarse de una tecnología, como pasar del teléfono analógico al digital, sin que se operen cambios cognitivos significativos, pero cuando tiene lugar la enculturación, el sujeto cambia, adquiere usos, creencias y tradiciones. Cuando alguien compra, por ejemplo, un perro, no solo adquiere una mascota. La vivienda se modifica para dar cabida al nuevo inquilino, los horarios y las rutinas se alteran, se compran nuevos productos en el supermercado, se visita otro tipo de especialistas, se adquieren nuevos conocimientos, etc. En este sentido, la enculturación científica

¹³⁶ Por ejemplo como el caso de COLCIENCIAS (<http://www.colciencias.gov.co/>) o CONACYT (<http://www.conacyt.gov.py/>).

tiene mayor alcance que la apropiación de la ciencia y por ello, en este trabajo se utilizará “enculturación” en el sentido en el que se ha descrito. Además, el término “enculturación” remite inmediatamente a cultura mientras que “apropiación” no.

Figura 61. Modelo combinado de la Teoría de la Acción Razonada (TAR) y la Teoría del Comportamiento Planificado (TCP).



Elaboración propia. Fuente: Madden, Ellen y Ajzen, 1992.

Los factores que modulan el comportamiento de los individuos han sido tradicionalmente una preocupación del campo de la psicología. Actualmente, la Teoría de la Acción Razonada¹³⁷ (TAR) atribuida a Martin Ajzen y Icek Fishbein, (1980) está siendo ampliamente utilizada como modelo de predicción de las intenciones comportamentales y del propio comportamiento, permitiendo identificar dónde y cómo orientar las estrategias para modificarlo. La Teoría del Comportamiento Planificado (TCP) extiende la TAR dándole cabida a aquellos

¹³⁷ La TAR se opone al conductismo radical, postulado por Skinner, según el cual existen unos principios operativos que condicionan la conducta –las conductas que se recompensan se refuerzan, mientras que, las conductas que se castigan se debilitan–, son automáticos y ocurren sin mediación cognitiva.

comportamientos sobre los que los que las personas tienen un control voluntario limitado (Ajzen, 1985, 2012) (Figura 61).

La “norma subjetiva” se refiere a la influencia que tiene el entorno social en las intenciones comportamentales de cada uno (Ajzen y Fishbein, 1980). Las “actitudes” son el conjunto de creencias acerca de un objeto de actitud ponderado por la evaluación de esas creencias, y se construyen sobre las creencias más destacadas relativas al objeto (Fishbein y Ajzen, 1975). La “intención comportamental” es una función tanto de las actitudes hacia un comportamiento y hacia la norma subjetiva, como hacia dicho comportamiento, utilizado para predecir el comportamiento actual (Ajzen y Fishbein, 1980). Es decir, las actitudes hacia un comportamiento X, combinadas con las normas subjetivas sobre ese comportamiento X, afectan a la intención de realizar o no X, lo que dará lugar a la realización o no de X. Por ejemplo: El conocimiento de un hecho (existe una vacuna contra la varicela) en conjunción con una valoración (la varicela puede dejar marcas en la cara de por vida) y una actitud (confío en la eficacia de las vacunas), generan un deseo (administrarle la vacuna de la varicela a mi hijo). Este deseo, en conjunción con otra creencia (la vacuna de la varicela evitará que mi hijo padezca la enfermedad) da lugar a una inclinación o disposición al comportamiento (vacunar al niño contra la varicela). Esta inclinación solo termina en acción efectiva si:

- 1) El deseo es lo suficientemente intenso.
- 2) La creencia tiene el grado de convicción suficiente.
- 3) No hay otras creencias (la vacuna de la varicela tiene efectos secundarios), u otros deseos (prefiero gastar el dinero de la vacuna en otra cosa¹³⁸) que generen inconsistencia y cancelen la disposición.
- 4) Mi valoración de riesgos y beneficios es favorable a la acción.

Daniel Kahneman y Amon Tversky (Kahneman, 2003) han señalado que las elecciones que realizan los individuos sobre la base de la información disponible no son tan racionales como quizá cabría esperar. Frente a la concepción de que la toma de decisiones se realiza sobre la evaluación de los resultados previstos (Bernoulli, 1954), estos autores afirman que, si bien existen elecciones que están regidas por reglas racionales, estas se limitan a circunstancias poco corrientes y,

¹³⁸ En algunas Comunidades Autónomas la vacuna de la varicela no se contempla en el calendario de vacunación y por lo tanto el coste de su adquisición corre a cargo del particular.

en cualquier caso, la activación de esas reglas depende de factores que están relacionados con la atención y el acceso a los contenidos mentales (Kahneman, 2003). Los individuos cuentan con dos sistemas de procesamiento de la información: el Sistema 1 y el Sistema 2 (Stanovich y West, 2000). El Sistema 1 es automático, en gran medida inconsciente, y realmente no demanda capacidad computacional (Stanovich y West, 2000); las operaciones del Sistema 1 son rápidas, asociativas, están cargadas emocionalmente, determinadas por la costumbre y son difíciles de modificar (Kahneman, 2003). El Sistema 2 involucra procesos de inteligencia analítica, es más adecuado para la representación en términos de reglas y principios subyacentes (Stanovich y West, 2000); las operaciones del Sistema 2 son más lentas, consecutivas, requieren de más esfuerzo y son controladas de forma deliberada (Kahneman, 2003). De modo que la característica de los individuos “no es que razonen mal, sino que actúan intuitivamente, y su conducta no está guiada por lo que son capaces de calcular, sino por lo que por casualidad ven en un momento dado” (Kahneman, 2003: 215).

A la hora de realizar una descripción de los procesos de enculturación se presentan varios obstáculos. Los procesos no son directamente observables, un proceso es algo que está cambiando, moviéndose de un estado a otro. Para describirlo es necesario detenerse en algún punto del proceso, y en ese detenerse es difícil no pervertir el sentido de lo que se está describiendo. Sucede algo similar cuando se prepara un espécimen para ser observado mediante un microscopio electrónico (López Cerezo, 2001), el espécimen sale muy mal parado. “¿Cómo podemos garantizar la objetividad de los fenómenos observados?” (López Cerezo, 2001: 179), reconociendo que el contexto desde el que se realiza la observación y quién la realiza condiciona tanto la observación como todos los estadios posteriores de la investigación. Los procesos de enculturación que tienen lugar en el individuo, tal y como se conciben en este trabajo, no tienen un comienzo reconocible. Sin embargo es preciso seleccionar un punto de partida. Ese punto será el individuo ante la tesitura de tener que tomar una decisión en un asunto que involucra aspectos de la ciencia y la tecnología. Un ejemplo guiará la explicación:

Un pediatra informa a un padre de la existencia de la vacuna de la varicela y recomienda administrársela a su hijo. El padre debe decidir si administra o no la vacuna a su hijo.

Muchas de las decisiones no son el resultado de un proceso de reflexión racional (Kahneman, 2003). En el supuesto de que el individuo no posea ninguna información acerca de las vacunas puede limitarse a seguir la recomendación del especialista y administrar la vacuna a su hijo, o no seguir la recomendación y no hacerlo. La decisión dependerá de sus experiencias previas de sus condicionantes actuales, de su grado de confianza en el especialista, de sus actitudes hacia la ciencia, etc. Es una decisión que se ha tomado a través del Sistema 1, aunque pueda hablarse de adquisición de información (el conocimiento de que existe una vacuna de la varicela, el conocimiento de que el médico recomienda la vacuna), y de cierta reestructuración del sistema de actitudes y valores (recelo: ¿por qué el médico recomienda la vacuna?, ¿por qué no está incluida en el calendario de vacunación? Confianza: los médicos velan por la salud).

Una alternativa es tomar la decisión sobre la vacunación a través del Sistema 2. Por ejemplo, posponiendo la elección para poder tomar una decisión sobre la base de informada contrastada. Una primera fuente de información puede ser el pediatra, pero hay múltiples fuentes de las que obtener información, como personas del entorno (familiares y amigos), el pediatra privado, revistas temáticas o Internet –la búsqueda en foros, blogs o páginas institucionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), etc. estará condicionada por las habilidades de navegación online del individuo (Miller, 2014) –. El individuo adquiere elementos propios de la dimensión epistémica de la cultura científica: sabe qué es una vacuna y cómo funciona; sabe “que los antibióticos no son eficaces contra los virus”; que algunas fuentes la recomiendan porque, en general, no presenta complicaciones tras su administración y previene que el niño sufra los efectos de la enfermedad; pero también que algunas fuentes no la recomiendan porque la varicela, cuando se padece de adulto, es mucho más agresiva e incluso puede derivar en herpes zóster; etc. En definitiva, el individuo adquiere información sobre la vacuna de la varicela y, dado que toda la información disponible no es suficiente para asegurar el resultado de una decisión, realiza una valoración de riesgos y beneficios y toma una decisión al respecto. Que esa decisión se materialice en uno u otro sentido dependerá en gran parte del contexto (el precio de la vacuna es muy elevado, las farmacias han dejado de administrarla, ha sucedido algo en el entorno personal que ha relegado el tema de la vacuna al olvido, etc.). Lo que suceda después tendrá efectos en la dimensión actitudinal-valorativa. Si la vacuna cumple su objetivo y no presenta complicaciones, es probable que se incremente la confianza en el pediatra y en todas aquellas fuentes que

recomendaban su administración. Por el contrario, si a pesar de administrar la vacuna el niño padece la varicela, o la vacuna presenta graves efectos secundarios, las futuras recomendaciones del pediatra, especialmente las relativas a las vacunas no incluidas en el calendario oficial de vacunación, serán vistas con recelo, y las fuentes que recomendaban su no administración ganarán credibilidad. Previsiblemente, el modo en que esta experiencia se resuelva provocará la reestructuración del sistema cognitivo, tendrá efectos sobre sus actitudes, como por ejemplo sobre su confianza en instituciones y profesionales, y dicha reestructuración modulará a su vez comportamientos posteriores, especialmente en situaciones similares (tener que tomar la misma decisión sobre otro hijo) o que guarden alguna relación con el tema de las vacunas.

Este ejemplo se ha desarrollado bajo el supuesto de que el individuo llega al pediatra sin conocimiento alguno de las vacunas, pero en la realidad los individuos no son una *tabula rasa*, sino sujetos con creencias, valores, actitudes, costumbres, hábitos, motivos, recelos y prejuicios, todos ellos producto de su experiencia previa. De hecho la realidad es más compleja. Lo óptimo, de cara a los procesos de enculturación, es que las decisiones que se toman estén basadas en información científica. La información científica se obtiene de las fuentes más diversas, del sistema educativo, de los medios de comunicación, de las personas, de los objetos que nos rodean, de la experiencia, etc., hay información científica que resultará inútil o sorprendentemente útil. Ahora bien, no siempre se dispone del tiempo necesario para informarse, de modo que contar con un cuerpo básico de conocimientos científicos puede marcar la diferencia en las elecciones que se toman, el problema es que es imposible adivinar qué conocimientos científicos serán necesarios (Miller, 2014).

No hay disponible un modo fiable de monitorizar el proceso de enculturación científica. Los grupos focales con muestras de conveniencia podrían suponer una posibilidad de avanzar en esa dirección. El estudio de colectivos concretos como los afectados por la vacuna del Virus del Papiloma Humano (Moreno Castro y Lopera Pareja, 2014), las personas con una intolerancia alimentaria, o que practican un deporte, etc., podrían ser un buen comienzo para estudiar la enculturación científica. Es importante tener en cuenta que la disposición a realizar una acción no implica necesariamente que finalmente se realice –estar dispuesto a dejar de fumar no implica que, efectivamente, se deje–. La atención a las acciones que realizan los individuos o dejan de realizar (dimensión comportamental) es un punto de partida que debe

combinarse con la atención hacia los elementos de las otras dos dimensiones. Estudiar los procesos de enculturación científica requiere recorrer a la inversa el camino que ha llevado a una acción, las metodologías de índole cualitativa parecen las más adecuadas, si bien suelen requerir importantes recursos, tanto humanos como financieros.

Aceptar que las elecciones que tomamos se realizan en base a estos dos sistemas de procesamiento de la información tiene una honda repercusión tanto en la cultura científica como en el proceso de enculturación. Muñoz van den Eynde (2014a) sostiene que los estudios de percepción social de la ciencia se basan, erróneamente, en que responder a una encuesta es un proceso realizado por el Sistema 2. Sobre la base de los estudios de Kahneman, la autora afirma que otros factores como el contexto, el “qué dirán”, la expectativa, etc. pueden llevar a los individuos a dar una respuesta contraria a la que darían en otras circunstancias, a crear una opinión e incluso llegar a construir una explicación para justificar su respuesta (Muñoz van den Eynde, 2014a). Por otro lado, si efectivamente los individuos tienden a procesar cierto tipo de información con el Sistema 1, entender cómo los individuos procesan la información, y específicamente la información científica, puede ser clave para diseñar estrategias de enculturación científica efectivas.

6.7. El papel de la información y las actitudes en la enculturación científica

Miller (2012, 2014) ha centrado recientemente su atención en los patrones de adquisición de la información científica por parte de los individuos, utilizando un modelo de patrones (*path model*) para analizar la influencia relativa de distintas variables en el nivel de alfabetización científica de un adulto (Figura 62). Concretamente: la edad; el género; el nivel educativo; los cursos de ciencia realizados en el periodo universitario; la presencia de menores en casa; la religión; el interés en la ciencia, la tecnología, la medicina o el medioambiente; el uso de recursos tradicionales de aprendizaje de la ciencia tradicionales (prensa, televisión y radio) y el uso de recursos electrónicos de aprendizaje de la ciencia (Internet). Frente a la concepción tradicional según el cual la educación formal suponía el factor con más peso en la alfabetización científica de un adulto, el análisis de Miller (2012, 2014) revela que es la realización de cursos de ciencia en

la universidad el factor de mayor peso, seguidos de la educación formal y el uso de recursos electrónicos.

Figura 62. Efecto total de las variables seleccionadas sobre la alfabetización científica cívica.

	Total Effect
Respondent age	-0.15
Gender (F)	-0.17
Educational attainment	0.70
College science courses	0.77
Children at home	0.04
Religious fundamentalism	-0.19
Interest in science, technology, medical, or environmental issues	0.08
Use of traditional informal science-learning resources	0.11
Use of electronic informal science-learning resources	0.25
$R^2 =$	0.74
Chi-squares	223.1
Degrees of freedom	20
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.034
Upper Confidence limit (90%) of RMSEA	0.047
N	1,157

Fuente: Miller, 2014: 91

En base a estos resultados Miller (2012, 2014) modificó la definición de alfabetización científica. El conocimiento de ciertos constructos básicos de la ciencia es necesario para dar sentido a los debates públicos que incluyen aspectos de la ciencia y la tecnología, pero no es suficiente, la alfabetización científica cívica:

[...] requiere de una combinación de (1) sólidas habilidades de navegación online y (2) un conjunto básico de constructos científicos que permitan al individuo reconocer los puntos clave o los argumentos científicos básicos y situarlos en el contexto de un esquema más amplio sobre el tema. En este sentido, la alfabetización científica cívica es un conjunto de constructos que permiten la decodificación de nueva información científica y la integración de esa información en una comprensión científica existente. (Miller, 2014: 87).

Tanto el rol como la naturaleza de la alfabetización científica se están viendo modificados a medida que las sociedades modernas se mueven desde un sistema de *warehouse* hacia un sistema *just-in-time* de adquisición de la información (Miller, 2014). Según el modelo de *warehouse*, los individuos adquieren información básica muy diversa a través de la enseñanza formal que compilan en su almacén mental –por ello, *warehouse*–, posteriormente esta información puede ser ampliada mediante otros canales, principalmente a través de medios de comunicación tradicionales (prensa, televisión y radio) y ciertas instituciones (museos, ONG’s y otros organismos diversos). El término *just-in-time* remite a una estrategia de organización de la producción basada en producir *justo en el momento necesario* pedidos reales, lo que permite reducir el inventario de productos, el costo de la gestión y las pérdidas en los almacenes. Miller (2014) utiliza este concepto para describir un patrón según el cual los individuos adquieren información *justo* cuando la necesitan. El surgimiento de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, y especialmente el desarrollo de Internet, ha tenido un impacto estructural en la adquisición de información científica. “Cambia la naturaleza básica del proceso de adquisición de la información, el alcance de la información que se puede adquirir y los patrones de información a lo largo de la vida de un individuo” (Miller, 2014: 77). En Internet está disponible un ingente volumen de información científica que constantemente se incrementa y actualiza; y los contenidos científicos adquiridos durante la etapa de la enseñanza formal no son suficientes para comprender y dar sentido a los asuntos públicos que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. Aunque un conocimiento básico de los constructos científicos es necesario, el papel que la alfabetización científica debe desempeñar es el de facilitar la adquisición de nueva información científica, lo que implica el desarrollo de habilidades relacionadas con la búsqueda y la contrastación de la información disponible (Miller, 2014).

Joseph Stiglitz (2002), ha centrado sus trabajos en la economía política de la información, concretamente en el papel que juega la información en los procesos políticos y en la toma de decisiones colectiva. Los estudios sobre el efecto de la información asimétrica¹³⁹ en el mercado, llevados a cabo por los

¹³⁹ En un artículo de fuerte impacto en la literatura económica, “The market of ‘lemons’: Quality uncertainty and the market mechanism”, George Akerlof (1970) mostraba cómo ciertos desajustes en el mercado podían explicarse mediante el reconocimiento de que las partes que intervienen en una transacción no disponen de la misma información sobre la calidad del

economistas George Akerlof, Joseph Stiglitz y Michael Spence¹⁴⁰, mostraron que una mínima variación en la información que poseían los agentes –o, en términos económicos, activos¹⁴¹– podía tener un profundo efecto en la toma de decisiones. En la *Era de la Información* –en términos de Miller (2014)– la información científica es un recurso abundante y accesible, pero *toda la información disponible es*, como señala Stiglitz (2002), aquella proporcionada por numerosos agentes, que a su vez, es modulada por el medio en el que se transmite. La mayoría de las decisiones que los individuos toman en su vida diaria tienen lugar en situaciones de incertidumbre y ambigüedad donde la información no siempre está disponible, o no hay tiempo para obtenerla y procesarla, o es incompleta, o hay demasiada y disonante, está sesgada, admite distintas interpretaciones –lo que en términos económicos se denomina una situación de asimetría de la información–. Si a esto se le añade que en la mayoría de los casos las decisiones se toman con arreglo al Sistema 1 (Kahneman, 2003), serán factores como la credibilidad, la confianza o la percepción de riesgos los que inclinan la disposición a la acción hacia una decisión u otra.

La relación entre la información y la conducta no se agota aquí, la información influye en la conducta, y la conducta es a su vez informativa. Stiglitz (2002) señala que gran parte de la información que las empresas recogen proviene de inferencias basadas en la conducta de los individuos o de otras empresas. Stiglitz (2002) enumera varias acciones que transmiten información, la mayoría proceden del ámbito económico (la calidad de la garantía ofrecida por una empresa, el número de años de educación reglada, etc.), pero estos ejemplos son extrapolables a otros contextos: el incremento de la inversión pública en uno u otro sector puede transmitir información sobre las prioridades del gobierno, la realización de una consulta ciudadana puede arrojar información

producto. Frente a los modelos tradicionales donde se suponía que las empresas y los consumidores disponían de información completa sobre los productos (Stiglitz, 2002), Akerlof sostenía que la información se distribuía de manera asimétrica. Sobre la base de la asimetría de la información, Stiglitz (1985) distinguía dos modelos que atendían a la recogida y el procesamiento de la información, así como a la toma de decisiones basadas en información: así, en los modelos de riesgo moral (*moral hazard models*, Stiglitz, 1985) se dispone de información imperfecta sobre la acción que el individuo emprende; mientras que en los modelos de selección adversa (*adverse selection models*, Stiglitz, 1985) se dispone de información imperfecta sobre las características de lo que se compra o se vende en el mercado.

¹⁴⁰ Véase Stiglitz (2002) para una revisión de dichos estudios.

¹⁴¹ Pardo (2014a) también se ha referido a la cultura científica como un activo intangible de especial importancia en la sociedad, junto a la cultura política, a la cultura económica, a la medioambiental o –inspirado quizá por la *x-literacy* de Bauer (2015)– cualquier otra *cultura-x*.

sobre la importancia que se le otorga a la opinión ciudadana, la adquisición masiva de vacunas por parte del gobierno puede proporcionar información sobre la gravedad de una epidemia, etc. También a nivel individual la conducta resulta informativa: el reciclaje puede ser indicativo de un compromiso con el medio ambiente, el consumo de unos u otros alimentos puede reflejar unos principios éticos, la participación en una protesta antinuclear muestra una actitud concreta, etc. Reconocer que la conducta es informativa tiene un alcance mucho mayor. Quizá los individuos en su día a día no sean del todo conscientes de este hecho, pero al comprar una revista o un libro de divulgación científica, al adquirir una entrada a un museo de ciencia, al administrar una vacuna o un medicamento, al asistir a una manifestación, al cambiar de teléfono móvil... en algún lugar, alguien cuantifica ese hecho. “Algunos individuos quieren transmitir información; otros no quieren que se transmita [...] en cualquiera de los dos casos, el hecho de que las acciones transmitan información lleva a la gente a modificar su comportamiento, y cambia el modo en el que funcionan los mercados” (Stiglitz, 2002: 117). Las empresas, las instituciones, los medios y otros transmisores de información científica proporcionan u omiten una u otra información en función de sus intereses, la transmisión de la información responde a fines distintos. Por ejemplo, la sociedad es consciente de que las prospecciones petrolíferas entrañan riesgos, una empresa que sostenga que las prospecciones que realiza no tienen ningún impacto en la naturaleza o que asegure a ciencia cierta que no habrá ningún vertido de petróleo, generará un mayor recelo y más desconfianza. La empresa sabe que despierta mucha más seguridad y confianza, y da mejor imagen, presentar un proyecto de prospección petrolífera reconociendo explícitamente los riesgos que conlleva y mostrando las medidas que se han adoptado para paliarlos. A su vez, cada vez más individuos son conscientes de esta práctica y saben que la empresa está proporcionando información, pero no toda, esto generará nuevos recelos y llevará a la empresa a revisar el tipo de información que transmite.

El propósito de promover la enculturación científica es que los individuos hagan uso de información científica en la toma de decisiones. Si la hipótesis de Miller (2014) es correcta, y estamos en los inicios de un nuevo paradigma de adquisición de la información en el que la información científica disponible a través de los medios de comunicación, especialmente a través de Internet, juega un papel crucial en la formación de la alfabetización científica cívica; y si la propuesta de Stiglitz es correcta y “la información influye en la toma de decisiones en todos los contextos –no solo dentro de las empresas y los hogares” (Stiglitz, 2002: 97); entonces, el tipo de información científica que se transmite y quién la transmite se convierten en asuntos de primera magnitud en los procesos de enculturación científica y en la reflexión sobre la cultura científica. La

adquisición de nueva información científica repercute en la toma de decisiones, por lo tanto, las habilidades de navegación online, la capacidad de contrastar información o el uso de diversas fuentes incidirán en la calidad de las decisiones y repercutirán en los comportamientos y las acciones de los individuos.

En los procesos de enculturación es importante atender a las acciones que los individuos están dispuestos o no a llevar a cabo y las que se realizan o no, pero no es menos importante atender a los conocimientos científicos que poseen y a su percepción de la ciencia. Analizar el modo en el que están presentes estos elementos puede proporcionar información valiosa acerca de la salud de la cultura científica. La enculturación científica tendrá efectos que debieran ser rastreables. Así, los efectos de incidir en la dimensión epistémica podrían rastrearse en cambios cognitivos en el sujeto, como cambios en su conocimiento sobre los procesos, metodologías, conceptos y leyes científicas, en el conocimiento de la regulación científica, en el conocimiento de las controversias, de los riesgos y beneficios asociados al desarrollo de la ciencia y la tecnología, etc. Los efectos de la dimensión actitudinal-valorativa podrían ser rastreados en cambios en la percepción del sujeto, como por ejemplo, cambios en su percepción de la actividad científico-tecnológica, en su imagen sobre los científicos, en su actitud hacia la financiación de la ciencia, etc. Finalmente, los efectos de incidir en la dimensión comportamental podrían ser rastreados en cambios en los comportamientos de los sujetos, en el uso de unas fuentes de información u otras, en el consumo de unos productos u otros, etc.

i) Efectos sobre la dimensión epistémica

Es posible incidir en la dimensión epistémica a través de las enseñanzas regladas. Los contenidos científicos adquiridos durante las primeras etapas escolares pueden proporcionar una buena base, aunque la imagen de la ciencia que se transmite tiende a acercarse más a la de la concepción heredada de la ciencia. Los mecanismos de enseñanza no formal, como los museos y centros de ciencia disponen de recursos propios con los que pueden completar la educación formal, e incluso proporcionar una imagen de la práctica científica más cercana a su realidad actual. Más allá de sus exposiciones permanentes y temporales, muchas de estas entidades proporcionan a través de su página web múltiples recursos

virtuales¹⁴² orientados a preparar la visita posterior, además de información sobre próximos eventos, ofrecen materiales educativos, juegos, aplicaciones, etc. En el caso de España, las páginas web de estas entidades suelen limitarse a mostrar imágenes y videos de sus colecciones e instalaciones, aunque algunos han diseñado aplicaciones informáticas que permiten realizar visitas virtuales o que buscan familiarizar al usuario con alguna cuestión relacionada con la ciencia y la tecnología. Los medios de comunicación tradicionales (prensa, radio y televisión) y también los nuevos (Internet) son fuentes de información científica. A estas se suman todas aquellas que son muy difíciles de rastrear pero no por ello dejan de ser importantes para el individuo: la familia, los amigos, el entorno laboral, el médico, las aficiones y otras fuentes como ONG o plataformas ciudadanas.

Es posible rastrear los efectos de incidir en esta dimensión mediante los indicadores que ya se han mencionado anteriormente (epígrafe 6.5.i.), preguntas de alfabetización, preguntas sobre el conocimiento del proceso de investigación científica, sobre el conocimiento de controversias, dilemas éticos, condicionamientos económicos, beneficios, perjuicios y riesgos, preguntas relacionadas con el conocimiento de la regulación de la ciencia y las estructuras institucionales, etc.

ii) Efectos sobre la dimensión actitudinal-valorativa

Los medios de comunicación, además de poder incidir en la dimensión epistémica, lo pueden hacer en esta otra dimensión. Los medios transmiten información, pero también valores e imágenes ya que la transmisión de los contenidos no es neutral. En este sentido, el sistema educativo, así como la educación no formal también son mecanismos para incidir en la dimensión actitudinal-valorativa, y por ello se incluyen también aquí a las fuentes no oficiales que se mencionaban en la dimensión epistémica. Incidir en esta dimensión tiene efectos en el imaginario del sistema científico-tecnológico que tiene el individuo, la imagen que tiene de la ciencia y de los científicos.

¹⁴² Una revisión del contenido de los recursos online ofrecidos por los museos y centros de ciencia iberoamericanos ha sido realizada por Marcelo Sabbatini (2004).

También se han descrito medidas para ella (epígrafe 6.5.ii). Se puede medir a través de indicadores de percepción social de la ciencia y de percepción sobre el sistema institucional de la ciencia, también con indicadores de actitudes y valores, de percepción de riesgos y de percepción de beneficios, así como con preguntas sobre la representación que se tiene de los científicos y de la profesión científica.

iii) Efectos sobre la dimensión comportamental

Incidir en las dimensiones anteriores tiene efectos en la dimensión comportamental, pero también es posible diseñar estrategias específicas para ella. Por ejemplo, como se señaló en el capítulo 4; mediante la inclusión de actividades derivadas del ámbito de la democracia participativa (debates, paneles de consenso, consultas ciudadanas, encuestas deliberativas, etc.). Este tipo de formatos están siendo cada vez más utilizados en la arena política, y sería de mucha utilidad desarrollar escenarios donde los individuos puedan entrenar y familiarizarse con ellos. Del mismo modo que se organizan talleres sobre temas sociales con contenidos científicos, como el reciclaje, los museos y centros de ciencia podrían, sobre la base de sus colecciones y recursos, organizar simulaciones que pusieran a los visitantes ante la tesitura de tener que tomar una decisión sobre una controversia científica, o realizar simulaciones inspiradas en el *World Wide View on Global Warming (WWView)*¹⁴³.

Los efectos de incidir en esta dimensión pueden medirse, como ya se ha señalado (epígrafe 6.5.iii), a través de preguntas que miden la disposición a la acción, como las de disposición a hacer uso de la información científica en ciertas situaciones; pero también preguntas que recojan información sobre hábitos, costumbres y prácticas, como el consumo de revistas de divulgación científica; la visita a museos de ciencia, las visitas regulares al ginecólogo, el consumo o no de alimentos transgénicos o ecológicos, la asistencia a manifestaciones, la donación de dinero, etc. Finalmente, los grupos focales pueden proporcionar información valiosa sobre los procesos de enculturación científica que tienen lugar en el individuo cuando tiene que tomar una decisión relacionada con temas de ciencia y tecnología.

¹⁴³ Véase nota al pie 101 sobre el WWview.

Figura 63. Efectos de incidir en las dimensiones y ejemplos.

Dimensión	Epistémica	Actitudinal-valorativa	Comportamental
Efecto	Conocimientos y creencias	Percepciones	Acciones
Ejemplo 1	Noción de reciclaje, conocimiento de los productos reciclables, de la problemática de gestión de residuos, del coste energético de reciclar, etc.	Posicionarse con respecto al reciclaje, valorar su papel en las sociedades contemporáneas, etc.	Separar los residuos en el domicilio, evitar embalajes, reutilizar productos, cumplir los calendarios de recogida selectiva, etc.
Ejemplo 2	Concepto de vacuna, conocimiento de la diferencia entre bacterias y virus, de los intereses de las compañías farmacéuticas, etc.	Valorar el desarrollo farmacológico en nuestras sociedades, posicionarse ante las campañas de vacunación, etc.	Vacunarse (o no) ante una epidemia, tomar medidas adicionales de protección, decidir sobre el calendario de vacunación no obligatoria de los menores, etc.
Ejemplo 3	Concepto de alimento transgénico, conocimiento de lo que es un gen o de lo que es el ADN, conocimiento de la controversia sobre posibles beneficios y perjuicios de su uso y consumo, etc.	Posicionarse respecto al consumo de alimentos transgénicos, valorar sus efectos en la agricultura y en la salud.	Consumir o no alimentos transgénicos, modificar los hábitos de consumo, cambiar de supermercado habitual, leer las etiquetas de los alimentos, etc.

Elaboración propia.

Conclusiones

En la actualidad las iniciativas del *engagement*, gestadas bajo grandes expectativas de promoción del ejercicio democrático, van poco a poco desinflándose a medida que se desarrollan en la práctica, proporcionando éxitos muy parciales. Señala Pardo (2014a: 59) “no pocos de estos ejercicios [de *engagement*] buscan, a través del diálogo y la información, que el público (o el segmento del mismo conocido como ‘público atento’) haga suya la visión de la comunidad científica sobre áreas controvertidas”. Aunque la dirección está clara, y parece ser el diálogo, los intentos de establecer las condiciones que lo

posibiliten parecen infructuosos. El nuevo “mindset” (Pardo, 2014a) es una crítica débil del modelo convencional, y sus efectos han sido limitados. Más que el propio modelo de déficit en sí, es la relación entre la ciencia y la sociedad que se desprende del modelo lo supone un lastre cuando se intenta avanzar hacia el diálogo.

Uno de los elementos que ha desempeñado un papel clave en la relación entre la ciencia y la cultura ha sido la noción de “cultura científica”. A diferencia de otras aproximaciones, se ha señalado la cultura científica como un fenómeno comprendido por tres dimensiones: la epistémica, la actitudinal-valorativa y la comportamental. No pretende ser una propuesta que rompa con la bibliografía académica, al contrario, se construye sobre ella e incorpora los elementos que tradicionalmente se le han asociado, pero situándolos en un marco diferente. En el caso de la dimensión epistémica, se han incluido los contenidos de la alfabetización científica, completados estos con la atención a los de ciencia actual y a los metacientíficos. En el caso de la dimensión actitudinal-valorativa, se han incluido los valores e intereses asociados a actitudes pro-científicas, completadas con los valores e intereses asociadas a actitudes de cautela y recelo, reivindicando estas como significativas de una actitud crítica. Finalmente, se ha robustecido la atención a la dimensión comportamental. Como se ha señalado, los comportamientos son uno de los objetos de análisis en ciertos estudios de comprensión pública de la ciencia, y también algunos autores recalcan la importancia de atender a los efectos que la adquisición de información científica y la reestructuración del sistema de creencias, valores y actitudes, tiene sobre el comportamiento de los individuos. En la concepción de cultura científica que se expone en este trabajo se hace explícita esa dimensión comportamental y se le otorga la misma importancia que a las dimensiones tradicionales. A modo de resumen, la Figura 64 recoge los elementos que se adscriben a cada una de las dimensiones que conforman la cultura científica tal y como se ha venido argumentando.

Figura 64. Dimensiones de la cultura científica.

Dimensión epistémica	<p>Conocimientos científicos y tecnológicos de ciencia escolar.</p> <p>Conocimientos científicos y tecnológicos de ciencia actual.</p> <p>Conocimientos de riesgos, beneficios, controversias asociadas, dilemas éticos y condicionantes económicos.</p> <p>Conocimientos sobre regulación de la ciencia y el conocimiento sobre las estructuras institucionales.</p>
Dimensión actitudinal-valorativa	<p>Representaciones e imágenes mentales de los científicos, la ciencia y la tecnología.</p> <p>Intereses, valoración de riesgos y beneficios de los impactos sociales e individuales del desarrollo tecnocientífico.</p> <p>Actitudes de confianza y desconfianza.</p>
Dimensión comportamental	<p>Disposiciones al comportamiento basadas en actitudes previas y en información científica.</p> <p>Acciones que se realizan o se dejan de realizar como resultado del consumo de información científica y de la reorganización cognitiva.</p>

Elaboración propia

El concepto de cultura científica que aquí se presenta, no ha sido elaborado al margen de la posibilidad de su medición. Por ello se han señalado el tipo de indicadores que podrían ser adecuados para su monitorización. Al igual que el concepto de cultura científica que aquí se propone ha estado fuertemente inspirado en la bibliografía revisada, la propuesta de indicadores sigue la estela de los estudios clásicos de comprensión pública y de percepción social de la ciencia. Algunos indicadores que se han sugerido se recogen en la Figura 65.

Figura 65. Indicadores para medir las dimensiones de la cultura científica.

Dimensión	Indicadores
Epistémica	<p>Preguntas de alfabetización.</p> <p>Preguntas sobre el conocimiento del proceso de investigación científica.</p> <p>Preguntas sobre el conocimiento de controversias, beneficios, perjuicios y riesgos.</p> <p>Preguntas relacionadas con el conocimiento de la regulación de la ciencia y las estructuras institucionales, etc.</p>

Dimensión	Indicadores
Actitudinal-valorativa	Preguntas de percepción social de la ciencia. Preguntas de percepción sobre el sistema institucional de la ciencia. Indicadores de actitudes y valores, de percepción de riesgos y de percepción de beneficios. Preguntas sobre la representación que se tiene de los científicos y de la profesión científica.
Comportamental	Preguntas que miden la disposición a la acción. Preguntas que sobre hábitos, costumbres y prácticas.

Elaboración propia.

La concepción de la cultura científica se ha acompañado de una aproximación a los procesos de enculturación científica que ocurren en el individuo. Aunque el fenómeno de la cultura científica y los procesos de enculturación son diferentes, están intrínsecamente relacionados. Los elementos descritos en las dimensiones entran en juego en los procesos de enculturación científica. Al adquirir nueva información científica, esta pasa a formar parte de los elementos que conforman la dimensión epistémica, interaccionando con ellos, y provocando potencialmente un cierto reajuste de los elementos previos (la nueva información puede entrar en conflicto con la ya existente, contribuir a respaldarla, permanecer latente u olvidarse). Los elementos de la dimensión epistémica no son los únicos que se reestructuran, aquellos que son característicos de la dimensión actitudinal-valorativa también se ven afectados. Una nueva información puede alterar, por ejemplo, el grado de confianza que se haya depositado en las fuentes, provocando la reestructuración de algunos elementos de la dimensión actitudinal-valorativa. Los cambios en la distribución de la confianza pueden a su vez afectar a las decisiones que se toman, inclinar la disposición a la acción hacia una resolución u otra. Lo mismo sucede cuando se adquieren nuevos valores o nuevos patrones de comportamiento. Las dimensiones no funcionan como elementos estancos, sus elementos engranan unos con otros, de modo que el reajuste en una puede provocar el reajuste en las otras.

Además de los indicadores para medir las dimensiones de la cultura científica, sería deseable contar con un modo de monitorizar los procesos de enculturación científica que tienen lugar en el individuo. Las preguntas que recoge la encuesta PICA (a la que se le dedicó el epígrafe 5.4.viii) suponen un avance en esta dirección, ya que han sido construidas para indagar en la relación

entre el conocimiento científico, las actitudes y la disposición a la acción sobre un tema concreto. A diferencia de los cuestionarios tradicionales, que miden conocimientos y actitudes de forma separada, la encuesta PICA utiliza una batería de preguntas que mide el conocimiento, las actitudes y la disposición al comportamiento de los encuestados respecto a un foco temático concreto. Son preguntas diseñadas para medir la cultura científica de los individuos sobre un tema determinado. Reconocen que un individuo puede ser caracterizado como científicamente culto en un contexto y no en otro, contribuyendo a superar la distinción entre expertos y legos. Lo que hace de un individuo ser científicamente culto no son solo los conocimientos que posea sobre un tema, es la disposición a buscar información científica, a formarse una opinión crítica, a estar dispuesto a revisar su actitud respecto a ese tema y a obrar en consecuencia –dentro del reconocimiento de que los individuos cuentan con dos sistemas de procesamiento de la información (Kahneman, 2003).

Otro modo de recoger información sobre los procesos de enculturación científica es mediante grupos focales, recogiendo lo que saben, piensan y cómo actuarían antes y después de proporcionarles informaciones diversas sobre, por ejemplo, una controversia científica. Además de estudios diseñados específicamente para tal propósito, existen eventos, como el WWview, que suponen una oportunidad para llevar a cabo estos estudios. De hecho, la realización de consultas ciudadanas y otros formatos de democracia participativa es cada vez más frecuente. Estos formatos pueden proporcionar información valiosa sobre los procesos de enculturación científica que tienen lugar en el individuo cuando tiene que tomar una decisión relacionada con temas de ciencia y tecnología.

Se ha propuesto una concepción de la cultura científica, y se han sugerido herramientas e indicadores que podrían ser útiles para medirla. Pero para completar el arco es necesario añadir a las preguntas “¿qué es la cultura científica?” y “¿cómo se mide?”, la pregunta por el apoyo a la misma: “¿cómo se promueve?”. Existen muchos mecanismos para promover la adquisición de la cultura científica procedentes del ámbito de la educación y de la comunicación, por ello este trabajo se ha centrado en el papel que pueden desempeñar los museos y centros de ciencia en la promoción de la cultura científica. Aunque comprometidos explícitamente con ella, estas entidades no parecen estar aprovechando todo su potencial para fomentar la cultura científica (Segarra, Vilches y Gil, 2008). Se han señalado dos modos en los que pueden hacerlo. En

primer lugar, recogiendo la propuesta de Bandelli y Konijn (2012) que consistía en incorporar la voz social en las distintas etapas de la realización de las exposiciones y en la propia gestión del museo y sus recursos. Los autores reivindicaban para los museos y centros de ciencia estructuras que hicieran posible la gobernanza en ellos, aunque destacaban los desafíos de diversa índole que debían afrontar, concretamente mencionaban cuatro: las barreras institucionales que dificultaban, la ausencia de recursos específicos, la heterogeneidad de los públicos y la rendición de cuentas. En segundo lugar, incorporar a las actividades que ya realizan estos espacios, simulaciones inspiradas en las estrategias características de la democracia participativa, talleres u otros formatos orientados a situar a los individuos ante la tesitura de tener que tomar una decisión informada en contextos de incertidumbre. Tanto el informe *Science and Society* como el informe *Public Engagement in Science* señalan la idoneidad de estas estrategias para abrir el diálogo entre la ciencia y la sociedad. Los museos y centros de ciencia pueden contribuir a familiarizar a los individuos con ellas ya que conjugan la comunicación directa con la comunicación de masas, cuentan con espacios adecuados para albergar a pequeños y grandes grupos, gozan de cierta libertad horaria, disponen de recursos formativos en distintos formatos que pueden adaptar al público, tienen acceso a expertos y, si Schiele (2008a) está en lo cierto, han sorteado la desconfianza social.

Conclusiones finales

El propósito de este trabajo ha sido, en primer lugar, proporcionar una concepción de la cultura científica que sea afín a los objetivos del enfoque del *engagement*, en segundo lugar, sugerir indicadores para medir los procesos de enculturación y, en tercer lugar, reivindicar los museos y centros de ciencia como espacios potenciales para su promoción. Originariamente el planteamiento era el inverso: desarrollar estrategias para promover la cultura científica en los museos y centros de ciencia, lo que debía traducirse en una suerte de avance hacia un manual de buenas prácticas de promoción de la cultura científica en dichos espacios, y eventualmente conducir a una reconceptualización de la cultura científica. Al final no ha sido así por varias razones. El proceso de investigación estaba organizado en dos partes, la primera abarcaba los museos y centros de ciencia y la segunda la cultura científica, posteriormente habría una tercera en la que las dos partes confluían. Este orden respondía a un razonamiento que posteriormente resultó ser bastante ingenuo: dado que había recibido formación en los Estudios Sociales de la Ciencia –acababa de realizar un Máster en esta temática– y poco o nada sabía de museos y centros de ciencia, lo razonable era empezar por documentarme sobre estas entidades. Una vez adquirida cierta solvencia en este tema, el paso siguiente sería desarrollar estrategias de promoción de la cultura científica específicas para estas entidades. Pero la pregunta “¿qué es la cultura científica?” provocó el giro del propósito de la investigación. No era factible proponer estrategias de promoción de la cultura científica sin contar con una definición operativa de “cultura científica”. La literatura sobre el tema, como se muestra en este trabajo, reveló que no había un marco conceptual preciso y que, como ha indicado Miguel Ángel Quintanilla

et al (2011), no disponía de una teoría de la cultura científica. Intentar explicar las razones de la ausencia de marco y la propia búsqueda de una definición de la cultura científica se convirtieron en las preguntas guía de este trabajo. No obstante, el foco en los museos y centros de ciencia se ha mantenido; son espacios que han recibido una atención parcial y tangencial por parte de los Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y sin embargo, su configuración los hace especialmente adecuados para la promoción del tipo de cultura científica que se ha desarrollado en este trabajo. En sentido estricto, ni la cultura científica ni los museos y centros de ciencia poseen un campo de estudio institucionalizado; sus influencias mutuas, la investigación sobre la promoción de la cultura científica en estos espacios y el efecto social que tiene dicha promoción, es una línea de investigación relativamente reciente. En este escenario ha sido preciso adentrarse en diferentes disciplinas con un grado distinto de adscripción al campo de los Estudios Sociales. Del campo *Public Understanding of Science* se ha extraído la concepción de cultura científica; del campo de la museología, la revisión histórica de los museos y centros de ciencia. Los campos de la comunicación de la ciencia, de la enseñanza de la ciencia y, en menor medida, el de la política científica, han servido para trazar puentes entre la cultura científica y los museos y centros de ciencia.

Enraizado en la filosofía, este trabajo se ubica en la intersección de distintos campos de los Estudios Sociales de la Ciencia. En el primer capítulo se realiza una panorámica de su desarrollo, desde su surgimiento como crítica a la concepción heredada de la ciencia, hasta su consolidación, haciendo mención a los tres *handbooks* de referencia en este campo de trabajo. También se hace referencia a las tradiciones, la europea y la estadounidense, que habían orientado las preocupaciones de este campo en dos vertientes: la académica y la activista. Actualmente es una dicotomía algo atávica, y si bien sigue utilizándose, la diversidad de estudios y autores que acogen dificulta una demarcación clara entre una y otra; por ello, para hacer referencias a ambas tradiciones se ha utilizado el rótulo “Estudios Sociales”. Como se recoge en el primer capítulo, los Estudios Sociales, ya sea en su vertiente académica ya sea en su vertiente activista constituyen una crítica a la concepción heredada de la ciencia y de los modos de organizar y promover la ciencia basados en tal concepción. Desde *The structure of scientific revolutions* de Thomas S. Kuhn (1960) se han publicado numerosas obras que han intentado explicar la naturaleza de la ciencia, como *What is this thing called science?* de Alan Chalmers (1976) o *Real Science: What it*

is, and what it means de John Ziman (1998), pero al final la ciencia parece seguir siendo una caja negra. Queda fuera de los límites de este trabajo proporcionar una respuesta a “qué es la ciencia”, bajo el amparo que proporciona la perspectiva de los Estudios Sociales, se ha asumido aquí que la ciencia es una construcción social e instrumental, que involucra agentes humanos y actantes materiales. Como ha señalado Marta I. González García (2013), la mera adscripción de una investigación a este campo de trabajo que conforman los Estudios Sociales de la Ciencia o Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, no proporciona una idea demasiado precisa de su contenido.

En la revisión de la cultura científica, el concepto de la alfabetización científica era un punto de paso obligado, por eso se le ha dedicado el segundo capítulo. La revisión bibliográfica de este concepto reveló algunas de las razones que permitían explicar la proliferación posterior de diferentes aproximaciones al concepto de cultura científica. Fundamentalmente las siguientes, directamente relacionadas: en primer lugar, que coexistían dos vertientes de la alfabetización científica cuya diferencia radicaba en el papel y la importancia que atribuían al conocimiento científico que poseían los individuos. Inspiradas en las “visiones” de Douglas A. Roberts (2007), se han denominado *alfabetización científica* y *alfabetización en ciencia*. La diferencia entre ellas es el papel que desempeñan los elementos epistémicos. En la *alfabetización en ciencia* son considerados centrales, su adquisición es un objetivo principal, constituyen un fin en sí mismo; mientras que en la *alfabetización científica*, son concebidos como deseables para una mejor comprensión y participación social de la ciencia. Esta distinción resultó útil para explicar la distancia entre la medición de la alfabetización científica y su definición, así como para revelar algunos problemas de los indicadores y medidas que se contruyeron para la cultura científica. Por ello, en segundo lugar se concluyó que la definición de alfabetización científica estaba profundamente condicionada por los instrumentos que se estaban construyendo para medirla, y que los resultados de los estudios de percepción pública de la ciencia eran interpretados en términos de *alfabetización científica* a pesar de que en sus cuestionarios estaban incluyendo medidas de la *alfabetización en ciencia*, provocando un importante desajuste entre los datos sobre el nivel de alfabetización científica de la sociedad que arrojaban los estudios demoscópicos y el nivel de alfabetización científica real.

Jon D. Miller proporcionó lo que pasaría a conocerse como la definición tradicional de la alfabetización científica, aunque más que una definición en

sentido estricto, eran parámetros que permitían establecer el nivel de alfabetización científica de los individuos y situarlos en una escala que iba de mayor a menor grado de alfabetización científica en función de la puntuación obtenida. En su artículo de 1998, Miller (1998) explicitaba que una persona científicamente alfabetizada era aquella que poseía el vocabulario científico mínimo para leer y entender una noticia científica, que poseía una cierta comprensión del proceso de la investigación científica, y tenía algún grado de consciencia sobre el impacto que la ciencia y la tecnología tenían en la sociedad. Los indicadores para medir esta alfabetización científica fueron sugeridos por el propio Miller. En la concreción de estas medidas fue especialmente relevante el documento *Science for All Americans*, publicado en 1989 por la American Association for the Advancement of Science en el marco del Project 2061. Estas medidas fueron, primero, incorporadas a los *Science and Engineering Indicators* de la National Science Foundation y, posteriormente, a los Eurobarómetros de la Comisión Europea; y en la actualidad son utilizadas por muchos países en la realización de estudios de percepción y comprensión de la ciencia a nivel nacional. Al descender al nivel de los cuestionarios de estos estudios, la definición de la alfabetización científica quedó concretada en: el conocimiento de los constructos básicos de la ciencia, la comprensión del método de la investigación científica, el reconocimiento de los resultados positivos de la ciencia y la tecnología y el rechazo de la astrología como disciplina científica (Bauer, Allum y Miller, 2007).

Con la penetración del paradigma *public understanding*, la alfabetización científica pasó a ser una parte –fundamental, pero una parte al fin y al cabo–, de algo mayor, de la comprensión pública de la ciencia. En este marco, la atención hacia los intereses, valores y actitudes de los individuos se añadía a la preocupación por el conocimiento científico, acaparando gran parte de la investigación de lo que conformaría el campo *Public Understanding of Science*. Este cambio de foco marca el inicio del segundo paradigma de la comprensión pública (Bauer, Allum y Miller, 2007), y a él se ha dedicado el tercer capítulo. Se ha revisado el informe *Public Understanding of Science* y el informe *Science and Society* que le sucedió, cuyas fechas de publicación, 1985 y 2000 respectivamente, han servido para organizar la evolución del campo *Public Understanding of Science*. Estos dos informes, si bien parecen haber tenido una repercusión internacional –se mencionan por ejemplo en el informe *Public Engagement in Science*–, por “internacional” podría entenderse “europea”. El primero fue obra de la Royal Society de Londres, el segundo de la *House of Lords*

de Gran Bretaña y el tercero de la Comisión Europea. La estructura en tres paradigmas de la comprensión pública que propusieron Martin W. Bauer, Nick Allum y Steve Miller (2007) ha sido útil para visibilizar las preocupaciones del campo y revelar la persistencia y el alcance del modelo de déficit. El impacto que ha tenido este artículo contrasta con el silencio que Miller parece haber guardado sobre él. A Miller se le atribuye una de las definiciones de alfabetización científica más influyentes, rivalizando solo con la que ha proporcionado Shen. Los propios autores, Bauer, Allum y Miller, lo mencionan en su artículo de 2007 “What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda”, sin embargo Miller ni siquiera en sus últimas publicaciones sobre comprensión pública de la ciencia o alfabetización científica, al menos en las que se han revisado para este trabajo, hace referencia explícita a ellos ni a los paradigmas. Miller no articula su reflexión sobre la comprensión pública de la ciencia en los términos que proponen los autores; dentro de la sección “References” de sus artículos no figura “Bauer, Allum y Miller (2007)”¹⁴⁴. Esto sugiere que hay zonas sin explorar dentro del campo *Public Understanding of Science*. “¿Cómo es la comprensión pública de la ciencia más allá del marco proporcionado por los paradigmas de Bauer, Allum y Miller (2007)?” es una pregunta que ha quedado fuera de los límites de este trabajo, pero que podría dar lugar a un interesante estudio. Ya existen trabajos que se desarrollan en esa dirección, como por ejemplo el proyecto *Mapping the Cultural Authority of Science across Europe and India* (MACAS), liderado por Bauer.

Los tres informes, *Public Understanding of Science*, *Science and Society* y *Public Engagement in Science* parecen haber tenido una influencia marcada en la agenda del campo de la comprensión pública de la ciencia. El primero alentaba a la comunidad científica a incrementar su compromiso con la comunicación de la ciencia, hasta ese momento bastante exiguo. Los resultados de los estudios demoscópicos sobre la percepción social de la ciencia revelaban un clima social de desinterés por los asuntos científicos. El segundo abría con el reconocimiento de la existencia de una importante y preocupante crisis de confianza. Las instituciones científicas y gran parte de las estructuras políticas eran objeto de una fuerte desconfianza por parte de la sociedad, un recelo que en parte, justificaba el informe, había sido generado por la deficiente comprensión que la comunidad científica y las instituciones tenían de la sociedad. Las estrategias que

¹⁴⁴ El artículo de Jon D. Miller de 1998 sí se hacen referencias a dos publicaciones en las que Martin W. Bauer ha participado.

ofrecía este segundo informe para paliar la crisis de confianza partían del reconocimiento de que eran necesarias nuevas formas de diálogo. Estas “nuevas formas” serían las encuestas deliberativas, los paneles y conferencias de consenso, los grupos focales, los jurados de ciudadanos. La participación será la estrategia para incorporar la voz pública a los procesos de toma de decisiones en asuntos que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología y, añadirá el *engagement*, en todo el proceso de investigación y desarrollo, para así, como reza el programa “Science with and for Society” del *Horizonte 2020*, alinear los procesos y los productos con los valores. En el último informe, se hace hincapié en esas nuevas formas de diálogo, y se incide en la necesidad de revisar el diálogo entre la ciencia y la sociedad en los siguientes términos:

And it is our task to set up new ways which both empower the public and reward those scientists who engage constructively with civil society. (Potočnik, 2008: 5).

El artículo de Bauer, Allum y Miller donde recogen los paradigmas de la comprensión pública de la ciencia fue publicado en 2007. Al comienzo de esta investigación, “engagement” y “science and society” se concebían como sinónimos, y la diferencia de nombres, como ellos mismos refieren, se explicaba apelando a las fechas. Cuando se publicó su artículo, el término “engagement” aún no había alcanzado la difusión que tiene en la actualidad y, de este modo, escoger el rótulo “science and society” para designar al tercer paradigma era razonable ya que coincidía con el nombre del informe, al igual que en el caso del paradigma anterior. Sin embargo “empoderar al público”, el denominado “upstream” *engagement* o la incorporación de la voz social “en todo el proceso de investigación y desarrollo” suponen algo característico del *engagement*, y marcan una significativa distancia respecto al paradigma *science and society*. El *engagement* podría entonces entenderse como un cuarto paradigma de la comprensión pública de la ciencia (Figura 66). Las diferencias y puntos de encuentro entre el paradigma *science and society* y el paradigma del *engagement* abren una posible línea de investigación futura. El paradigma del *engagement* podría completar los paradigmas propuestos por Bauer, Allum y Miller (2007). Al igual que los autores, se toma como referencia la fecha de publicación del informe *Public Engagement in Science* para datar el inicio del paradigma. Respecto al problema, por coherencia con los diagnósticos en los paradigmas anteriores, se señala el “social empowerment déficit”. A diferencia de los paradigmas anteriores, en el paradigma del *engagement* la atribución del déficit no recae sobre la sociedad, sino sobre las estructuras que posibilitan el

empoderamiento ciudadano, la gobernanza de la ciencia y la inclusión de la voz social en las distintas etapas de la I+D y de la innovación. Por eso las estrategias de investigación que se proponen se orientan a favorecer la promoción de “civic scientists” (Lane, 1997) y de “citizen scientists” (Wilson, Wynne y Stilgoe, 2005).

Figura 66. Cuatro paradigmas de la comprensión pública de la ciencia.

Paradigma	Periodo	Problema diagnosticado	Estrategia de investigación	Geografía
<i>Science literacy</i>	1960s – 1980s	Déficit cognitivo	Medidas de alfabetización científica	Estados Unidos
<i>Public understanding</i>	1955 – 1990s	Déficit actitudinal	Relación entre el conocimiento y las actitudes.	Gran Bretaña – Europa
<i>Science in Society</i>	1990s – presente	Déficit de confianza Deficiente concepción del público.	Estrategias de participación	Gran Bretaña – Europa
<i>Public engagement</i>	Desde 2007	<i>Social empowerment déficit.</i> <i>Upstream engagement déficit.</i>	¿Promoción de <i>civic scientists</i> , de <i>citizen scientist</i> ? ¿ <i>Publicly engaged science</i> (Stilgoe, Simon, y Wilsdon, 2014)?	Europa y Estados Unidos

Elaboración propia. Fuente. Bauer, Allum y Miller, 2007.

A la relación entre la cultura científica y los museos y centros de ciencia se ha dedicado parte del tercer capítulo y todo el cuarto. La cultura científica se puede promover desde muchos formatos distintos, este trabajo se ha centrado en uno: en los museos y centros de ciencia. Estos espacios conjugan la formación y la comunicación, llegan a públicos muy diversos y disponen de una cierta autonomía en sus decisiones, especialmente en aquellos que son de carácter privado. Estas tres características proporcionan un escenario idóneo para promover la crítica culta y la enculturación científica. Los museos y centros de ciencia cuentan con recursos propios que les permiten incidir en la cultura científica. Entendidos como espacios de enseñanza no formal de la ciencia, pueden transmitir contenidos científicos y metacientíficos, tanto de ciencia escolar como de ciencia actual, pueden dar a conocer los riesgos y beneficios de un cierto avance de la ciencia, o mostrar la existencia de una controversia científica, incluso pueden transportar al visitante hasta el laboratorio de un

científico para que asista a la ciencia en la práctica. Pueden albergar charlas y conferencias de la mano de diferentes expertos, proporcionar información de diversas fuentes y sobre las propias fuentes. Entendidos como medios de comunicación de masas, y partiendo del reconocimiento de que cuando se transmiten contenidos también se están transmitiendo valores, los museos y centros de ciencia tienen capacidad para generar nuevos valores y fomentar actitudes, o provocar la revisión de los valores y las actitudes ya existentes en función de la información y las experiencias que proporcionen a través de exposiciones o de talleres. En el diseño de este tipo de actividades, que comienzan a realizarse en los museos y centros de ciencia, sería deseable disponer los fondos y los recursos del museo al servicio de la sociedad, abordando problemas socialmente relevantes, o cuestiones cotidianas que involucren temas de ciencia y tecnología; y que diseñaran sus exposiciones presentando la ciencia también como una actividad social, donde concurren diferentes tipos de intereses y donde la controversia, la incertidumbre y los dilemas éticos, políticos y sociales son algo habitual. Pero los museos y centros de ciencia también pueden incorporar las estrategias de la democracia participativa. Por ejemplo, servirse de una alarma sanitaria para organizar una conferencia de consenso a pequeña escala, un grupo focal mediante el que se trabaje un tema concreto, realizar una simulación grupal cuyo objetivo sea que los participantes resuelvan una controversia concreta, etc. Este tipo de actividades proporcionan una oportunidad al museo o centro de ciencia para abrirse a la gobernanza, como sugieren Andrea Bandelli y Elli A. Konijn (2012), dejando que los ciudadanos tengan voz en las decisiones sobre los temas a abordar. Son actividades que pueden trascender los límites físicos de las instalaciones. Los museos y centros de ciencia pueden utilizar sus recursos online para algo más que promocionar sus actividades o proporcionar información sobre el museo y sus colecciones, pueden albergar espacios de diálogo.

Por motivos que merecerían una investigación en profundidad, los museos y centros de ciencia no parecen haber sido afectados por la crisis de confianza (Schiele, 2008a) que diagnosticaba el informe *Science and Society*. Desde su origen, primero los gabinetes de curiosidades, después los museos de ciencia y tecnología o museos de historia de la ciencia y, finalmente, los actuales centros de ciencia, han desempeñado un importante rol mediador entre la ciencia y la sociedad. Esta mediación ha ido adaptándose a los cambios en la concepción de “ciencia” y de “sociedad”. Si bien, la bibliografía revisada muestra que los cambios en la concepción de “ciencia” han sido menos significativos, perviviendo

en ellos una imagen de la ciencia más cercana a la que impregna la concepción heredada. Dado que los museos y centros de ciencia mantienen un compromiso explícito con la enseñanza y la comunicación de la ciencia, y dado que muchos autores del campo de los Estudios Sociales se preocupan por las relaciones entre la ciencia y la sociedad, era razonable pensar que habría disponible una amplia bibliografía, especialmente en el campo *Public Understanding of Science*, sobre el papel de estos espacios en la alfabetización científica y en la comprensión pública de la ciencia. Hay, de hecho, bastante literatura, pero no tanta ni en el mismo sentido que la que se ha generado, por ejemplo, en el campo *Science in the Media* (como ha señalado Bruce Lewenstein, 1995) o *Science Communication Research* (como resalta Bernard Schiele, 2012). La literatura existente responde principalmente a intereses particulares de autores del campo de la comunicación de la ciencia, o se ha realizado en el seno de diferentes museos y centros de ciencia. En parte porque los museos y centros de ciencia han sido tradicionalmente considerados como herramientas de enseñanza no formal, y solo recientemente como auténticos medios de comunicación; en parte porque su amplio número y su extraordinaria diversidad dificultan un análisis global. Tanto desde los museos y centros de ciencia como desde los Estudios Sociales se desprende una preocupación por las relaciones entre la ciencia y la sociedad, pero aunque hay puntos de confluencia, en general la bibliografía generada desde los museos y centros de ciencia sobre la cultura científica y la generada desde los Estudios Sociales sobre los museos y centros de ciencia parece haberse desarrollado por caminos que discurren en paralelo hacia la misma dirección. En este trabajo, a través del cuarto capítulo, se ha tratado de explicitar los lugares de confluencia en un intento de contribuir a la reconstrucción de la historia de los museos y centros de ciencia desde la perspectiva de los Estudios Sociales.

El quinto capítulo recoge todo lo referente a las medidas de la cultura científica de este trabajo. Es el que más extensión ocupa, pero también el que incluye más figuras. Para la definición de alfabetización científica se revisaron las principales propuestas teóricas presentes en la literatura especializada, pero la situación era distinta en el caso de la definición de cultura científica, ya que la literatura disponible parecía haberse centrado más en la medición que en la definición. En el campo *Public Understanding of Science*, la pregunta “¿qué es la cultura científica?” parecía haber sido sustituida por “¿cómo medir la cultura científica?”, de modo que los estudios demoscópicos de percepción social o de comprensión pública constituían la principal fuente de definiciones de la cultura científica. En este sentido se ha ampliado y completado la recopilación que

ofrece Bauer (2012) sobre aproximaciones a la cultura científica. A diferencia de otros estudios que se centran en replicar y analizar los resultados de los estudios demoscópicos, en este trabajo el foco de atención se ha puesto en las premisas que han guiado la construcción de índices e indicadores por parte de diferentes autores. Es decir, la mirada se ha puesto sobre los propios indicadores y cuestionarios y no sobre los datos que resultan de su aplicación. Benoît Godin (2012) ha señalado que vivimos en una cultura de los números, reconocer la dependencia de los indicadores para construir la propuesta que se presenta en este trabajo era pues un requisito ineludible. En realidad se han tenido en cuenta los indicadores ya existentes más que diseñar indicadores nuevos, aunque también se han propuesto algunos en este sentido. El imperativo de la comparabilidad al que responden los cuestionarios de los estudios demoscópicos, y las inercias que les son propias, sugiere que es poco probable que asistamos a un cambio significativo en el modo de medir la comprensión pública, la percepción social o la cultura científica, y no alienta propuestas demasiado rompedoras. Eso no quiere decir que no haya iniciativas innovadoras, la encuesta iberoamericana FECYT-OEY-RICYT lo fue en su día, y la encuesta PICA lo es más recientemente.

Como se señalaba al principio de estas conclusiones, la pregunta guía de este trabajo era: “¿qué es la cultura científica?”. Dado que no había un marco conceptual preciso sobre la cultura científica, para intentar proporcionar una respuesta era necesario reconstruir las distintas definiciones que subyacían bajo las medidas que se estaban utilizando. Hubiera sido muy limitado construir un concepto de cultura científica que no se pudiera hacer aterrizar en estrategias de promoción, o en indicadores que pudieran monitorizar la eficacia de dichas estrategias. Una definición de cultura científica, como por ejemplo la que ofrece Benjamin S. P. Shen (1975a) o Rafael Pardo (2014a), resulta útil para orientar estrategias de promoción, establecer programas de actuación o líneas de trabajo; pero la misma definición difícilmente podrá ser monitorizada o medida mediante los indicadores tradicionales. Los problemas para medir lo que realmente se quiere medir han sido señalados a lo largo de este trabajo. Del mismo modo, una definición de cultura científica, como la que ha desarrollado Miller (1983), permite desarrollar medidas objetivas, pero los resultados que arrojen habrán de ser interpretados dentro de las limitaciones de los estudios cuantitativos. Por un lado, posibilitar la promoción de la cultura científica y, por otro, reconocer la dependencia de los indicadores para medir dicha promoción son condicionantes

que se han tenido en cuenta en la construcción del concepto de cultura científica.

Cuando Miller (1983) conceptualizó la alfabetización científica la definió como un concepto conformado por tres dimensiones: una primera dimensión hacía referencia a los conocimientos científicos, una segunda dimensión remitía al conocimiento del método científico, y una tercera dimensión que atendía a una cierta comprensión del impacto que la ciencia y la tecnología tenía en la sociedad. En el paradigma de la comprensión pública, los conocimientos científicos y el conocimiento del método científico quedaron unificadas bajo el concepto “alfabetización científica”, al tiempo que la comprensión pública de la ciencia era definida como la suma de la alfabetización científica y las actitudes (Pardo, 2014; Shukla y Bauer, 2008). Los términos “scientific literacy” y “public understanding of science” son de origen anglosajón, no así el término “cultura científica”. La “cultura científica” es un término que ha ido ganando presencia dentro del campo de la comprensión pública de la ciencia pero que se ha desarrollado fuera del ámbito anglosajón y alcanzando un estatus propio. La cultura científica no puede reducirse a comprensión pública ni a alfabetización científica, guarda relación con estos dos conceptos pero no es asimilable a ellos. En este sentido la cultura científica no es una versión más compleja de la alfabetización científica.

Al igual que en la alfabetización científica, en este trabajo, la cultura científica se ha definido también como conformada por dimensiones, en este caso tres: epistémica, actitudinal-valorativa y comportamental –en realidad serían cuatro si se tiene en cuenta que la dimensión epistémica recoge a su vez dos dimensiones. La epistémica integra los conocimientos científicos y tecnológicos de ciencia escolar y de ciencia actual; los conocimientos sobre riesgos, beneficios, controversias asociadas, dilemas éticos y condicionantes económicos; los conocimientos en torno a la regulación de la ciencia y el conocimiento sobre las estructuras institucionales. La dimensión actitudinal-valorativa se refiere a las representaciones e imágenes mentales de los científicos, la ciencia y la tecnología; los intereses, la valoración de riesgos y beneficios de los impactos sociales e individuales del desarrollo tecnocientífico; las actitudes de confianza y recelo. La comportamental involucra las disposiciones al comportamiento basadas en actitudes previas y en información científica y las acciones que se realizan o se dejan de realizar como resultado del consumo de información científica y de la reorganización cognitiva. Las tres

dimensiones son igualmente relevantes en la conformación de la cultura científica, y mantienen influencias mutuas. Los cambios en la dimensión epistémica, como por ejemplo los producidos por la adquisición de nueva información científica pueden tener efecto en la reestructuración de los valores y las actitudes que a su vez inciden sobre las disposiciones comportamentales. Pero no es una influencia unidireccional, ciertos comportamientos pueden llevar a la adquisición de nueva información científica y provocar la reestructuración cognitiva. Aunque la atención a los comportamientos ya había sido reivindicada por otros autores, especialmente por José Antonio López Cerezo y Montaña Cámara Hurtado (2008), las teorías de Joseph Stiglitz (1985, 2000) y Daniel Kahneman (2003) han permitido respaldar la hipótesis sobre las repercusiones conductuales de la posesión de la información, algo que desde los estudios que abordan la cultura científica y la relación entre conocimiento científico y las actitudes hacia la ciencia solo habían asumido implícitamente, pero sin discusión crítica ni justificación –ha sido necesario salir del marco que proporciona el campo de la comprensión pública de la ciencia para recoger una idea que ya formaba parte del corpus de la economía desde, por lo menos, los estudios de la asimetría de la información de George Akerlof (1970).

La cultura científica y sus elementos se han abordado como separados de los procesos de enculturación científica. Si bien la cultura científica se ha definido teniendo en cuenta que pudieran construirse medidas para su monitorización, los procesos de enculturación científica se han abordado de cara a la promoción. No obstante, están íntimamente relacionados, guardan una relación semejante a la relación que existe entre aprender a leer y la lectura. Pero realizar esta distinción ha permitido situar el foco de estudio bien en el resultado del proceso de enculturación, esto es, en el nivel de cultura científica; bien en los procesos, esto es, en cómo se adquiere la cultura científica. Los estudios de percepción y comprensión social de la ciencia suelen focalizarse únicamente en el resultado, en el nivel de conocimientos científicos que poseen los individuos o en la presencia de una cierta actitud hacia la ciencia. Cuando el nivel de alfabetización científica no era el esperado se han incentivado estrategias para mejorar la enseñanza de la ciencia, cuando las actitudes no son las esperadas se han promovido estrategias orientadas a alentar la comunicación de la ciencia, cuando la confianza no ha sido la esperada se ha puesto la atención en la participación.

Recientemente Jon D. Miller (2012, 2014) ha centrado su atención en los procesos, concretamente en las pautas de adquisición de la información científica.

Otros autores, cada uno en sus términos y en su contexto, también han abordado la alfabetización científica o la cultura científica focalizándose en los procesos. Ana Muñoz van den Eynde ha denominado “conciencia científica” al “resultado del proceso de conocer la presencia, importancia y utilidad de la ciencia en el desarrollo de las sociedades humanas, sin obviar la necesidad de adoptar una perspectiva crítica” (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014; 13). En línea similar, también Rafael Pardo (2014a) ha señalado que el objetivo de la apropiación cultural es que los individuos sean capaces de discriminar mejor. Xiufeng Liu (2009) se ha referido a la alfabetización científica en términos de aprendizaje permanente. Lo que queda tras eliminar la referencia a la ciencia de la propuesta de Montaña Cámara y López Cerezo (2008) es una suerte de pensamiento crítico consecuente. John Dewey (1934) definió la actitud científica como la voluntad de usar el método científico y el equipamiento necesario para hacer efectiva esa voluntad. Puestos a remontarnos en el tiempo, Aristóteles también concibió la *techné* como una capacidad para la acción, basada en un tipo especial de conocimiento que se adquiría mediante su práctica. El común denominador que subyace a estas nociones de cultura científica es la de una *capacidad*, una *destreza*, una *habilidad* para lidiar con las cuestiones que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. De las palabras de estos autores parece desprenderse que la cultura científica es una destreza que se adquiere con la práctica.

En el paradigma de la alfabetización científica, un conjunto básico de constructos científicos y una cierta familiaridad con el método científico eran requisitos para comprender y dar sentido a los debates que involucran aspectos de ciencia y tecnología. El contenido de ese conjunto básico, así como la noción de método científico estaban delimitadas y eran mensurables mediante medidas de alfabetización científica y del conocimiento del método científico. Posteriormente, el grado de comprensión pública de la ciencia se vinculó a un cierto perfil que cumplían aquellos individuos que estaban en posesión de un cuerpo básico de constructos científicos, que consumían contenidos científicos y se interesaban por cuestiones de la ciencia, que eran pro-científicos, y mantenían una actitud favorable y de respaldo hacia la ciencia y su práctica. Este parece ser el perfil que se alienta en la actualidad, o al menos, el que se desprende de los estudios demoscópicos de comprensión pública de la ciencia.

En la actualidad contar con un cuerpo básico de conocimientos científicos no es suficiente. Tampoco es deseable una actitud acrítica y de simple entusiasmo hacia la ciencia. Como ha señalado Pardo:

Pero para ser de verdadera utilidad práctica, el campo de las percepciones públicas de la ciencia debe dar un largo rodeo, recuperando un foco teórico más sofisticado, no dependiente de la agenda original de la comunidad científica y los decisores públicos (la mejora de las actitudes públicas ante la ciencia). El objetivo práctico último no debe ser que el individuo o la sociedad den su consentimiento a los resultados y la práctica científica, sino individuos capaces de discriminar mejor entre conocimiento validado y espúreo, identificar las fuentes de conocimiento “autenticado”, adquirir de manera eficiente la información requerida o imprescindible para resolver un problema o alcanzar un objetivo, explorar conocimientos del dominio, o los dominios, de su interés personal (sea el cosmos o las aves), en definitiva, “empoderarlos” en su acción en las esferas pública y privada. (Pardo, 2014: 66).

Si el propósito del *engagement* es el *empowerment*, el objetivo no puede ser el de ciudadanos que se limiten a dar su consentimiento a los resultados y a la práctica científica (Pardo, 2014). No se trata tanto de responder a “qué sabe la gente de ciencia y cuánta gente sabe de ciencia” (Durant, Evans y Thomas, 1992) sino de responder a “qué hace la gente con la ciencia” y “por qué”, a “cómo se comportan las personas cuando tienen que tomar una decisión sobre una cuestión que involucra aspectos de la ciencia y la tecnología”, a “qué hacen cuando tienen que decidir en contextos de incertidumbre”, y a “por qué actúan en uno u otro sentido”. El objetivo de una cultura científica que se alinee con los objetivos del *engagement* es el fomento de la crítica culta, es la promoción de ciudadanos que se interesen por cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, que estén informados o quieren estarlo, y que hagan uso de la información científica y metacientífica en situaciones ordinarias y extraordinarias de la vida, que tengan una actitud de cautela tanto hacia la propia información que reciben como hacia los juicios que se forman a partir de ella. Fuera de foco, entre los miembros adscritos al Grupo de Estudios Sociales de la Ciencia de la Universidad de Oviedo, con frecuencia nos referimos a este perfil y a todo aquello que contribuya a fomentarlo, con el atributo “CTS”.

Parece haber una voluntad manifiesta y un cierto compromiso por parte de las instituciones gubernamentales con respecto al objetivo del *engagement*. El último programa marco, el *Horizonte 2020* o el propio informe de la Comunidad Europea *Public Engagement in Science* son una muestra de ello. En este marco, la

calidad de esa voz social que aspira a ser incorporada en la toma de decisiones se vuelve un asunto de primer orden. Por un lado, Miller (2014) ha resaltado la importancia del conocimiento científico en la toma de decisiones, por otro, Pardo (2014) ha señalado que el objetivo del *engagement* de las políticas de promoción de la cultura científica no puede ser el de ciudadanos que den su consentimiento a la ciencia, sino el de individuos críticos. Ambos se refieren a lo mismo, solo que Pardo realiza su reflexión desde el resultado de la enculturación científica y Miller desde los procesos de enculturación, pero en síntesis, el objetivo de una cultura científica para el *engagement* será el de alentar la adquisición de información científica y promover una actitud crítica con el fin de contribuir a mejorar la calidad de la voz social en la toma de decisiones.

Con el modelo “just-in-time”, Miller (2014) hace referencia a las pautas que tienden a imponerse en los últimos tiempos respecto a la adquisición de información científica por parte de los individuos. Este modelo se contrapone, señala el autor, al modelo “warehouse”, según el cual, los individuos adquieren durante los primeros años de la etapa escolar un cuerpo de conocimientos científicos básicos que les permitirán en el futuro comprender y dar sentido a los debates públicos que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. Este cuerpo de conocimientos podrá ser ampliado mediante mecanismos de comunicación de la ciencia. Según Miller el modelo “warehouse” está siendo paulatinamente sustituido por el modelo “just-in-time” de adquisición de la información, en el que los individuos buscan información cuando la necesitan. El advenimiento del modelo “just-in-time” tiene rasgos que le son propios y que han sido propiciados en gran medida por los cambios provocados por la expansión de las tecnologías de la información y la comunicación, especialmente por el advenimiento de Internet. En la “Era de la Información” (Miller, 2014), los individuos tienen acceso prácticamente inmediato a una cantidad ingente de información proporcionada por diversas fuentes, y los individuos pueden adquirir información científica “en el momento en el que la necesitan”. Miller (2014) refiere varias evidencias que muestran que los individuos buscan activamente información sobre aquellas cuestiones que les afectan directamente, incluidas las cuestiones científicas, y que la información que adquieren tiene efecto en sus decisiones y en sus hábitos. Los usuarios tienen la posibilidad de realizar de forma activa búsquedas específicas, obtener información en cuestión de segundos y, cada vez con más frecuencia, sin necesidad de desplazamiento. La información que los usuarios encuentran en Internet es de diversa procedencia, en muchos casos no está respaldada por credenciales de ningún tipo, pudiendo

estar proporcionada por otros internautas, a través de blogs y foros; también por organismos no gubernamentales o empresas, por instituciones gubernamentales, etc., y en cada caso, la información proporcionada responde a intereses y valores. En el modelo “warehouse” la información venía respaldada por la autoridad de la fuente –una característica que también resalta Massimiano Bucchi (2013) para el modelo de comunicación 1.0–, pero en el modelo “just-in-time” la capacidad de buscar información de diferentes fuentes y de contrastar esa información parecen ser desempeñar un papel relevante en la credibilidad que se otorga a la información. Las habilidades de navegación online y la capacidad para contrastar información determinarán la capacidad del individuo para distinguir entre información fiable, sesgada, incompleta o errónea.

Como ha señalado Miller (2014: 97), “es imposible adivinar qué controversias científicas aparecerán en los medios de comunicación y en los debates públicos en 2040, 2050 o 2061”. El conocimiento científico adquirido durante la etapa escolar, aunque sea posteriormente ampliado mediante mecanismos de comunicación de la ciencia, no proporciona una base suficiente para entender y dar sentido ni a los debates actuales ni a los nuevos que se generen (Miller, 2014). Este reconocimiento ha llevado Miller (2014) a afirmar que, además de un mínimo de alfabetización científica, serán necesarias habilidades de búsqueda y selección de la información, por ello, en el modelo “just-in-time” la información se vuelve una cuestión clave para la cultura científica. El estudio de las pautas de adquisición “just-in-time” de la información por parte de colectivos concretos (colectivos que practican algún deporte, que mantienen unos hábitos alimenticios concretos, que tienen a su cuidado mascotas, que tienen una afición particular, etc.) constituye una línea de investigación relevante desde la perspectiva de la cultura científica. Una mejor comprensión de las pautas de adquisición de la información en el modelo “just-in-time” puede contribuir a diseñar políticas de promoción de la cultura científica orientadas a velar por la calidad de la voz social, que garanticen que esa voz tenga peso en la toma de decisiones y, en definitiva, que favorezcan el *empowerment* social. La cultura científica, entendida como una disposición a actuar basada en una actitud crítica construida sobre la base de información científica, y no como mera alfabetización científica sumada a una actitud de apoyo incondicional hacia la ciencia, parece más apropiada para los fines del *engagement* social.

En las sociedades democráticas post-industriales, la calidad de la voz social y los mecanismos disponibles para incluir dicha voz en la toma de decisiones pueden ser indicativos de la salud del sistema democrático. La pluralidad y divergencia de opinión, que se sustenta sobre la libertad de pensamiento e información, es a su vez garante de la rendición de cuentas y del saludable funcionamiento de una sociedad democrática. En este sentido, la disensión y la libertad de opinión, acompañada de participación, son elementos básicos para el buen funcionamiento de una sociedad democrática. Al abordar los problemas que los museos y centros de ciencia tenían que afrontar para incluir la gobernanza, Andrea Bandelli y Elli Konijn (2012) mencionaban el “miedo al cambio” al que se referían como el recelo a incorporar la voz del público y exponerse a la crítica subjetiva, a caer en el descrédito y perder la confianza. Incorporar una voz social la voz social en la toma de decisiones es estar dispuesto a obtener respuestas que pueden parecer contrarias a lo que sería una actitud pro-científica, incluso que podrían ser caracterizadas como anticientíficas. Las actitudes de desconfianza y recelo pueden responder al desconocimiento, pero también pueden ser producto de la adquisición de información científica y estar presentes en individuos informados que mantienen actitudes críticas. Aún sabemos poco de los ciudadanos científicamente cultos, de los “ciudadanos CTS” como se han denominado en este trabajo, no contamos con herramientas adecuadas para analizar este segmento poblacional, el uso de dicotomías excesivamente rígidas como “pro-científico/anti-científico”, “beneficios/riesgos” no permiten captar adecuadamente la realidad de la percepción y comprensión social de la ciencia, ni de la cultura científica. y es un obstáculo para el diseño de estrategias de promoción efectivas. Pero esto, más que un problema, revitaliza la línea de investigación de la cultura científica. ¿Qué es ser científicamente culto?, ¿cómo podemos medir la cultura científica crítica?, ¿cómo podemos promoverla? Son cuestiones que continúan siendo objeto de reflexión. Comenzábamos este trabajo con ellas, y más de 300 páginas después, debo reconocer que esta Tesis deja más preguntas abiertas de las que responde –si es que responde alguna. Pero, en definitiva, reivindicar una actitud crítica no dista mucho de reivindicar una actitud filosófica, entendida en sentido socrático, como el arte de hacer las preguntas adecuadas más que de alcanzar verdades, y en este sentido creo que se ha avanzado hacia una mejor comprensión de los problemas.

Referencias

- AAAS, ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993) *Benchmarks for science literacy*, Oxford University Press.
- Disponible en inglés y en español:
<http://www.project2061.org/publications/bsl/>. [Último acceso, agosto de 2014].
- (1989) *Science for all Americans*, Oxford University Press.
- Disponible en inglés y en español:
<http://www.aaas.org/report/science-all-americans>. [Último acceso, agosto de 2014].
- AJZEN, I. (2012) The theory of planned behavior, en P. A. M. Lange, A. W. Kruglanski y E. T. Higgins (eds.) *Handbook of Theories of Social Psychology*, Londres: SAGE, 438-459.
- (1985) From intentions to actions: a theory of planned behavior, en J. Kuhl y J. Beckman (eds.) *Action-control: from cognition to behavior*, Heidelberg: Springer, 11-39.
- AJZEN, I Y FISHBEIN, M. (1980) *Understanding attitudes and predicting social behavior*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- AKERLOF, G. A. (1970) “The market for ‘lemons’: quality uncertainty and the market mechanism, en *The Quarterly Journal of Economics*, 84 (3), 488-500.
- ALBORNOZ, M. (2013) “Cultura científica para los ciudadanos; cultura científica para los científicos”, conferencia presentada en el *Seminario internacional Indicadores de Cultura Científica y Tecnológica*, celebrado en Salamanca, entre el 5 y el 6 de noviembre de 2013.
- ALBORNOZ, M. (Dir.), VACCAREZZA, L. (Coord.), POLINO, C. Y FAZIO, M. E. (2003) *Resultados de la encuesta realizada en Argentina, Brasil, España y Uruguay*, OEI-RICYT.
- Disponible en:
http://www.centroredes.org.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=38:doctrabajo9&catid=8:documentos-de-trabajo&Itemid=44. [Último acceso: agosto de 2015].
- ALFONSO FERNÁNDEZ, L. (1993) *Museología. Introducción a la teoría y práctica del museo*, Madrid: Istmo.
- ALLUM, N Y STONEMAN, P. (2012) Beliefs about astrology across Europe, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 301-322.

- ANDERSON, L. W. Y KRATHWOHL, D. (2001) *A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*, Nueva York: Longman.
- ANDERSON, L. W. Y SOSNIAK, L. (1994) *Bloom's taxonomy: a forty-year retrospective*, Chicago: University of Chicago Press.
- ANDERSON, M. L. (2003) "Visitors' long-term memories of world expositions", en *Curator*, 46, 401-420.
- BAIRD, D. M. (1986) "Science museums in the modern world", en *Curator*, 29 (3), 213-220.
- BANDELLI, A. Y KONIJN, E. A. (2012) "Science center and public participation: methods, strategies, and barriers", en *Science Communication*, 35 (4), 419-448.
- BARRIO ALONSO, C. (2008) "La apropiación social de la ciencia: nuevas formas", en *Revista CTS*, 10 (4), enero, 213-225.
- BAUER, M. W. (2015) "Science literacy and beyond", en *Public Understanding of Science*, 24 (3), 258-259.
- (2014) Cultura científica y sus indicadores – Una revisión actualizada, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*. Buenos Aires: Eudeba, 101-126.
 - (2013) Los cambios en la cultura de la ciencia en España. 1989-2010, en FECYT, *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2012*, Madrid: FECYT, 191-226.
 - (2012a) Science culture and its indicators, en B. Schiele, M. Claessens y S. Shi (eds.) *Science communication in the world. Practices, theories and trends*, Nueva York-Londres: Springer, 295-312.
 - (2012b) The changing culture of science across old Europe: 1989 to 2005, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 92-125.
 - (2009) "The evolution of Public Understanding of Science – Discourse and comparative evidence", en *Science, Technology & Society*, 14 (2), 221-240.
 - (2008a) Public Understanding of Science – The survey research, en M. Bucchi y B. Trench (eds.) *Handbook of Communication of Science and Technology*, Londres: Routledge, 111-129.
 - (2008b) Paradigm change for science communication: commercial science needs a critical public, en D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J.

- Metcalf, B. Schiele y S. Shi (eds.) *Communicating science in social contexts: new models, new practices*, Bruselas: Springer, 7-25.
- BAUER, M. W.; ALLUM, N. Y MILLER, S. (2007) "What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda", en *Public Understanding of Science*, 16, 79-95.
- BAUER, M. W. Y DURANT, J. (1997) "Belief in Astrology: a social-psychological analysis", en *Culture and Cosmos*, 1 (1), 55-71.
- BAUER, M. W., DURANT, J. Y EVANS, G. (1994) "European public perceptions of science", en *International Journal of Public Opinion Research*, 6 (2), 163-186.
- BAUER, M. W. Y HOWARD, S. (2013) *The culture of science in modern Spain: an analysis across time, age cohorts and regions*, España: Fundación BBVA.
- BAUER, M. W.; SHUKLA, R. Y ALLUM, N. (2012) Towards cultural indicators of science with global validity, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 1-17.
- BELTRÁN LLORÍS, M. (1971-1972) "Teoría del Museo. I", en *Caesaraugusta*, 35-36, 5-28.
- BERNOULLI, D. (1954): "Exposition of a new theory on the measurement of risk", en *Econometría*, 22 (1), enero, 23-36.
- BLANCO RANGEL, I. (2013) "La apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación y los organismos de cooperación internacional", en *El ágora*, 13 (1), enero, 179-189.
- BLOOM, B. S.; ENGELHART, M. D.; FURT, E. J.; HILL, W. H. Y KRATHWOHL, D. R. (1956) *Taxonomy of educational objectives – The classification of educational goals – Handbook I: Cognitive domain*, Londres: Longmans, Green & Co. Ltd.
- BLOOR, D. (1976) *Knowledge and social imagery*, Londres: The University Chicago Press.
- BODMER, W. (2010) "Public Understanding of Science: The BA, the Royal Society and COPUS" en *Notes & Records of The Royal Society*, 64, 14 de julio, 151-161.
- BROCKMAN, J. (1995) *The Third Culture: beyond the Scientific Revolution*, Estados Unidos: Simon & Schuster.
- BUCCHI, M. (2013) "Style in science communication", en *Public understanding of Science*, 22, 8, 904-615.

- (2008) Of deficits, deviations and dialogues. Theories of public communication of science, en M. Bucchi y B. Trench (eds.), *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, Londres-Nueva York: Routledge, 57-76.
- BUSH, V. (1945) *Science, the endless frontier*, Estados Unidos: Government Printing Office.
- Disponible en: <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm> [Último acceso: Agosto de 2015].
- Edición en español de 1999, “Ciencia, la Frontera sin Fin. Un informe al Presidente, Julio de 1945”, en *Redes*, 14, 89-137.
- BURTON, A. (1999) *Vision and accident: the story of the Victoria and Albert Museum*, Londres: V&A Publications.
- BYBEE, R. W. (1997) *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*, Portsmouth (Nuevo Hampshire): Heinemann.
- CÁMARA HURTADO, M. Y LÓPEZ CEREZO, J. A. (2014) Cultura científica y percepción del riesgo, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*, Buenos Aires: Eudeba, 159-177.
- (2010) “Political dimensions of scientific culture: highlights from the Ibero-American survey on the social perception on science and scientific culture”, en *Public Understanding of Science*, 21, 369-384.
 - (2008) Dimensiones políticas de la cultura científica, en J. A. López Cerezo y F. J. Gómez González (eds.) *Apropiación social de la ciencia*, Madrid: Biblioteca Nueva, 63-90.
- CARSON, R. N. (1998) Science and the ideals of liberal education, en B. J. Fraser y K. G. Tobin (eds.) *International Handbook of Science Education*, Dordrecht (Países Bajos): Kluwer Academic, 1001-1014.
- CASTELLS, M. (2001) *La Galaxia Internet: reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*, Barcelona: Plaza & Janés.
- CE, COMISIÓN EUROPEA (2008) *Public Engagement in Science. Report of the Science in Society Session*, conferencia internacional “The future of science and technology in Europe”, celebrada en Lisboa, entre el 8 y el 10 de octubre de 2007.
- CHALMERS, A. (1976) *What is this thing called science?*, Australia: Queensland University Press.
- COLE, K. C. (2009) *Something incredibly wonderful happens. Frank Oppenheimer and the world he made up*, Boston-Nueva York: Houghton Mifflin Harcourt.

- CORTASSA, C. G. (2010) "Del déficit al diálogo, ¿y después? Una reconstrucción crítica de los estudios de comprensión pública de la ciencia", en *Revista CTS*, 5 (14), 159-184.
- CHAMPAGNE, D. W. (1975) "The Ontario Science Center in Toronto: some impressions and some questions", en *Educational Technology*, 15 (8), 36-39.
- DAAMEN, D. L. Y VANDERLANS, I. A. (1995) The changeability of public opinions about new technology: assimilation effects in attitude surveys, en M. W. Bauer (ed.) *Resistance to new technology*, Cambridge: Cambridge University Press, 81-96.
- DAVALLON, J.; GRANDMONT, G. Y SCHIELE, B. (1992) *The rise of environmentalism in museums*, Québec: Musée de la civilisation.
- DAVIS, R. C. (1958) *The public impact of science in the mass media*, Ann Arbor (Michigan): Institute for Social Research, University of Michigan.
- DANILOV, V. (1976) "America's contemporary science museums", en *Museum Journal*, 76 (75), 145-147.
- DELICADO, A. (2009), "Scientific controversies in museums: notes from a semi-peripheral country", en *Public Understanding of Science*, 18: 759-767.
- DEWEY, J. (1934) "The supreme intellectual obligation", en *Science Education*, 18, 1-4.
- DOUGLAS, M. Y WILDAVSKY, A. (1982) *Risk and culture: an essay on the selection of technical and environmental dangers*, Berkeley (California): University of California Press.
- DURANT, J. (1992) Introduction, en J. Durant (ed.) *Museum and the Public Understanding of Science*, Gran Bretaña: COPUS-Unity Print Limited, 7-11. Reimpreso en 2001.
- (1999) "Participatory technology assessment and true democratic model of the Public Understanding of Science", en *Science and Public Policy*, 26 (5), 313-319.
 - (1996) Science museums or just museums of science?, en S. Pearce (ed.) *Exploring science in museums*, Londres: The Athlone Press, 148-161.
- DURANT, J.; EVANS, G. Y THOMAS, G. (1992) "Public Understanding of Science in Britain: the role of medicine in the popular presentation of science", en *Public Understanding of Science*, 1, 161-182.
- (1989) "The Public Understanding of Science", en *Nature*, 340, 6 de Julio, 11-14.

- (1988) *Public Understanding of Science*. Archivo digital, Colchester, Essex: UK Data Archive, noviembre de 2009, SN: 6323.

Disponible en:

<http://doc.ukdataservice.ac.uk/doc/6323/mrdoc/pdf/6323questionnaire.pdf>. [Último acceso: agosto de 2014].

EB, EUROBARÓMETRO (2010) *Science and Technology*, Eurobarómetro especial EB-73.1, Comisión Europea.

- (2008) *Qualitative Study on the Image of Science and the Research Policy of the European Union*, Eurobarómetro estudio cualitativo EB-QL, Comisión Europea.
- (2005) *Europeans, Science and Technology*, Eurobarómetro especial EB-63.1
- (2003) *Public Opinion in the Countries Applying for European Union Membership*, Eurobarómetro de países candidatos CC-EB 2002.3, Comisión Europea.
- (2001) *Europeans, Science and Technology*, Eurobarómetro especial EB-55.2, Comisión Europea.
- (1993) *Europeans, Science and Technology*, Eurobarómetro especial EB-38.1, Comisión Europea.
- (1990) *Les Européens, la Science et la Technologie*, Eurobarómetro especial EB-31, Comisión Europea.
- (1979) *Les Attitudes du Public Européen Face au Développement Scientifique et Technique*, Eurobarómetro EB-10A, Comisión Europea.
- (1977) *Science and European Public Opinion*, Eurobarómetro, EB-7, Comisión Europea.

ECHEVERRÍA, J. (2003) *La revolución tecnocientífica*, Madrid: Fondo de Cultura Económica de España.

EINSIEDEL, E. F. (1994) "Mental maps of science: knowledge and attitudes among Canadian adults", en *International Journal of Public Opinion Research*, 6, 35-44.

ELLUL, J. (1954) *La technique ou l'enjeu du siècle*, París: Armand Colin.

EL PAÍS (2015) "Un 25% de los españoles cree que el Sol gira alrededor de la Tierra", 24 de abril de 2015.

Disponible en:

http://elpais.com/elpais/2015/04/23/ciencia/1429792444_486485.html. [Último acceso: Agosto 2015].

EMCM, Estadística de Museos y Colecciones Museográficas (series 2000 – 2012).

Disponible en:

<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft12%2Fa111&file=inebase&L=0> [Último acceso: enero de 2015].

FALK, J. H., SCOTT, C., DIERKING, L. RENNIE, L. Y JONES, M. C. (2004) “Interactives and visitor learning”, en *Curator*, 47, 171-198.

FAYARD, P. (1992) “Let's stop persecuting people who don't think like Galileo!”, en *Public Understanding of Science*, 1, 15-16.

FECYT, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2015) “El 25 % de las donaciones de crowdfunding se dedicaron a investigación científica”, publicado en la Sala de Prensa de la FECYT, el 16 de abril de 2015.

Disponible en:

<http://www.fecyt.es/es/noticia/el-25-de-las-donaciones-de-crowdfunding-se-dedicaron-investigacion-cientifica>. [Último acceso: abril de 2015].

- (2013) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2012*, Madrid: FECYT.
- (2011) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2010*, Madrid: FECYT.
- (2009) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2008*, Madrid: FECYT.
- (2007) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2006*, Madrid: FECYT.
- (2005) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2004*, Madrid: FECYT.
- (2003) *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2002*, Madrid: FECYT.

FECYT-OEI-RICYT (2009) *Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*, FECYT: Madrid.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A. Y PRAIA, J. (2002) “Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza”, en *Historia y Epistemología de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.

FERNÁNDEZ REYES, R. (Dir.) Y MANCINAS-CHÁVEZ, R. (coord.) (2013) *Medios de comunicación y cambio*, Sevilla (España): Fénix editora.

FIGUEROLA, C. G.; GROVES, T. Y QUINTANILLA, M. A. (2013) “La cultura científica más allá de las encuestas: Wikipedia, la prensa y los libros de texto”, en *Actas del IX*

Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, celebrado en Bogotá (Colombia), entre el 9 y el 11 de octubre de 2013.

Disponible en:

<http://reina.usal.es/biblio/files/figuerola2013cultura-texto.pdf> [Último acceso: junio 2015].

FIORINO, D. (1990) "Citizen participation and environmental risk: a survey of institutional mechanism", en *Science, Technology and Human Values*, 15 (2), 226-243.

FRANKENBERG, L.; GALVIS ORTIZ, C. A. Y ÁLVAREZ MORENO, M. A. (2012) Apropiación social de la ciencia, modelos de comunicación pública aplicados a las TIC: un análisis comparado Colombia-México, en Universidad Santiago de Cali (ed.) *Las tecnologías de la información en contextos educativos: nuevos escenarios de aprendizaje*, Santiago de Cali: Universidad Santiago de Cali, 33-54.

Disponible en:

http://www.edutic.ua.es/wp-content/uploads/2012/10/las-tecnologias-de-la-informacion_33_54-CAP2.pdf. [Último acceso: agosto de 2015].

FULLER, S. (1992) "STS as a social movement", en *Science, technology and Society*. 91, 1-15

FUNDACIÓN BBVA (2012) *Estudio internacional de cultura científica de la Fundación BBVA*, Depto. de Estudios Sociales y Opinión Pública, BBVA: Barcelona. Se compone de dos partes:

"Cultura científica: comprensión de la ciencia". Disponible en: <http://www.fbbva.es/TLFU/tlfu/esp/investigacion/fichainves/index.jsp?codigo=380>. [Último acceso: febrero 2015].

"Cultura científica: actitudes hacia la ciencia". Disponible en: <http://www.fbbva.es/TLFU/tlfu/esp/investigacion/fichainves/index.jsp?codigo=381>. [Último acceso: febrero 2015].

FUNTOWICZ, S. O. Y RAVETZ, J. R. (1993) "Science for the post-normal age", en *Futures*, 25, 735-755.

GABEL, L. L. (1976) *The development of a model to determine perceptions of scientific literacy*, Tesis Doctoral, Ohio State University.

Disponible en:

<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED130915.pdf>. [Último acceso: 12 de agosto de 2015].

GARCÍA LASO, A.; MARTÍN SANCHEZ, A. Y MUÑOZ, E. (2014) La cultura y la conciencia científica en sus contextos. Valores en el espejo de las Éticas, en A. Muñoz

van den Eynde y E. Lopera Pareja (eds.) *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 242-281.

GARCÍA PALACIOS, E. M.; GONZÁLEZ GALBARTE, J. C.; LÓPEZ CEREZO, J. A.; LUJÁN, J. L.; MARTÍN GORDILLO, M.; OSORIO, C. Y VALDÉS, C. (2001) *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*, Madrid: OEI.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (2012) *La dimensión social de la cultura científica*, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.

GARCÍA RODRÍGUEZ, M Y LASPRA, B. (2011) Cultura científica en los museos de ciencia y tecnología, en I. Díaz García y A. Muñoz van den Eynde (eds.) *Participación y cultura científica en contexto internacional*, Madrid: CSIC-Catarata, 141-166.

GAYA NUÑO, J. A. (1955) *Historia y guía de los museos de España*, Madrid, Espasa-Calpé.

GODIN, B. (2012) The culture of science and the politics of numbers, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 17-35.

– (2011) “Taking statistics (more) seriously: the measurement of science, technology and innovation and its future”, Montreal: Centre Urbanisation Culture Société de l’Institut national de la recherche scientifique.

Disponible en:

<http://www.csiic.ca/PDF/UNESCOconference.pdf>. [Último acceso: agosto de 2014].

GODIN, B. Y DORÉ C. (2005) “Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension”, *Paper* presentado en el Helsinki Institute for Science and Technology Studies, HIST Lecture, Helsinki (Finlandia).

Disponible en:

<http://sta.uwi.edu/rdifund/documents/GodinDoreImpacts.pdf>. [Último acceso: agosto de 2014].

GODIN, B. Y GINGRAS, Y. (2000) “What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model”, en *Public Understanding of Science*, 9, 43-58.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I. (2013) “Ciencia, tecnología y sociedad: cincuenta años de estudios sociales sobre la ciencia y la tecnología”, en *Cuadernos Hispanoamericanos*, 757-758, julio-agosto, 69-80.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CEREZO, J. A. Y LUJÁN LÓPEZ, J. L. (1996) *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación al estado social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Tecnos.

- GUISASOLA, J, E INTXAUSTI, S. (2000) "Museos de ciencia y educación científica: una perspectiva histórica", en *Alambique*, 26, 7-14.
- HACKETT, E.; AMSTERDAMSKA, O.; LYNCH, M. Y WAJCMAN, J. (2008) *The Handbook of Science and Technology Studies. Third Edition*, Cambridge (Massachusetts)-Londres (Inglaterra): The MIT Press.
- HACKING, I. (2013) Ensayo preliminar, en T. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, México D. F.: Fondo de Cultura Económica, 9-51.
- HANSON, N. R. (1958) *Patterns of discovery: an inquiry into the conceptual foundations of science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- HARAWAY, D., (1991) *Simians, cyborgs, and women: the reinvention of nature*, Nueva York: Routledge.
- HÅRD, M. Y JAMISON, A. (2005) *Hubris and Hybrids: A Cultural History of Technology and Science*, Nueva York, Routledge.
- HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, F. (1998) *El museo como espacio de comunicación*, Madrid: Trea.
- HERRERA ESCUDERO, M. L. (1980) *El Museo en la educación*, Unigraf, Madrid.
- HOOPER-GREENHILL, E. (1998) *Museum and their visitors*, Londres: Routledge. Edición en español de 1994, *Los museos y sus visitantes*, Madrid: Trea.
- HOUSE OF LORDS (2000) *Science and Society, third report*, Londres: House of Lords Select Committee on Science and Technology/HMSO.
- Disponible en:
<http://www.publications.parliament.uk/pa/ld199900/ldselect/ldsctech/38/3801.htm>. [Último acceso: febrero de 2015]
- HOYOS, N. E. (2002) "La apropiación social de la ciencia y la tecnología: una urgencia para nuestra región", en *Interciencia*, 27 (2), febrero, 53.
- HURD, P. D. (1998) "Scientific literacy; new minds for a changing world", en *Science Education*, 82, 407-416.
- (1958) "Science literacy: its meaning for American schools", en *Educational Leadership*, 16, 13-16
- ICOM, INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS (2007) Estatutos del ICOM, adoptados por la 22ª Asamblea General (Viena, Austria, 24 de Agosto de 2007).
- (2001) Estatutos del ICOM, enmendados por la 18ª Asamblea General (Barcelona, España, 6 de julio de 2001).

- (1995) Estatutos del ICOM, adoptados por la 16ª Asamblea General (La Haya, Holanda, 5 de septiembre de 1989) y enmendados por la 16ª Asamblea General (Stavanger, Noruega, 1995).
- (1989) Estatutos del ICOM, adoptados por la 16ª Asamblea General (La Haya, Holanda, 5 de septiembre de 1989).
- (1974) Estatutos del ICOM, adoptados por la 11ª Asamblea General (Copenhague, Dinamarca, 14 de junio de 1974).
- (1961) Estatutos del ICOM, Noviembre de 1961).
- (1951) Estatutos del ICOM (Julio de 1951).
- (1946) Constitución del ICOM de 1946.

Disponibles en:

http://archives.icom.museum/hist_def_eng.html. [Último acceso: agosto de 2015].

IRVIN, A. (2014) "From deficit to democracy (re-visited)", en *Public Understanding of Science*, 23, 71-76.

- (2008) Moving forwards or in circles? Science communication and scientific governance in an age of innovation, en R. Holliman, E. Whitelegg, E. Scanlon, S. Smidt y J. Thomas (eds.) *Investigating Science Communication in the Information Age: Implications for Public Engagement and Popular Media*, Oxford: Oxford University Press, 3-17.

IRWIN, A. Y WYNNE, B. (eds.) (1996) *Misunderstanding science? The public reconstruction of science and technology*, Reino Unido: Cambridge University Press.

JAMISON, A. (2014) Imaginación híbrida: una historia cultural de la ciencia y la tecnología, en Laspra, B. y Muñoz, E. *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*, Buenos Aires: Eudeba, 21-37

JAMISON, A.; CHRISTENSEN, S. Y BOTIN, L. (2011) *A Hybrid Imagination. Science and technology in cultural perspective*, Golden Colorado: Morgan & ChayPool.

JASANOFF, S. (2014) "A mirror for science", en *Public Understanding of Science*, 23, 21-26.

- (2005) *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*, Princeton (Nueva Jersey): Princeton University Press.
- (1995) "Procedural Choices in Regulatory Science", en *Technology in Society*, 3 (17), 273-293.

- JASANOFF, S.; MARKLE, G. E.; PETERSEN, J. C. Y PINCH, T. (eds.) (1995) *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousan Oaks-Londres-Nueva Delhi: SAGE.
- KAHNEMAN, D. (2003) “Mapas de racionalidad limitada: Psicología para una economía conductual”, en *Revista Asturiana de Economía*, 28, 181-225.
- KNERR, G. (2000) “Technology museums: new publics, new partners”, en *Museum International*, 52 (4), 8-13.
- KUHN, T. S. (1970) Reflections on my critics, en I. Lakatos y A. Musgrave (es.) *Criticism and the growth of knowledge, Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965*, Cambridge-Nueva York: Cambridge University Press, 231-278.
- (1962) *The structure of scientific revolutions*, Estados Unidos: Chicago University Press. Edición en español de 2013, *La estructura de las revoluciones científicas*, México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- LANE, N. F. (1997) “An open letter to scientists and engineers: let’s get the world out together about why science matters”, National Science Foundation.
- Disponible en:
<http://www.upenn.edu/almanac/v44/n03/benchmar.html> [Último acceso: agosto de 2014].
- LASPRA, B. (2014) De las medidas de alfabetización científica a las medidas de cultura científica, en A. Muñoz van den Eynde y E. Lopera Pareja (eds.) *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 25-46.
- LATOUR, B. (1987) *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*, Estados Unidos: Harvard University Press.
- LAUGKSCH, R. C. (2000) “Scientific literacy: a conceptual overview”, en *Science Education*, 84 (1), enero, 71-94.
- LAYTON, D.; JENKINS, E. Y DONNELLY, J. (1994) *Scientific and technological literacy. Meanings and rationales. An annotated bibliography*, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, Univeristy of Leeds-UNESCO.
- Disponible en:
http://www.unesco.org/education/pdf/325_94.pdf. [Último acceso: agosto de 2014].
- LEÓN, A. (1990) *El Museo. Teoría, praxis y utopía*, Madrid: Cátedra.
- LÉVY-LEBLOND, J. M. (1992) “About misunderstandings about misunderstandings”, en *Public Understanding of Science*, 1, 17-21.

- LEWENSTEIN, B. V. (2010) "Models of public understanding: the politics of public engagement", en *ArtefaCTos*, 3 (1), diciembre, 13-29.
- (2003) "Models of public communication of science and technology", documento de trabajo.
 Disponible en:
http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/43775/mod_resource/content/1/Texto/Lewenstein%202003.pdf [Último acceso: septiembre de 2014].
 - (1995) Science and the Media, en S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen y T. Pinch (eds.) *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks-Londres-Nueva Delhi: SAGE Publications, 343-360.
- LIU, X. (2009) "Beyond science literacy: science and the public", en *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 301-311.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. (2001) Empirismo, sobredeterminación y la dimensión práctica de la ciencia, en J. Velarde Lombraña; J. A. López Cerezo y J. de la Pienda (eds.) *Studia Philosophica*, II, Oviedo: Servicio Editorial de la Universidad de Oviedo, 173-190.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. Y CÁMARA HURTADO, M. (2009) "Apropiación social de la ciencia y participación ciudadana", FECYT-OEI-RICYT, *Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*, Madrid: FECYT, 81-103.
- (2007) "Scientific culture and social appropriation of the science", en *Social Epistemology*, 21 (1), 69-81.
 - (2005) "Apropiación social de la ciencia", en FECYT, *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2004*, Madrid: FECYT, 31-57.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. Y GÓMEZ GONZÁLEZ, F. J. (eds.) (2008) *Apropiación social de la ciencia*, Madrid: Biblioteca Nueva-OEI.
- LOSH, S. C. (2012) American public understanding of science 1979-2006, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 55-75.
- MADDEN, T. J.; ELLEN, P. S. Y AJZEN, I. (1992) "A comparison of the theory of planned behavior and the theory of reasoned action", en *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18 (1), 3-9.
- MARCOS MARTÍNEZ, A. Y CALDERÓN QUINDÓS, F. (2002) "Una teoría de la divulgación de la ciencia", en *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 3 (6-7), 7-40.
- MARTÍN, C. S. (1964) *Hacia un museo español de la ciencia y de la técnica: Informe sobre los museos de ciencia y técnica más importantes del mundo*. Madrid: Torres Quevedo.

- MARTÍN GORDILLO, M. (2003) “Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias”, en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), 377-398.
- MAYER, V. J. (2002) *Global science literacy*, Dordrecht (Países Bajos): Kluwer Academic.
- MERTON, R. K. (1949) *Social Theory and Social Structure*, Nueva York: The Free Press. Reimpreso en 1968.
- MILLER, J. D. (2014) La importancia de la alfabetización científica en un mundo *just in time*, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*. Buenos Aires: Eudeba, 73-99.
- (2012) The sources and impact of civic scientific literacy, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 1-17.
 - (2004) “Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: what we know and what we need to know”, en *Public Understanding of Science*, 13, 273-294.
 - (1998) “The measurement of civic scientific literacy”, en *Public Understanding of Science*, 7, 203-223.
 - (1983) “Scientific Literacy: a Conceptual and Empirical Review”, en *Daedalus*, 112 (2), 29-48.
- MILLER, J. D. Y PIFER, L. K. (1995) *The public understanding of biomedical science in the United States, 1993*. Chicago: Chicago Academy of Sciences.
- MONTAÑÉS PERALES, O. (2011a) La cultura científica: un marco conceptual de referencia para la evaluación de la percepción pública de la ciencia, en FECYT, *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010*, Madrid: FECYT, 93-114.
- (2011b) *Problemas epistemológicos de la comunicación pública de la ciencia*, Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca.
- MORENO CASTRO, C. Y LOPERA PAREJA, E. (2014) Los argumentos de los discursos públicos en torno a la controversia de la vacuna contra el VPH, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*, Buenos Aires: Eudeba, 273-289.
- MOSTERÍN, J. (1993) *Filosofía de la cultura*, Madrid: Alianza Editorial.
- MUMFORD, L. (1964) “Authoritarian and democratic technics”, en *Technology and Culture*, 5 (1), invierno, 1-8.

MUÑOZ, E. (2014) El estatuto de las ciencias. Una (re)visión evolutiva desde la perspectiva CTS, en *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 183-204.

- (2002) “La cultura científica, la percepción pública y el caso de la biotecnología”, Documento de trabajo presentado en el seminario *La cultura científica en la sociedad de la información*, Oviedo (España), 30 de mayo - 1 de junio de 2002.

Disponible en:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/1503/1/dt-0207.pdf>. [Último acceso: agosto de 2014].

MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A. (2014a) Reflexión cognitiva. Implicaciones para la validez de las encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología, en *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 47-79.

- (2014b) Conocimiento, confianza y compromiso. A vueltas con el modelo de déficit, en *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 80-110.
- (2013) Diez años de encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología en España: ¿Ha cambiado la actitud de la población?, en FECYT, *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2012*, Madrid: FECYT, 257-291.
- (2011) *Concepto y dimensiones de la conciencia ambiental: El papel de la cultura científica*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.

MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A. Y LOPERA PAREJA, E. (2014) Introducción, en A. Muñoz van den Eynde y E. Lopera Pareja (eds.) *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Madrid: Catarata, 9-23.

MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A. Y LUJÁN, J. L. (2014) Sobre los determinantes de la percepción pública de la ciencia. Una propuesta metodológica, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*. Buenos Aires: Eudeba, 139-158.

- (2009) Valoración social de la ciencia y la tecnología, en FECYT, *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España 2008*, Madrid: FECYT, 39-55.

MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A.; MORENO, C. Y LUJÁN, J. L. (2012) “Who is willing to pay for science? On the relationship between public perception of science and the attitude to public funding of science”, en *Public Understanding of Science*, 21, 242-253.

NERESINI, F. Y BUCCHI, M. (2011) "Which indicators for the new public engagement activities? An exploratory study of European research institutions", en *Public Understanding of Science*, 20 (1), 64-79.

NIETO GALLO, G. (1973) *Panorama de los museos españoles y cuestiones museológicas*, Anaba: Madrid.

NSF POLL 2006-SCIENCE: *Trend dataset--surveys of public understanding of science and technology* [computer file]. Roper Center for Public Opinion Research Study USNSF2006-SCIENCE Version 3. Jon D. Miller and Linda Kimmel, Northwestern University (1979-1999), ORC Macro (2001) and NORC, the General Social Survey (2006) [producer], 2006. Storrs, CT: The Roper Center for Public Opinion Research, University of Connecticut [distributor], 2009.

Disponible en:

http://www.ropercenter.uconn.edu/data_access/data/datasets/nsf.html#download_documentation. [Último acceso: agosto de 2014].

OCDE (2006) *Pisa 2006, Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*, OCDE.

Disponible en:

<http://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf> [Último acceso: abril de 2015].

ORCHISTON, W. Y BHATHAL, R. (1984) "Introducing the science centrum: a new type of science museum", en *Curator*, 27 (1), 33-47.

ORTEGA Y GASSET, J. (1939) *Meditación de la técnica*. Madrid: Revista de Occidente.

PARDO, R. (2014a) De la alfabetización científica a la cultura científica: un nuevo modelo de apropiación social de la ciencia, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*. Buenos Aires: Eudeba, 39-72.

– (2014b) "La cultura científica de los españoles desde una perspectiva comparada". Conferencia presentada en el Ciclo: *La realidad social en España*, el 2 de abril de 2014.

Disponible en:

<http://www.inap.es/rafael-pardo-avellaneda>. [Último acceso: agosto de 2014].

PARDO, R. Y CALVO, F. (2006) "Mapping perceptions of science in the end-of-century Europe", en *Science communication*, 28 (1), 3-46.

– (2004) "The cognitive dimension of Public Perception of Science: methodological issues", en *Public Understanding of Science*, 13, 203-227.

- (2002) “Attitudes toward science among the European public: a methodological Analysis”, en *Public Understanding of Science*, 11, 155-195.
- PELLA, M. O.; O’HEARN, G. T. Y GALE, C. W. (1966) “Referents to Scientific Literacy”, en *Journal of research in Science Teaching*, 4, 199-208.
- PÉREZ ABAD, C.; DÍAZ PALACIO, M. P.; ECHEVARRÍA UGARTE, I.; MORENTÍN PASCUAL, M. T. Y CUESTA LORENZO, M. (1999) *Centros de ciencia. Espacios Interactivos para el aprendizaje*, País Vasco: Universidad del País Vasco.
- POLINO, C. Y CASTELFRANCHI, Y. (2012) Information and attitudes towards science and technology in Iberoamerica, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 158-178.
- POTOČNIK, J. (2008) Foreword, en CE, *Public Engagement in Science. Report of the Science in Society Session*, conferencia internacional “The Future of Science and Technology in Europe”, celebrada en Lisboa, entre el 8 y el 10 de octubre de 2007, 5.
- PREWITT, K. (1983) “Scientific illiteracy and democratic theory”, en *Daedalous*, 112 (2), 49-64.
- PUTNAM, H. (1962) “What theories are not”, en E. Nagel, P. Suppes y A. Tarski (eds.) *Logic, Methodology and Philosophy of Science. Proceedings of the 1960 International Congress*, 240-251. Edición en español de 2005, “Lo que las teorías no son”, en L. Olivé y A. R. Pérez Ransanz (comp.) *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*, México: Siglo XXI, 312-329.
- QUIN, M. (1994) Aims, strengths and weaknesses of the European Science Center Movement, en R. S. Miles y L. Zavala (eds.) *Towards the museum of the future; new European perspectives*, Londres: Routledge, 39-56.
- QUINTANILLA, M. A. (2005) *Tecnología: un enfoque filosófico. Y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- (1998) “Tecnología y cultura”, en *Teorema*, XVII (3), 49-69.
- QUINTANILLA, M. A.; ESCOBAR, M. Y QUIROZ, K. (2011) La Actitud Global hacia la Ciencia en las comunidades autónomas, en FECYT, *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2010*, Madrid: FECYT, 137-157.
- (2005) Un indicador de cultura científica para las comunidades autónomas, en FECYT, *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2004*, Madrid: FECYT, 223-232.
- RAZA, G. Y SINGH, S. (2012) The cultures of public understanding of science. Defining Cultural Distance, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture*

- of science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 282-298.
- RAZA, G.; SINGH, S. Y DUTT, B. (2002) "Public, science and cultural distance", en *Science Communication*, 23 (3), 293-308.
- RENNIE, L. J. (2014) Learning science outside of school, en N. G. Lederman y A. K. Abell (eds.) *Handbook of Research on Science Education*, Nueva York-Oxon: Routledge, 120-244.
- (2007), "Learning science outside of school", en S. Abell y N. Lederman (eds.) *Handbook of Research on Science Education*, Nueva York-Oxon: Routledge, 125-167.
- ROATTA ACEVEDO, C. (2013) "Un giro del servicio al cuidado en las prácticas para la apropiación social de la ciencia y la tecnología (ASCyT): retos metodológicos", en *Universitas Humanística*, 79, diciembre, 421-445.
- ROBERTS, D. A. (2007) "Scientific literacy/Science literacy", en S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.) *Handbook of Research on Science Education*, Nueva York-Londres: Routledge, 729-780.
- ROIGÉ, X. (2012) Science Museums and Cultural Images of Modernity: Scientific Communication, New Identities and Sociopolitical Constraints on Science Museums in Spain, en B. Schiele, M. Claessens, y S. Shi (eds.) *Science communication in the world. Practices, theories and trends*, Nueva York-Londres: Springer, 211-224.
- ROYAL SOCIETY (1985) *Public Understanding of Science*, Londres: Royal Society.
- SABBATINI, M. (2004) *Museos y centros de ciencia virtuales. Complementación y potencialización del aprendizaje de ciencias a través de experimentos virtuales*, Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca.
- SANTOS, L. (2013) "Resultados Proyecto de Investigación: Encuestas de Percepción" Comunicación presentada en el Seminario Internacional: *Indicators of scientific and technological culture*, celebrado en Salamanca entre el 5 y el 6 de noviembre de 2013.
- SANZ MERINO, N. (2009) *Estilos políticos de la ciencia y el giro ontológico en epistemología*, Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.
- SEGARRA, A.; VILCHES, A. Y GIL, D. (2008) "Los museos ciencias como instrumentos de alfabetización científica", en *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 85-102.
- SCHIELE, B. (2012) Suggesting cultural indicators derived from exhibitory science, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of science. How*

- public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 385-399.
- (2008a) Science museums and science centers, en M. Bucchi, y B. Trench (eds.) *Handbook of Public Communication of Science and Technology*, London-New York: Routledge, 27-39.
 - (2008b) On and about the deficit model in an age of free flow, en D. Cheng, M. Claessens, T. Gascoigne, J. Metcalfe, B. Schiele y S. Shi (eds.), *Communicating science in social contexts: new models, new practices*, Bruselas: Springer, 93-117.
- SCHIELE, B.; AMYOT, M. Y BENOIT, C. (1994) Introduction, en R. Shukla, M. W. Bauer (2012) *The culture of science. How public relates to science across the Globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 1-17.
- SCHIELE, B.; CLAESSENS, M. Y SHI, S. (eds.) (2012) *Science communication in the world. Practices, theories and trends*, Nueva York-Londres: Springer.
- SCHIELE, B. Y LANDRY, A. (2012) The Development of Science Communication Studies in Canada, en B. Schiele, M. Claessens y S. Shi (eds.) *Science communication in the world. Practices, theories and trends*. Nueva York-Londres: Springer, 33-63.
- SEGEV, E. Y BARAM-TSABARI, A. (2012) "Seeking science information online: data mining *Google* to better understand the roles of the media and the education system", en *Public Understanding of Science*, 21, 813-829.
- SHAMOS, M. (1995) *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick (Nueva Jersey): Rutgers University Press.
- SHANNON, C. E. (1948) "A mathematical theory of communication", en *The Bell System Technical Journal*, 27, julio, 379-423.
- SHEN, B. S. P. (1975a) "Science Literacy", en *JSTOR, American Scientist*, 64 (3), mayo-junio, 265-269.
- (1975b) Science Literacy and the Public Understanding of Science, en S. B. day (ed.) *Communication of Scientific Information*, Basel (Suiza): S. Karger A. G., 44-52.
- SHORTLAND, M. (1987) "No Business Like Showing Business", *Nature*, 328, 213-214.
- SISMONDO, S. (2008) Science and Technology Studies and an Engaged Program, en E. J. Hackett, O. Amsterdamska, M. E. Lynch, y J. Wajcman, J. (eds.) *Handbook of Science and Technology Studies, Third edition*, Cambridge: SAGE Publications, 13-31.
- SHUKLA, R. Y BAUER, M. W. (2012) The Science Culture Index (SCI): Construction and Validation, en M. W. Bauer, R. Shukla y N. Allum (eds.) *The culture of*

- science. How public relates to science across the globe*, Nueva York-Londres: Routledge, 179-199.
- (2007) “The Science culture Index (SCI): Construction and Validation. A comparative Analysis of Engagement, Knowledge and Attitudes to Science across India and Europe”, Concept Paper, Londres-Delhi: Royal Society.
 Disponible en:
<http://macas-project.com/wp-content/uploads/2013/07/Report-culture-of-science2.2.pdf>. [Último acceso: agosto de 2015].
- SLOVIC, P. Y PETERS, E. (1998) “The importance of worldviews in risk perception”, en *Journal of Risk Decision and Policy*, 3 (2), 165-170.
- SMALLMAN, M. (2014) “Public Understanding of Science in turbulent times III: deficit to dialogue, champions to critics”, en *Public Understanding of Science*, Smallamn, 1-12.
- SNOW, C. P. (1959) *The two cultures and the scientific revolution*, Nueva York: Cambridge University Press. Reimpresión de 1961.
- SØRENSEN, K. H.; AUNE, M. Y HATLING, M. (2000) Against linearity – On the cultural appropriation of science and technology, en M. Dierkes y C. Grote (eds.) *Between Understanding and Trust*, Amsterdam: Harwood Academic Publishers, 237-357.
- SPIEGEL-RÖSING, I. Y DE SOLLA PRICE, D. J. (eds.) (1977) *Handbook of Science, Technology, and Society*, Thousand Oaks-Londres: SAGE.
- STANOVICH, K. E. Y WEST, R. F. (2000) “Individual differences in reasoning: Implications for the rational debate?”, en *Behavioural and Brain Sciences*, 23, 645-726.
- STEVENSON, J. (1991) “The long-term impact of interactive exhibits”, en *International Journal of Science Education*, 13, 521-531.
- STIGLITZ, J. E. (2002) “La información y el cambio de paradigma en la ciencia económica”, en *Revista Asturiana de Economía*, 25, 95-194.
- (1985) “Information and economic analysis: a perspective”, en *Economic Journal*, 95, 21-41.
- STILGOE, J.; SIMON, J. Y WILSDON, J. (2014) “Why should we promote public engagement with science?”, en *Public Understanding of Science*, 23, 4-14.
- STOCKLMAYER, S. M. Y GILBERT, J. K. (2002) “New experiences and old knowledge: towards a model for the public awareness of science”, en *International Journal of Science Education*, 24, 835-858.

- STURGIS, P. Y ALLUM, N. (2004) "Science in society: re-evaluating the deficit model of public attitudes", en *Public Understanding of Science*, 13, 55-74.
- SUBIRIANA, R. M. (1971-1972) Museología, en *Enciclopedia Universal Europeo-Americana (actualmente Enciclopedia Universal Espasa-Calpe)*, Suplemento, Madrid: Espasa-Calpe, 1007-1029.
- SUPPE, F. (1977) *The Structure of Scientific Theories*, Segunda edición, Estados Unidos: Illini Books. Edición en español de 1979, *La estructura de las teorías científica*, Madrid: Editora Nacional.
- THOMAS, G. Y DURANT, J. (1987) "Why should we promote the Public Understanding of Science?", en M. Shortland (ed.) *Scientific Literacy Papers, A Journal of Research in Science, Education and Research*, Oxford: Rewley, 1-14.
- TORRES ALBERO, C. (2009) Cultura científica en las comunidades autónomas según la encuesta FECYT 2008, en FECYT, *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España 2008*, Madrid: FECYT, 151-173.
- VESSURI, H. (2002) "Ciencia, tecnología y desarrollo: una experiencia de apropiación social del conocimiento", en *Interciencia*, 27 (1), febrero, 88-92.
- VOGT, C. (2012) "The spiral of scientific culture and cultural well-being: Brazil and Ibero-America", en *Public Understanding of Science*, 21, 4-16.
- (2003) "A spiral da cultura científica" en *ComCiência*, 45, julio.
 Disponible en:
<http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura01.shtml>. [Último acceso: abril de 2014].
- VOGT, C. Y MORALES, A. P. (2014) O discurso dos indicadores de C&T e de sua percepção, en B. Laspra y E. Muñoz (eds.) *Culturas científicas e inovadoras. Progreso social*, Buenos Aires: Eudeba, 127-138.
- WEINBERG, A. M. (2012) "The crisis of the Big Science", en *The New York Review*, LIX (8), 59-62.
- (1961) "Impact of large-scale science on the United States", en *Science*, 134 (3473), 161-164.
- WILSDON, J. (ed.) (2008) Public Engagement in Science across the European Research Area, en CE, *Public Egement in Science. Report of the Science in Socity Session*, conferencia internacional "The Future of Science and Technology in Europe", celebrada en Lisboa, entre el 8 y el 10 de octubre de 2007, 14-24
- WILSDON, J. Y WILLIS, R. (2004) *See-trhoug Science. Why public engagement needs to move upstream*, Reino Unido: Demos.

- WILSDON, J.; WYNNE, B.; Y STILGOE, J. (2005) *The Public Value of Science. Or how to ensure that science really matters*, Reino Unido: Demos.
- WINNER, L. (1986) *The whale and the reactor*, Chicago: University of Chicago Press.
- WITHEY, S. B. (1959) "Public opinion about science and scientists", en *The Public Opinion Quarterly*, 23 (3), otoño, 382-388.
- WITHEY, S. B. Y DAVIS, R. C. (1984) *News Media Study, 1957*, Ann Arbor (Michigan): Inter-university Consortium for Political and Social Research.
- WYNNE, B. (2014) "Further disorientation in the hall of mirrors", en *Public Understanding of Science*, 23, 60-70.
- (1995) Public Understanding of Science, en S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen y T. Pinch, *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks-Londres-Nueva Delhi: SAGE, 361-391.
 - (1992) "Public understanding of science research: new horizons or hall of mirrors?", en *Public Understanding of Science*, 1, 37-43.
- YAHYA, I. (1996) Mindful play! or mindless learning!: models of exploring science in museums, en S. Pierce (ed.) *Exploring Science in Museums*, Londres: The Athlone Press, 123-147.
- ZIMAN, J. (1998) *Real Science. What it is, and what it means*, Cambridge: Cambridge University Press.
- (1991) "Public Understanding of Science" en *Science, Technology & Human Values*, 16, 99-105.