



BELÉN LASPRA

Investigadora posdoctoral en el Instituto de Estudios Sociales de la Universidad de Michigan, Estados Unidos. Fue investigadora predoctoral Severo Ochoa en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo (2009-2014), en el que permaneció hasta 2016. Es doctora en Filosofía por Universidad de Oviedo y su tesis doctoral ha sido galardonada con el Premio Extraordinario de Doctorado. Su trayectoria investigadora se centra en la alfabetización científica, la cultura científica y la comprensión social de la ciencia. Es miembro del Grupo de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (Grupo CTS) de la Universidad de Oviedo.

Belén Laspra

La alfabetización científica

LA COMPRENSIÓN DE LA CIENCIA EN ESPAÑA



SERIE ENSAYOS CIENCIA Y SOCIEDAD
DIRIGIDA POR JUAN CARLOS TOSCANO

ESTE TRABAJO HA SIDO POSIBLE GRACIAS AL ACUERDO DE COLABORACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD DE MICHIGAN Y LA NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NNX16AC66A). A LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN "CONCEPTO Y DIMENSIONES DE LA CULTURA DEL RIESGO" (FFI2014-58269-P) Y "PRAXEOLOGÍA DE LA CULTURA CIENTÍFICA" (FFI2017-82217-C2-1-P) DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD DEL GOBIERNO DE ESPAÑA, Y A LA COLABORACIÓN ENTRE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO Y LA ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS (OEI) A TRAVÉS DEL PROYECTO "INVESTIGACIÓN EN ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA" (SV-14-OEI-1).

© BELÉN LASPRA, 2018

© LOS LIBROS DE LA CATARATA, 2018
FUENCARRAL, 70
28004 MADRID
TEL. 91 532 20 77
FAX. 91 532 43 34
WWW.CATARATA.ORG

© ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS
PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, 2018

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA.
LA COMPRENSIÓN DE LA CIENCIA EN ESPAÑA

ISBN: 978-84-9097-460-5
DEPÓSITO LEGAL:
IBIC: PDZ/PDR

ESTE LIBRO HA SIDO EDITADO PARA SER DISTRIBUIDO. LA INTENCIÓN DE LOS EDITORES ES QUE SEA UTILIZADO LO MÁS AMPLIAMENTE POSIBLE. QUE SEAN ADQUIRIDOS ORIGINALES PARA PERMITIR LA EDICIÓN DE OTROS NUEVOS Y QUE, DE REPRODUCIR PARTES, SE HAGA CONSTAR EL TÍTULO Y LA AUTORÍA.

La información científica puede significar
la diferencia entre la salud y la enfermedad,
entre la vida y la muerte.

BENJAMIN S. P. SHEN

ÍNDICE

PRÓLOGO, por Jon D. Miller 11

INTRODUCCIÓN 13

CAPÍTULO 1. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA 19

CAPÍTULO 2. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN ESPAÑA 45

CONCLUSIONES 97

ANEXO. MATRIZ DE COVARIANZA Y AJUSTE DEL MODELO 103

BIBLIOGRAFÍA 105

PRÓLOGO

El estudio de Belén Laspra sobre la alfabetización científica en España es una importante contribución para lograr una comprensión empírica a nivel internacional de cómo los ciudadanos de los estados democráticos modernos participan —o no se involucran— en la formulación de políticas de ciencia y tecnología. En el siglo XXI, en prácticamente todas las sociedades modernas, la ciencia y la tecnología tendrán más influencia que en cualquier otro momento de la historia humana y es importante reflexionar sobre cómo enseñar a los futuros ciudadanos a comprender los constructos científicos básicos necesarios para entender los debates políticos sobre ciencia o tecnología y cómo esta comprensión ciudadana podrá ser alimentada y enriquecida a lo largo de la vida. Este trabajo ofrece una sólida base empírica para la discusión de estos temas.

Nunca antes en la historia de la humanidad la necesidad de alfabetización científica ha sido mayor. En el siglo XXI muchos ciudadanos dispondrán de conocimientos y herramientas para poder desarrollar y mantener un nivel

razonable de alfabetización científica cívica, pero hay problemas y obstáculos cruciales que deberán superarse. En muchas sociedades modernas, proporcionar el derecho a la educación a través de escuelas públicas (o sufragadas con fondos públicos pero regidas por otras instituciones) es a menudo una labor escasamente valorada e insuficientemente financiada. La verdadera tarea de la educación es instruir a los ciudadanos para vivir y seguir aprendiendo en el transcurso de sus vidas, pero este tipo de educación requiere de recursos y de compromiso social. Preparar a los jóvenes para un primer empleo no es lo mismo que proporcionarles una educación que los prepare para vivir y desenvolverse en una sociedad moderna y compleja.

Como aspecto positivo, el incremento y la amplia difusión de las tecnologías de la información electrónica hacen posible que una proporción significativamente mayor de adultos en el planeta Tierra tenga acceso y haga uso del conocimiento y la experiencia acumulada por nuestra civilización. Sigue habiendo diferencias de clase que deben abordarse, pero no se puede negar que la mayoría de las sociedades están logrando sustanciales progresos en esta área. No es suficiente con posibilitar el acceso a la información, es extremadamente importante que los ciudadanos de la era electrónica sean capaces de leer y comprender una amplia gama de información compleja —médica, científica, económica y cultural—. Vamos a necesitar sistemas de aprendizaje permanente que cultiven una alfabetización científica de verdad, útil y duradera en los próximos 50 o 70 años.

En este monográfico, Belén aporta una introducción inteligente a estos temas y sienta las bases de un futuro programa de investigación que mida y evalúe la capacidad de España y de otras sociedades modernas para hacer frente a los desafíos del siglo XXI.

JON D. MILLER
Universidad de Michigan

INTRODUCCIÓN

En un día cualquiera, el despertador suena desde la mesita de noche, encendemos la luz, hacemos una parada en el baño y vamos a la cocina a prepararnos un café o equivalente mientras, teléfono en mano, revisamos la actualidad diaria, las redes sociales, la agenda y los correos electrónicos. En menos de diez minutos hemos hecho uso de al menos tres aparatos tecnológicos y otras tantas teorías científicas.

Vivimos en un mundo definido por el desarrollo científico y tecnológico; tal es el impacto que tiene en nuestra vida que difícilmente se puede entender la sociedad actual sin hacer referencia al estado de la ciencia y la tecnología. Decía Ortega y Gasset al principio de su *Meditación de la técnica* que la técnica es consustancial al ser humano, “sin la técnica el hombre no existiría ni habría existido nunca”. El desarrollo científico-tecnológico nos ha permitido llegar y habitar todos los rincones del globo terráqueo, nos ha llevado al espacio; vivimos más años y los vivimos más sanos y con más comodidades. El desarrollo científico-tecnológico

ha aniquilado zonas geográficas enteras; más de una vez, y no siempre por accidente, ha incrementado la brecha entre los países ricos y pobres y ha llevado al planeta al borde del colapso medioambiental. El desarrollo científico-tecnológico genera muchos beneficios, pero también perjuicios, nos expone a nuevos riesgos y situaciones de incertidumbre en las que tenemos que tomar decisiones; algunas veces podremos guiarnos por la opinión de un experto o informarnos antes de decidir, otras tendremos que tomar una decisión basada en nuestras creencias y actitudes. En todos los casos, hacer uso de la información científica disponible puede marcar una importante diferencia en cuál es la decisión que se tome y en el resultado de dicha decisión. La cita inicial de Benjamin S. P. Shen, "La información científica puede significar la diferencia entre la salud y la enfermedad, entre la vida y la muerte", no es una exageración.

La ciencia y la tecnología influyen numerosos aspectos de la vida cotidiana de los individuos. Cuanta más información científica tenga un individuo disponible, cuanto más elevado sea su nivel de alfabetización científica, mejor preparado estará para tomar decisiones sobre alimentación, salud o seguridad en una sociedad científica y tecnológicamente sofisticada. Aquellos que no tengan unos conocimientos científicos mínimos pueden perder oportunidades laborales o desaprovechar las ventajas de los desarrollos tecnológicos en su lugar de trabajo (Thomas y Durant, 1987). Además, en las sociedades democráticas, los ciudadanos tienen intereses legítimos en ciencia, y poseen el derecho a influir en el proceso de toma de decisiones en asuntos de política científica. Sentirse más informado es condición para una mayor inclinación a la participación en debates que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología. En la medida en que la sociedad tiene capacidad para votar o tomar decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología es deseable que los

individuos dispongan de la mejor comprensión del impacto que estas tienen en la sociedad. No hay que olvidar, además, que parte de la investigación científica se financia con fondos públicos. Los ciudadanos más sensibilizados hacia la necesidad de la investigación científica, más concienciados con la importancia del desarrollo tecnológico, estarán más predispuestos a apoyar políticas que favorezcan la inversión de recursos en ciencia, políticas que financien la ciencia, pero que también fomenten su enseñanza e incentiven la creación de vocaciones científicas, tan necesarias para la generación de nuevos científicos. Una mejor alfabetización científica posibilita una mayor comprensión de los procesos y productos de la ciencia y reduce los recelos y la desconfianza pública, lo cual alienta el consentimiento ante la investigación científica y sus avances (Thomas y Durant, 1987).

El nivel de alfabetización científica hace referencia a los conocimientos científicos que nos permiten tomar mejores decisiones en nuestra vida diaria; por ejemplo, entender la diferencia entre virus y bacterias es útil para tomar decisiones sobre vacunas y antibióticos, saber lo que es el efecto placebo nos sirve para entender los límites de la homeopatía y comprender lo que es el ADN ayuda a entender tecnologías como CRISP-R. No es excesivamente problemático delimitar qué conocimientos científicos son bienvenidos a la hora de tomar decisiones en contextos concretos, la complicación surge cuando se trata de establecer una definición general de lo que es la alfabetización científica. Benjamin Shen (1975) establece el nivel de la 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. Tomando esta definición como punto de partida, Jon Miller (1983) desarrolló un conjunto de medidas que servían para estudiar el nivel de alfabetización científica

mediante la realización de encuestas a la población. Con el tiempo, estas medidas se consolidaron como el modo estándar de medir la alfabetización científica de la población, y se utilizan en la mayoría de estudios que intentan obtener datos acerca de los conocimientos científicos de la población.

En este trabajo, estas medidas se utilizan para analizar el nivel de alfabetización científica de la población española. La primera parte proporciona una introducción al concepto de alfabetización científica, se presentan algunas personas cuyo trabajo ha tenido un cierto impacto en la consolidación del término y en su desarrollo posterior. Se mencionan las definiciones de alfabetización científica más importantes y se proporcionan algunas referencias bibliográficas para que el lector interesado pueda profundizar en el tema. También se presentan algunos documentos que han servido para dar contenido al concepto de alfabetización científica, y se refieren datos y hechos, todo ello con la intención de proporcionar al lector las coordenadas en las que se realiza el análisis que tiene lugar en la segunda parte. En ella se analizan los factores que influyen en el nivel de alfabetización científica de la población española. El estudio se realiza sobre los últimos datos de la percepción de la ciencia recogidos en 2016 por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).

La alfabetización científica está estrechamente relacionada con la idea de cultura científica y es muy difícil hablar de una sin mencionar la otra. La cultura científica suele describirse en términos de tres dimensiones: los elementos relacionados con los conocimientos científicos entran dentro de la dimensión epistémica; los elementos relacionados con las creencias, los valores y las actitudes hacia la ciencia suelen agruparse bajo la dimensión axiológica y los elementos relacionados con los comportamientos y las disposiciones comportamentales se refieren a la dimensión praxeológica

(López Cerezo y Laspra, 2018). Se puede identificar la alfabetización científica con la dimensión epistémica de la cultura científica, pero la relación entre ambos conceptos es controvertida y sigue siendo objeto de reflexión. De hecho, puede entenderse la alfabetización científica como un antecedente de la cultura científica, pero el concepto de cultura científica no se desarrolla a partir del concepto de alfabetización científica, sino que se construye sobre su crítica. Pero en el título dice "alfabetización", y no "cultura", porque las diferencias entre el concepto de alfabetización científica y el de cultura científica, la relación entre la alfabetización científica y el modelo de déficit, y los estudios de percepción y comprensión social de la ciencia son temas ya tratados en otros sitios (véase Laspra, 2014 y 2016; Laspra y Muñoz, 2014; Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016) y no se abordan aquí. Este trabajo se circunscribe a la alfabetización científica, y más concretamente, a la alfabetización científica de la población española.

LA ACTITUD CIENTÍFICA DE JOHN DEWEY

De acuerdo con varios expertos, el término *alfabetización científica* se acuñó a finales del 1950, y suele señalarse el artículo "Science literacy: its meanings for American schools" de Paul Hurd (1958) como la primera aparición oficial del término (DeBoer, 1991; Laugksch, 2000; Roberts, 2007). Si bien la literatura sobre la alfabetización científica comienza a proliferar a partir de la década de 1960, y principalmente en Estados Unidos, la idea de que los conocimientos científicos son importantes para los individuos y las sociedades es anterior. En un artículo publicado en 1934, bajo el título "The supreme intellectual obligation", John Dewey reflexiona sobre la relación entre la ciencia y la sociedad; desde su punto de vista existe una brecha entre ambas, un distanciamiento que parece tan inevitable como necesario. Dewey argumenta que la dinámica de la investigación precisa de cierta reclusión física y mental por parte del científico, que la profesión científica

requiere de un cierto grado de especialización y lleva asociado un lenguaje científico propio que muchas veces es inaccesible para el gran público, pero que es imprescindible para el desarrollo de la investigación en ciencia. Así que, por un lado, la naturaleza intrínseca de la ciencia parece necesitar de un cierto aislamiento social para poder desarrollarse plenamente; pero, por otro, los avances científicos tienen un considerable impacto en la sociedad. En este escenario, la sociedad no puede ser testigo indiferente e impasible de los perjuicios y beneficios del desarrollo científico-tecnológico. Al contrario, defiende Dewey, redundando en el beneficio de la ciencia y la sociedad buscar la cooperación y el diálogo, y una de las herramientas clave que pueden contribuir a fomentar el entendimiento mutuo y a paliar los efectos de este distanciamiento entre la ciencia y la sociedad es promover una actitud científica en los individuos. El filósofo pragmatista describe la actitud científica como la voluntad de usar el método científico y el equipamiento necesario para hacer efectiva esa voluntad. Tener una actitud científica significa, para el autor, mantener una actitud abierta, ser intelectualmente íntegro, observar e interesarse en poner a prueba opiniones y creencias (Dewey, 1934).

El artículo de Dewey tuvo un fuerte impacto en el sistema educativo de Estados Unidos. A raíz de su publicación, muchos profesores involucrados en la enseñanza de la ciencia comenzaron a preocuparse por incentivar en sus alumnos eso que Dewey había denominado "actitud científica". En los años previos a la Segunda Guerra Mundial, gran parte de los trabajos en el ámbito educativo se centraron en detectar la presencia de una actitud científica en los alumnos, medir su grado de desarrollo y evaluar su impacto. Los investigadores del ámbito educativo centraron sus esfuerzos en alcanzar una definición operativa de actitud científica que guiara tanto el desarrollo de materiales para fomentarla, como el diseño de

test, preguntas, cuestionarios y otras herramientas que permitieran medir su presencia en los alumnos. En los años de posguerra, la investigación sobre la actitud científica se reanudó, pero los estudios realizados entre 1950 y 1970 fueron un paso más allá que los trabajos anteriores; además de la actitud científica se preocuparon también por medir el nivel de conocimientos científicos de los estudiantes. Los estudios realizados por el Educational Testing Service o el College Board son un ejemplo en este sentido; pero fueron los realizados por la National Assessment of Educational Progress (NAEP), en la década de 1970 y en Estados Unidos, los primeros estudios en abordar de forma conjunta tanto el nivel de conocimiento de los constructos científicos como la capacidad para pensar en términos lógicos y ordenados. Es decir, eran estudios que evaluaban conjuntamente tanto el nivel de conocimientos científicos como la capacidad de poner en práctica esos conocimientos.

A partir de la década de 1960 proliferan las definiciones de alfabetización científica. Algunas de ellas tienen base empírica, otras tienen sus raíces en percepciones personales sobre qué tipo de rasgos debería mostrar alguien con alto nivel de alfabetización científica (para una revisión exhaustiva de las definiciones de alfabetización científica, véase Layton *et al.* 1994; Laugksch, 2000; Roberts, 2007). De entre los primeros trabajos, destaca el de Milton O. Pella, George T. O'Hearn y Calvin W. Gale. Estos investigadores de la Universidad de Wisconsin revisaron los artículos que entre 1946 y 1964 habían sido publicados en una serie de revistas científicas previamente seleccionadas, entre ellas la revista *Science*. Encontraron referencias a la alfabetización científica en 100 de esos artículos, y los organizaron en seis categorías: "(a) comprensión de los conceptos básicos de la ciencia, (b) naturaleza de la ciencia, (c) ética que regula el trabajo del científico, (d) interrelaciones entre la ciencia y la sociedad, (e) interrelaciones entre la

ciencia y las humanidades y (f) diferencias entre la ciencia y la tecnología” (Pella, O’Hearn y Gale, 1966: 206). Fueron los primeros en proporcionar una base empírica sobre la que elaborar una definición de alfabetización científica, y su trabajo sirvió de inspiración para otros investigadores como, por ejemplo, Gabel (1976) o Showalter (1974)¹.

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA DE BENJAMIN SHEN

De todas ellas, la definición de alfabetización científica que más impacto ha tenido en la literatura académica ha sido la propuesta por el astrofísico Benjamin S. P. Shen, concretamente en 1975, en un artículo que apenas supera las tres páginas de extensión. De acuerdo con Shen, la alfabetización científica significa comprender mejor la ciencia y sus aplicaciones para así poder aprovechar sus beneficios y evitar sus riesgos. Shen (1975) señala tres tipos de alfabetización científica: práctica, cívica y cultural. De todas ellas, añade, es la alfabetización científica práctica la más necesaria. Dada la importancia que esta definición ha tenido en la literatura académica, es preciso dedicar unas palabras a describir cada uno de los tres tipos.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA PRÁCTICA

La alfabetización científica práctica es el tipo de alfabetización que se necesita para tomar decisiones en el día a día. Es el conocimiento que permite saber lo que hay detrás de frases como “agua de mineralización débil”, “contiene bífidos

1. Muchas otras definiciones vinieron después; algunas de las más relevantes son Shen (1975), Branscomb (1981), Arons (1983), Miller (1983), Thomas y Durant (1987), Hazen y Trefil (1991) Shamos (1995), Bybee (1997), Layton *et al.* (1986, 1993) y Durant (1993).

activos” o “Ph neutro”; es el conocimiento útil a la hora de decidir qué ordenador o qué teléfono comprar, si elegir un alimento u otro o qué producto es mejor adquirir; es también el conocimiento necesario para entender lo que te dice el médico de cabecera o el farmacéutico. En términos generales, la alfabetización científica práctica permite a las personas tomar mejores decisiones sobre qué bienes y servicios elegir, por eso algunos autores se refieren a este tipo de alfabetización científica como alfabetización científica orientada al consumo. No obstante, señala el autor, su utilidad no se limita a las sociedades posindustriales, su uso es, de hecho, mucho más urgente y necesario en sociedades en vías de desarrollo. En muchos países donde las personas apenas tienen dinero para comprar comida, un mínimo conocimiento sobre los principios de la nutrición puede ser determinante a la hora de decidir entre un pastel pobre en proteínas y un trozo de queso rico en calcio. A través de un elocuente ejemplo, Shen relata cómo la mortalidad infantil en África, Asia y América Latina guarda relación con las pautas de alimentación de los bebés, cómo es más baja en aquellas madres que optan por la lactancia natural respecto a las madres que utilizan leche artificial. La leche artificial se distribuye en polvo y hace falta mezclarla con agua para que se pueda consumir. Desafortunadamente, con frecuencia, el agua que se utiliza para ello es agua contaminada que, combinada con la ausencia de anticuerpos, repercute en la salud de los bebés y eleva la mortalidad infantil; por eso es necesario hacer entender a los padres que la lactancia natural es más segura que la artificial.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CÍVICA

Mientras que la alfabetización científica práctica remite a nuestro rol como consumidores, la alfabetización científica cívica tiene una orientación política, remite a nuestro rol

como ciudadanos. El objetivo de promover este tipo de alfabetización es conseguir que los ciudadanos adquieran una mayor consciencia del impacto que la ciencia y la tecnología tienen en sus vidas, de que existen cuestiones controvertidas o relacionadas con la gestión de riesgos que les atañen y a las que no deberían permanecer ajenos de cara a participar de forma más plena en la democracia. En la gestión de la ciencia, es importante contar con la opinión de los expertos a la hora de tomar decisiones, pero eso no es exigente para los ciudadanos, "No es recomendable dejar las decisiones públicas en manos de expertos, especialmente cuando los expertos no han sido elegidos en un proceso democrático" (Shen, 1975: 226). En la alfabetización científica cívica se incluyen, entonces, aquellos conocimientos que permiten a los ciudadanos entender los asuntos de política científica y posicionarse frente a controversias que involucran aspectos científicos, como, por ejemplo, el conocimiento necesario para entender un debate sobre la comercialización de alimentos modificados genéticamente, o el necesario para decidir si apoyar una política energética que incentive el uso de energías renovables, o si respaldar el uso de recursos para la investigación en la gestión de residuos nucleares. Es, en general, el tipo de conocimientos científicos que permiten a los ciudadanos entender y dar sentido a los debates sociales que entrañan contenidos científicos y tecnológicos.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CULTURAL

La alfabetización científica cultural se refiere al conocimiento por el conocimiento. Este tipo de alfabetización está motivada por el deseo de saber más sobre la ciencia, entendida como uno de los mayores logros de la humanidad. No soluciona problemas prácticos directamente, al menos no en el mismo sentido que la alfabetización científica práctica, pero ayuda

a cerrar la brecha entre las dos culturas², la humanística y la científica. Shen ven en esta alfabetización una herramienta capaz de limitar la influencia de la creencia en supersticiones, en la astrología y en otras formas de pseudociencia.

La propuesta de Shen es ampliamente reconocida como la definición de alfabetización científica más influyente en los diversos campos de investigación en los que se abordan la relación entre la ciencia y la sociedad. Por ejemplo, Bruce Lewenstein (1995), un reconocido investigador en el campo de la comunicación de la ciencia, señala que los esfuerzos subsiguientes por proponer una definición alternativa no habían hecho más que replantear o ampliar las categorías propuestas por Shen. Sea acertado o no este comentario, el éxito de la definición de Shen está vinculado a otro nombre, también de gran importancia en el campo de la alfabetización científica: Jon David Miller. Este experto en política científica diseñó hace treinta años un indicador de alfabetización científica que continúa utilizándose a día de hoy, y no solo en Estados Unidos, también en muchos otros países de Europa, América Latina y Asia.

EL ESTUDIO DE RONALD DAVIS

El indicador de alfabetización científica de Miller se consolidó a finales del siglo XX, pero para contar esta historia desde el principio hay que retrotraerse a mediados de ese mismo siglo, a Estados Unidos. Concretamente a la primavera de 1957, Ann Arbor, Michigan. Allí, financiado por la Asociación Nacional Americana de Escritores de Ciencia (NASW, por sus siglas

2. "Las dos culturas" hace referencia al título de una influyente conferencia pronunciada en 1959 por el físico Charles Percy Snow, en la que describía la incompreensión mutua entre los científicos y los intelectuales literatos (Snow, 1959).

en inglés) y por la Fundación Rockefeller, la Universidad de Michigan llevó a cabo una encuesta a nivel nacional. 200 encuestadores situados en 66 puntos concretos de Estados Unidos realizaron un total de 1.919 entrevistas. El estudio se realizó con el propósito de obtener datos acerca del consumo de noticias científicas a través de los medios de comunicación de entonces: prensa, televisión y radio. Los resultados de la encuesta fueron recogidos por Ronald C. Davis en el informe, publicado en 1958, *The Public impact of science in the media*.

Una de las cuestiones que los investigadores de la Universidad de Michigan querían abordar era la relación entre la cantidad de noticias científicas que veía, leía u oía la población y los conocimientos científicos adquiridos derivados de dicho consumo, si es que los había. Esto requería hacer una encuesta para obtener datos tanto sobre el consumo de noticias científicas como sobre el nivel de conocimientos científicos. Probablemente, en algún momento durante el desarrollo del cuestionario, alguien debió de formular la gran pregunta: ¿cómo medimos el conocimiento científico? Seguramente no fue la primera vez que alguien planteaba la cuestión y, desde luego, tampoco ha sido la última, pero la respuesta añadió una nueva página a la historia de la cultura científica.

Para medir el nivel de conocimientos científicos de la población, los investigadores diseñaron un indicador de alfabetización científica. Un indicador permite sistematizar la información que proporcionan distintas preguntas que están relacionadas. La idea es medir la presencia o ausencia de algo por sus efectos, se mide indirectamente. En el caso de la alfabetización científica, el efecto esperado de adquirir más conocimiento científico es saber más cosas relacionadas con la ciencia. Pero "ciencia" es un concepto muy amplio y, por eso, la selección de las preguntas que finalmente formaron parte del indicador de alfabetización

científica no debió de ser fácil. Los investigadores tenían que superar varias limitaciones. Era imposible cubrir todos los campos de la ciencia y, en cualquier caso, el número de preguntas que se pueden incluir en un cuestionario es limitado; además, para evitar que la encuesta fuera percibida como una especie de examen sobre ciencia, las preguntas de conocimientos científicos tendrían que estar relacionadas con noticias de actualidad. Al final, se seleccionaron cuatro temas y se diseñó la siguiente batería de preguntas (Davis, 1958: 232-234):

Algunas veces las noticias tratan temas de salud. Por ejemplo:

P.6. ¿Recuerda haber oído algo sobre la vacuna para prevenir la Polio? (parálisis infantil). [Si así es] P.6.a. ¿Qué fue lo que ha oído?

P.7. ¿Ha oído algo sobre un proyecto para lanzar un satélite espacial, también llamado un satélite artificial? [Si así es] P.7.a. De acuerdo con lo que ha oído, ¿cuál es el propósito de lanzar estos satélites?

P.22. ¿Ha oído algo sobre la lluvia radioactiva o la bomba atómica? [Si así es] P.22.a. En sus palabras, ¿qué es la radioactividad?

P.23. En algunos lugares del país se están añadiendo fluoruros al agua potable. ¿Ha oído algo sobre esto? [Si así es] P.23.a. ¿Cuál cree que es el propósito de añadir fluoruro al agua potable?

Además de estas cuatro preguntas, en el cuestionario se incluyó otra que también influiría en el actual indicador de alfabetización científica. Se trata de una pregunta que intenta obtener información sobre la familiaridad de los encuestados con la metodología científica (Davis, 1958: 237):

P.44. Algunas cosas se estudian de forma científica, otras cosas se estudian de otro modo. En sus palabras, ¿qué significa estudiar algo científicamente?

P.44.a. ¿Hay algunas cosas que no puedan ser estudiadas científicamente?

P.44.b. ¿Qué me dice sobre el ser humano?: ¿cree que es posible que un estudio científico nos permita saber lo que piensan las personas o por qué se comportan de la manera en que lo hacen?

El estudio de la NASW es una pieza clave en la historia de la alfabetización científica; de hecho, es considerado una especie de documento fundacional en el campo que estudia la comprensión social de la ciencia. Las razones por las que este documento adquirió tanta importancia tienen que ver con la investigación en el campo educativo, con un satélite y con una persona.

Un poco más atrás se mencionaba que los primeros trabajos sobre alfabetización científica provenían del ámbito educativo. Al principio, estos estudios se centraban en medir la actitud científica y, más adelante, comenzaron a medir también los conocimientos científicos. El estudio de la NASW es uno de los primeros estudios fuera del ámbito educativo que intentó obtener información sobre estos dos aspectos de la alfabetización científica, esto es, actitudes y conocimientos. Justo después de que concluyera el trabajo de campo y antes de que se publicara el informe final, concretamente el 4 de octubre de 1957, la Unión Soviética lanzó el primer satélite artificial de la historia. Esto convirtió el estudio de la NASW en un documento de referencia ya que proporcionó la base sobre la que realizar comparaciones sobre la percepción social de la ciencia de la sociedad americana entre antes de la Guerra Fría, durante y después. El estudio de la NASW fue una importante fuente de inspiración para el trabajo que posteriormente desarrolló Jon D. Miller para la National Science Foundation. Si Shen le proporcionó a Miller el sustrato conceptual para su definición de la alfabetización científica cívica, Davis le suministró la parte empírica. En realidad, aunque Shen o Davis son figuras que desempeñaron un papel clave en esta historia, fue Jon D. Miller quien desarrolló el indicador de alfabetización

científica que se utiliza hoy en día en los estudios que miden la comprensión de la ciencia en la sociedad.

Mientras Davis llevaba a cabo el estudio de la NASW, un chico de Ohio, que contaba por aquel entonces con casi 20 años, comenzaba sus estudios universitarios. En 1965 se licenciaba en la Universidad de Chicago y, en 1970, obtenía su doctorado en ciencias políticas por la Universidad de Northwestern (Illinois, Estados Unidos). Ese chico alto, de ojos azul claro, era Jon David Miller, el arquitecto del indicador de alfabetización científica.

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CÍVICA DE JON MILLER

En 1978, la National Science Foundation (NSF) financió a Jon D. Miller y a Kenneth Prewitt para que diseñaran y realizaran un estudio a nivel nacional sobre las actitudes sociales hacia la ciencia. La National Science Foundation es una agencia federal independiente, con sede en Estados Unidos, creada en 1950. Su objetivo general es el progreso de la ciencia, el avance de la salud, prosperidad y bienestar nacional, y asegurar la defensa nacional (National Science Foundation Act of 1950). Con el objetivo de contribuir a una mejor comprensión de las actitudes sociales hacia la ciencia y la tecnología, el Gobierno estadounidense encargó la elaboración de un informe anual sobre el estado de la ciencia en Estados Unidos. Sobre la base de la continuidad de esos informes, en 1972 se crearían los indicadores de ciencia que, desde 1987, son realizados por la NSF y reciben el nombre de *Science and Engineering Indicators*³. Al principio, los esfuerzos de la

3. Los informes *Science and Engineering Indicators* están disponibles en la página web de la National Science Foundation, en <https://www.nsf.gov/>. Último acceso en septiembre de 2017.

NSF se centraron en recoger información relacionada con la industria, las universidades y las agencias gubernamentales. La NSF recogía datos sobre la inversión en investigación y desarrollo, la financiación pública y la educación, y pronto los *Science and Engineering Indicators* se convirtieron en una medida de la salud del sistema científico y tecnológico de los Estados Unidos. Estos indicadores sirven, desde el último tercio del siglo XX, a un doble objetivo: miden el impacto social de la inversión pública en la ciencia al tiempo que proporcionan orientación en la toma de decisiones en el ámbito político.

De acuerdo con Miller, la alfabetización científica cívica involucra tres elementos: conocer los constructos básicos de la ciencia, comprender la dinámica de la ciencia y ser consciente del impacto que la ciencia y la tecnología tienen en la sociedad (Miller, 1983). Los estudios sobre el impacto de la ciencia en la sociedad que se habían realizado hasta ese momento se habían centrado principalmente en los dos primeros elementos, y Miller, inspirado por el trabajo de Shen y por el estudio de Davis en 1958, diseñó un cuestionario que atendía también a esta tercera dimensión. En este cuestionario, el nivel de alfabetización científica se establecía en función de tres criterios (Miller, 1983):

- Una persona que dice comprender el método científico debe rechazar la idea de que la astrología es científica.
- 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 —ADN, PIB y radiación— y tener una idea general de un segundo.
- 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 —aditivos químicos en alimentos, energía nuclear y exploración espacial—.

La definición de alfabetización científica va perfilándose publicación a publicación. En un artículo posterior, Miller define la alfabetización científica como un concepto que involucra tres dimensiones (Miller, 1998):

- Un vocabulario de los constructos básicos de la ciencia suficiente para leer y comprender una noticia científica.
- Una comprensión de la naturaleza de la investigación científica.
- Cierta grado de comprensión del impacto que la ciencia y la tecnología tienen en la sociedad.

En trabajos más recientes, Miller ha actualizado el concepto de alfabetización científica. El autor reconoce que 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 es consciente de que no es suficiente, por eso señala que 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).

El cuestionario que desarrollaron entre Miller y Prewitt proporcionó una estimación bastante aceptable del nivel de alfabetización científica de la sociedad, pero Miller aspiraba a diseñar un indicador más preciso, y para eso tendría que publicarse el *Science for All Americans*. Otra pieza clave en la historia de la alfabetización científica la proporciona el *Proyecto 2061*⁴. Se trata de una iniciativa de largo alcance que puso en marcha la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, por sus siglas en inglés) 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 de *Science for All Americans. Education for changing future*, en 1990. Se trata de un documento que recoge aquello relativo a la ciencia, matemática y tecnología que todo estudiante debe saber al terminar los estudios básicos. Para establecer el alcance y el contenido de “todo aquello que se debe saber sobre ciencia”, 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, 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 que formarían parte del documento final fueron los siguientes (AAAS, 1989):

- Utilidad: ¿amplía la posibilidad de obtener un empleo? ¿Es útil para tomar decisiones personales?
- Responsabilidad social: ¿ayuda al ciudadano a participar de manera inteligente en la toma de decisiones

4. La página web del proyecto es <https://www.aaas.org/program/project2061>. Último acceso en septiembre de 2017.

políticas y sociales sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología?

- 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?
- 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?
- Enriquecimiento de la infancia: ¿mejora la infancia en sí misma o como etapa previa a la edad adulta?

Miller se ha referido a este documento como el inventario más completo de constructos científicos para un ciudadano que aspire a comprender las cuestiones políticas que involucran aspectos de la ciencia y la tecnología (Miller, 2004), y fue en este documento donde Miller encontró una solución al problema de la obsolescencia. El estudio de la NASW había supuesto un sólido punto de partida para desarrollar un indicador de alfabetización científica, pero tenía para Miller una limitación importante (Miller, 1998): la batería de preguntas que se había utilizado en el estudio de 1957 para medir la alfabetización científica tocaba cuatro temas: la lluvia radiactiva, la fluorización del agua potable, la vacuna de la polio y los satélites espaciales. Veinte años más tarde, cuando Miller y Prewitt desarrollaron el cuestionario para la NSF, al menos tres de los cuatro temas habían dejado de ser centrales. Dado que el objetivo era monitorizar a largo plazo la alfabetización científica de los estadounidenses, Miller y Prewitt necesitaban construir una medida que no se quedara obsoleta ante el siguiente descubrimiento científico, una medida que pudiesen incluir sucesivamente en las oleadas de encuestas. Las preguntas de conocimiento que Miller y Prewitt

desarrollaron para el cuestionario de la NSF en 1978 supusieron un paso en esa dirección, pero fue el *Science for All Americans* el documento que proporcionó la lista de constructos científicos que conforman el actual indicador de alfabetización científica.

EL ÍNDICE DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CÍVICA

Aunque el cuestionario de 1978 y otros que vinieron después se pueden considerar antecedentes del actual indicador de alfabetización científica, es en la encuesta de 1988 cuando el indicador aparece por primera vez bajo el formato que se utiliza hoy en día. La encuesta de 1988 fue fruto de la colaboración entre Jon D. Miller en Estados Unidos y John Durant en Reino Unido. La encuesta proporcionó estimaciones sobre la comprensión social de la ciencia significativamente mejores que ningún otro estudio hasta ese momento (Durant, Evans y Thomas, 1989; Miller, 1998). Tomando como referencia el *Science for All Americans*, Miller y Durant desarrollaron la siguiente batería de preguntas en las que se le pedía al encuestado que señalara, para cada una de las afirmaciones que se le presentaban, si eran verdaderas o falsas. La siguiente lista recoge los ítems que formaron parte de la batería que utilizó Durant en Reino Unido y Miller en Estados Unidos. Los ítems señalados con un (1) fueron utilizados en ambos cuestionarios; los señalados con un (2), únicamente en el cuestionario de Reino Unido; los señalados con un (3), solo en Estados Unidos (Durant, Evans y Thomas, 1989; Miller, Kimmel y NORC, serie 1979-2001):

- El centro de la Tierra está muy caliente. (1)
- Los continentes sobre los que vivimos se han estado desplazando durante millones de años y continuarán haciéndolo. (1)

- La luz del Sol puede provocar cáncer de piel. (1)
- Los electrones son más pequeños que los átomos. (1)
- El oxígeno que respiramos proviene de las plantas. (1)
- El aire caliente asciende. (1)
- Los primeros humanos vivieron al mismo tiempo que los dinosaurios. (1)
- Es seguro beber leche radioactiva siempre que se hierva antes. (1)
- Los rayos láser funcionan mediante la concentración de ondas de sonido. (1)
- El hígado fabrica la orina. (2)
- Todos los insectos tienen ocho patas. (2)
- El hijo de un culturista heredará los beneficios de su entrenamiento. (2)
- Los diamantes están hechos de carbón. (2)
- Es el gen del padre el que decide el sexo del bebé. (2)
- Las vitaminas naturales son mejores para el humano que las fabricadas en un laboratorio. (2)
- La sal común está hecha de carbonato cálcico. (2)
- Los objetos volantes no identificados son realmente naves espaciales de otras civilizaciones. (3)
- Fumar provoca cáncer de pulmón. (3)
- Los seres humanos provienen de especies animales anteriores. (3)
- Hay miles de planetas en el universo en los que la vida podría haberse desarrollado. (3)
- El universo comenzó con una gran explosión. (3)
- Los antibióticos curan enfermedades causadas tanto por virus como por bacterias. (3)

Estas son las preguntas de la batería original. Los estudios actuales que intentan medir el nivel de alfabetización científica las continúan incluyendo en los cuestionarios, aunque algunos ítems han dejado de utilizarse y ha habido

también una actualización moderada; se han añadido preguntas relacionadas con nuevos avances científicos en genética (por ejemplo: los tomates normales no tienen genes, solo los tomates modificados genéticamente tienen genes), o con la visibilización de problemas como el cambio climático (por ejemplo: la combustión de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo es la actividad humana que más impacta en el calentamiento global).

Aunque diseñaron la encuesta de forma conjunta, y ambos estaban de acuerdo en que el indicador de la alfabetización científica era una medida conformada por el conocimiento científico por un lado y la comprensión del método científico por otro, Miller y Durant tenían discrepancias metodológicas en relación con los indicadores que debían utilizarse. El equipo de Durant desarrolló un conjunto de preguntas que fueron posteriormente incorporadas a los estudios de percepción social de la ciencia que realizaba la Comisión Europea en Europa. Por su parte, el equipo de Miller desarrolló sus propias preguntas y estas pasaron a utilizarse en los estudios de la NSF en Estados Unidos. Las diferencias entre las preguntas de Miller y las de Durant son sobre todo de índole metodológica, pero en esencia miden lo mismo.

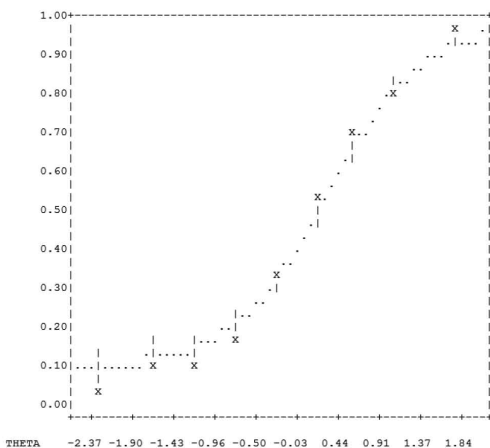
En la actualidad los estudios de la NSF, los *Science and Engineering Indicators*, utilizan las preguntas de Miller para medir el nivel de alfabetización científica, pero hay una diferencia importante. Mientras que los estudios de la NSF utilizan la media de respuestas correctas para establecer el nivel de alfabetización científica, Miller utiliza la teoría de respuesta al ítem (IRT, por sus siglas en inglés). De hecho, la batería de preguntas que utiliza Miller está especialmente diseñada para ser analizada con esta herramienta (véase, por ejemplo, Miller, 1998; Miller y Pardo, 2000). La IRT es una teoría psicométrica que se utiliza en la construcción de test y pruebas psicológicas; lo interesante de esta herramienta es

que permite tener en cuenta la relativa dificultad de los ítems o preguntas que se utilizan para medir la propiedad latente que se quiera medir, en este caso, el nivel de alfabetización científica de los individuos.

FIGURA 1

CURVA DE RESPUESTA AL ÍTEM 'LOS ANTIBIÓTICOS CURAN ENFERMEDADES CAUSADAS TANTO POR VIRUS COMO POR BACTERIAS' (F)

ITEM: ITEM06 CHISQ = 71.6 DF = 9.0 PROB< 0.0000



Fuente: Elaboración propia sobre datos de Estados Unidos recogidos en 2003, 2005, 2007 y 2016 por el Institute for Social Research de la Universidad de Michigan. Datos procesados mediante el programa BIL06-MG 3.0.

El principio sobre el que se basa la IRT es que las respuestas a cada una de las preguntas de conocimiento científico forman una curva de respuesta (figura 1). Asumiendo que las respuestas de los individuos pueden distribuirse en un plano cartesiano, el eje de ordenadas refleja el nivel de conocimiento estimado, y el eje de abscisas la probabilidad de que el individuo responda correctamente. El grado de curvatura que muestra la figura indica que los individuos con bajo nivel de conocimiento en el tema tienen más dificultades para responder correctamente que los individuos con

alto nivel de conocimiento. La selección de los ítems que se utilizan para calcular el índice de alfabetización científica se realiza sobre la base del nivel de dificultad del ítem, la probabilidad de responder correctamente en función del nivel de conocimiento y la probabilidad de acertar por azar.

Para calcular el índice de alfabetización científica, Miller suele utilizar una batería de entre 20 y 25 ítems con distinto grado de dificultad. De ellas, entre 15 y 20 son preguntas de verdadero o falso como las que se mencionaban (por ejemplo, "verdadero o falso: los electrones son más pequeños que los átomos") y estas se completan con otras cinco preguntas de respuesta abierta (por ejemplo, "¿qué es una molécula?"). El índice de alfabetización científica permite calcular resultados individuales que van de cero a cien. Los individuos con un resultado de 70 o superior son considerados como científicamente alfabetizados. A lo largo de los años, Miller ha ido configurando un conjunto de ítems que hoy conforman una batería de 36 preguntas; cada vez que diseña un nuevo cuestionario selecciona un subconjunto de esos ítems y sobre ellos estima el nivel de alfabetización científica. Es esta versatilidad lo que hace de la teoría de respuesta al ítem una herramienta tan potente: siempre que haya un solapamiento de al menos cinco ítems, es posible crear distintas versiones del test sin perder la comparabilidad. Cada versión puede incluir preguntas con distintos grados de dificultad, incorporar temas diferentes y adaptarse al contexto en el que se aplica.

A la hora de medir el nivel de alfabetización científica, la mayoría de los estudios de percepción y comprensión social de la ciencia se limitan a incluir en los cuestionarios preguntas de la batería de Miller, obviando el hecho de que las preguntas están diseñadas para ser analizadas con una herramienta determinada. Gran parte de la literatura que es crítica con el índice de alfabetización científica de Miller lo ha tildado de excesivamente básico, argumentando que se basa

en conocimientos científicos propios de un libro de texto, describiéndolo como el nivel de alfabetización científica necesario para aprobar un examen de ciencias y, por ende, un nivel de conocimientos inútil para tomar decisiones sobre temas que involucren aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología. Brian Wynne (1995) resalta el hecho de que las preguntas de alfabetización científica se realizan sin proporcionar un contexto; Alan Irwin y Brian Wynne (1996), y también Bruce Lewenstein (2003), han señalado que las cuestiones que se utilizan para medir la comprensión social de la ciencia y la tecnología no son realmente significativas en la vida diaria; de acuerdo con Rafael Pardo y Félix Calvo (2004), la mayoría de los ítems hacen referencia a conocimientos científicos aprendidos en la etapa escolar y lo que realmente miden las preguntas es capacidad memorística.

En prácticamente todos sus artículos, Miller se ha referido al nivel de alfabetización científica como una medida individual de la comprensión de una serie de constructos científicos que sirven como herramientas para leer y comprender la información científica que puede encontrarse en la sección de ciencia que cada martes publica el *New York Times* o la que puede verse en un capítulo de la serie de televisión *NOVA* (Miller, 2004, 2010a, 2010b, 2010c, 2012, 2014). Para medir la capacidad de comprender información científica, o lo que es lo mismo, para medir la alfabetización científica, Miller utiliza una batería de preguntas muy similar a la que se mencionaba más atrás. En este sentido, quienes son críticos con el índice de alfabetización científica albergan serias dudas acerca de la eficacia real que estas preguntas tienen para medir la capacidad de comprender información científica. Uno de los ítems pregunta al encuestado si la afirmación “Los electrones son más pequeños que los átomos” es verdadera o falsa, pero ¿de qué sirve saber que, efectivamente, los

electrones son más pequeños que los átomos para entender, por ejemplo, un debate sobre el desmantelamiento de una central nuclear? Más aun, ¿hasta qué punto dicho conocimiento es útil en la vida diaria? Tomadas por separado, muchas de las preguntas que forman parte del índice de Miller no parecen medir la capacidad de comprender información científica. Y es aquí donde reside el malentendido y la fuente de muchas de las críticas sobre la eficacia del índice. Las preguntas no pueden tomarse por separado, sino que han de entenderse en el marco de la teoría de respuesta al ítem. Que una persona responda correctamente a este conjunto de preguntas no significa que tenga un alto nivel de conocimientos científicos, porque el indicador de alfabetización científica no es un examen sino un indicador. Una persona con alto nivel de conocimientos científicos será capaz de contestar adecuadamente a estas preguntas y, por lo tanto, su nivel de conocimientos científicos le permitirá comprender con más profundidad noticias sobre ciencia y tecnología, así como seguir debates o entender controversias relacionadas con el desarrollo tecnocientífico.

Se mencionaba al principio que Shen había establecido tres tipos de alfabetización científica: cívica, práctica y cultural. Miller ha hecho un esfuerzo constante por enfatizar el carácter cívico de la alfabetización y, dada la influencia que su trabajo ha tenido en los estudios sobre percepción y comprensión de la ciencia, no es de extrañar que en Estados Unidos el concepto de alfabetización científica haya tenido una orientación política. En Europa, la literatura sobre alfabetización científica se ha desarrollado más cercana a la definición de alfabetización científica práctica. Esta divergencia se explica en el contexto histórico en el que se desarrollan el concepto de alfabetización científica y los estudios de percepción y comprensión de la ciencia.

EL CONTEXTO HISTÓRICO DE LA PREOCUPACIÓN POR LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

En los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, el clima político, económico y social, que tan favorable había sido para la ciencia, 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 por el descubrimiento de la estructura del ADN, etc. A partir de la segunda mitad del siglo XX, otra cara del avance científico-tecnológico se fue poniendo de manifiesto y trajo consigo la alerta progresiva de lo que parecía ser una mayor e inevitable dependencia del desarrollo científico y tecnológico, y una mayor concienciación del alcance del impacto que la ciencia y la tecnología tenían 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, URSS), 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 entre la Unión Soviética y Estados Unidos que, durante casi cincuenta años, mantuvo las miradas del mundo occidental fijas en el cielo. En Estados Unidos, los resultados de la encuesta que Ronald C. Davis realizó en 1957 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 contraculturales, antinucleares, el movimiento *hippie* y el punk, las protestas estudiantiles, el movimiento ecologista —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. El llamado “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 se comen al hombre... La mujer here-da 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 señala que 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 las décadas de 1960 y 1970. Estos cambios 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” (Jamison, 2014: 33). Las críticas se extendieron también hacia los impactos del desarrollo científico y tecnológico sobre el medioambiente. El libro de Rachel Carson, *Primavera silenciosa*, sobre los efectos perniciosos del uso de pesticidas en el medioambiente, 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, transformando las políticas clásicas de ciencia de promoción pura en políticas más regulativas que anticipaban y trataban de corregir impactos negativos y abriendo espacios a la participación de la sociedad en un intento de hacer frente a la creciente percepción negativa.

La reflexión sobre la ciencia, la tecnología y la sociedad tendrá tintes diferentes según en qué lado del Atlántico se sitúen. 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). Bajo este prisma no es de extrañar que en Estados Unidos la alfabetización científica haya tenido una orientación mucho más política que en Europa.

CUATRO CRITERIOS PARA MEDIR LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Al margen de algunas excepciones, el nivel de alfabetización científica se establece en relación con cuatro criterios: 1) la comprensión de términos y conceptos científicos, 2) la familiaridad con el razonamiento probabilístico y el método científico, 3) el rechazo de las pseudociencias, y 4) una cierta valoración de la importancia del conocimiento científico. Una versión de las preguntas que se utilizan para evaluar cada uno de los cuatro criterios se menciona a continuación. En concreto, estas que se presentan son las que utiliza la National Science Foundation en Estados Unidos, pero versiones de ellas pueden encontrarse en los estudios de la Unión Europea, en los estudios de España y en prácticamente todos los cuestionarios que miden la alfabetización científica.

CRITERIO 1. COMPRENSIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS

Pregunta 1.1. Para cada una de las siguientes afirmaciones, por favor, indique si es verdadera o falsa.

- El centro de la Tierra está muy caliente.
- Toda la radioactividad está producida por el hombre.
- Es el gen del padre el que decide el sexo del bebé.
- El láser funciona mediante la concentración de ondas de sonido.
- Los electrones son más pequeños que los átomos.
- Los antibióticos curan enfermedades causadas tanto por virus como por bacterias.
- Los continentes sobre los que vivimos se han estado desplazando durante millones de años y continuarán haciéndolo.

Pregunta 1.2. ¿Gira la Tierra alrededor del Sol o el Sol alrededor de la Tierra?

Pregunta 1.3. ¿Cuánto tarda la Tierra en dar una vuelta alrededor del Sol?

CRITERIO 2. FAMILIARIDAD CON EL RAZONAMIENTO PROBABILÍSTICO Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

Pregunta 2.1. 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.

- a. ¿Significa eso que si el primer hijo hereda la enfermedad los siguientes tres no la heredarán?
- b. ¿Significa eso que cada uno de los hijos que tenga la pareja tendrá la misma posibilidad de heredar la enfermedad?

Pregunta 2.2. Ahora imagínese la siguiente situación. Dos científicos quieren saber si un medicamento es eficaz contra la tensión alta. El primer científico quiere administrar el medicamento a 1.000 personas con la tensión alta y ver a cuántas les baja la tensión. El segundo científico quiere administrar el medicamento a 500 personas con tensión alta y no administrar el medicamento a 500 personas, y ver a cuántas personas de cada grupo les baja la tensión.

- a. ¿Cuál es el mejor modo de proceder?
- b. ¿Por qué es mejor proceder de ese modo?

Pregunta 2.3. Algunas cosas se estudian de forma científica, otras se estudian de otros modos. ¿Diría usted que entiende bien el significado, que más bien tiene una

idea general o que no comprende el significado de "estudiar algo de forma científica"?

Pregunta 2.4. En sus palabras, ¿qué significa estudiar algo de forma científica?

CRITERIO 3. RECHAZO DE LAS PSEUDOCIENCIAS

Pregunta 3.1. ¿Diría usted que la astrología es muy científica, algo científica o nada científica?

CRITERIO 4. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Pregunta 4.1. En una escala del 1 al 10, siendo el 1 "completamente en desacuerdo" y el 10 "completamente de acuerdo", ¿cuál diría que es su nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación: no es importante para mí saber de ciencia en mi vida diaria?

EL NIVEL DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA

Desde su creación en 2001, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) ha recogido información sobre la percepción social de la ciencia y la tecnología en España a través de encuestas cuantitativas a la población española. Estas encuestas⁵ se realizan cada dos años a una muestra representativa de la población española conformada por mayores de 15 años residentes en España durante al menos los últimos cinco años. Cada una de estas personas, en una entrevista cara a cara, responde a las preguntas de un cuestionario estructurado. El cuestionario es revisado y actualizado antes de cada encuesta por un equipo de expertos de distintos campos relacionados con la comprensión social de la ciencia como el periodismo científico, la política científica,

5. Todos los informes sobre la percepción social de la ciencia en España y sus correspondientes bases de datos están disponibles en la página web de la fundación, en <https://www.fecyt.es/>

la filosofía de la ciencia, la sociología o la psicología. Posteriormente, para cada edición, FECYT presenta un informe de resultados que lleva por título "Percepción social de la ciencia y la tecnología en España". Hasta la fecha, se han realizado ocho encuestas con sus respectivos informes, el primero publicado en 2003 y el último en 2017. En algunos de los cuestionarios, FECYT ha incorporado las preguntas que miden la alfabetización científica. Antes de presentar los factores que inciden en el nivel de alfabetización científica española, merece la pena detenerse en estas preguntas; no obstante, FECYT no las ha incluido en todos los cuestionarios y, cuando lo ha hecho, no siempre ha utilizado la misma redacción. Esto dificulta el análisis comparativo, pero incluso así es interesante detenerse en los resultados.

CRITERIO 1. COMPRENSIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS

Para obtener datos sobre el primer criterio, FECYT incorporó algunos ítems de la pregunta 1.1, concretamente en los cuestionarios de 2006, 2014 y 2016. Los resultados se presentan en la tabla 1, pero para entenderlos correctamente es importante tener en cuenta que la redacción de la pregunta que se utilizó en 2006 y 2014 es distinta de la que se utilizó en 2016, y esto tienen un impacto en los resultados. En la primera versión se le pedía al encuestado que juzgara verdadera o falsa una determinada afirmación, exactamente como se muestra en la pregunta 1.1. De acuerdo con los resultados, en 2006, el 40% de la población no fue capaz de responder correctamente a esta pregunta, y en 2014, algo más del 25% de las personas encuestadas seguía pensando que es el Sol el que gira alrededor de la Tierra. Ante estos resultados, algunos de los expertos del equipo que colaboraban asiduamente en el diseño del cuestionario señalaron que el elevado

porcentaje de ignorancia podría atribuirse, al menos en parte, a la formulación de la pregunta. En su análisis posterior, Ana Muñoz van den Eynde señalaba que “era muy probable que ese 25% se hubiera visto muy reducido si en vez de plantear una pregunta de verdadero o falso, siendo la afirmación presentada la equivocada, se hubiera pedido a quien debía responder que eligiera entre dos opciones: el Sol gira alrededor de la Tierra o la Tierra gira alrededor del Sol” (Van den Eynde, 2015: 31). Siguiendo su sugerencia, para la última encuesta se diseñó una nueva batería de preguntas, en ella se le presentan al encuestado dos afirmaciones para que indique cuál de ellas es verdadera. Si el razonamiento es acertado, los porcentajes de respuesta que se muestran para 2016 son un mejor reflejo del nivel de alfabetización científica de la población española.

Aun cuando los cambios en la pregunta obliguen a interpretar los resultados con cautela, la tabla 1 muestra un incremento generalizado en el porcentaje de respuestas correctas. En los diez años que van de 2006 a 2016, el porcentaje de personas que sabe que vivimos en un sistema heliocéntrico se ha incrementado en casi 30 puntos, del 60% al 80%. También ha habido un incremento importante en el porcentaje de personas que sabe que los antibióticos sirven para curar enfermedades causadas por bacterias y no por virus —estos se combaten mejor con vacunas—; pero, a pesar de que ha habido un incremento de 24 puntos, el porcentaje de personas que contesta correctamente esta pregunta apenas supera el 50% de la población. En 2006, la mitad de la población pensaba que humanos y dinosaurios convivieron, en 2016 solo lo piensa el 25%. El incremento más grande se encuentra en la pregunta por el funcionamiento de los rayos láser: en 2006 el 30% contestó correctamente, en 2014 fue el 45% y en 2016 el 85%. El incremento más pequeño se encuentra en la pregunta por el movimiento de los continentes.

Curiosamente también en esta pregunta se registra el único descenso de la tabla, en 2006 el porcentaje de personas que responden correctamente es de algo más del 75%, sube hasta casi el 90% en 2014, y vuelve a caer por debajo del 80% en 2016.

TABLA 1

RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS POR LA COMPRENSIÓN DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS

Para cada una de las siguientes afirmaciones, por favor, indique si es verdadera o falsa

	Porcentaje de personas que seleccionaron la opción correcta (%)		
	2006	2014	2016
El Sol gira alrededor de la Tierra (F)	60,4	72,5	88,3
El oxígeno que respiramos proviene de las plantas (V)	72,9	80,1	-
Los antibióticos curan enfermedades causadas tanto por virus como por bacterias (F)	29,2	46,5	53,3
Los continentes se han estado moviendo a lo largo de millones de años y continuarán haciéndolo en el futuro (V)	76,7	87,3	78,3
Los rayos láser funcionan mediante la concentración de ondas de sonido (F)	29,8	45,0	84,9
Toda la radiactividad del planeta es producida por los seres humanos (F)	59,7	60,1	-
El centro de la Tierra está muy caliente (V)	83,2	90,0	-
Los seres humanos provienen de especies de animales anteriores (V)	74,2	83,7	-
Los primeros humanos vivieron al mismo tiempo que los dinosaurios (F)	53,0	69,5	76,3
Se pueden extraer células madre del cordón umbilical de los mamíferos (V)	-	84,9	-
Cuando una persona como una fruta modificada genéticamente, sus genes también pueden modificarse (F)	-	62,3	78,7
Los teléfonos móviles pueden causar campos electromagnéticos (V)	-	86,0	-
Los electrones son más pequeños que los átomos (V)	44,0	-	-
Tamaño de la muestra	7.056	6.355	6.347

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de FECYT.

CRITERIO 2. FAMILIARIDAD CON EL RAZONAMIENTO PROBABILÍSTICO Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

FECYT solo utilizó una vez una pregunta para evaluar este criterio, la incluyó en el cuestionario de 2014 y su redacción está inspirada en la pregunta 2.2. Esta pregunta busca evaluar el grado de comprensión que tienen las personas de la lógica de la experimentación científica. Una persona familiarizada con el diseño experimental sabe que para poner a prueba la eficacia de un fármaco no basta con administrar el fármaco a un grupo de personas y observar los cambios, es necesario utilizar un grupo de control. Diseñar correctamente el experimento implica dividir a los sujetos del estudio en dos grupos, al grupo experimental se le administra el fármaco y al grupo de control no; después se comparan los resultados para evaluar el efecto del fármaco. En el caso de la pregunta que utiliza FECYT, la respuesta correcta es “administrar el fármaco a unos pacientes, pero no a otros, y comparar qué ocurre con los grupos”. Como se puede ver en la tabla 2, el 40% de la población contestó correctamente.

TABLA 2

RESULTADOS DE LA PREGUNTA POR LA FAMILIARIDAD DE LOS ENCUESTADOS CON EL RAZONAMIENTO PROBABILÍSTICO Y EL MÉTODO CIENTÍFICO

Supongamos que unos científicos están estudiando la eficacia de una medicina para la tensión alta. Le voy a presentar cuatro opciones para llevar a cabo el estudio. ¿Cuál de las opciones sería la más útil para los científicos de cara a establecer la eficacia de la medicina?

	Porcentaje de respuestas (%)
	2014
Preguntar a los pacientes cómo se encuentran para ver si notan algún efecto	14,8
Analizar cada uno de los componentes del fármaco por separado	15,5
Administrar el fármaco a unos pacientes, pero no a otros, y comparar qué ocurre con los grupos	40,1

TABLA 2

RESULTADOS DE LA PREGUNTA POR LA FAMILIARIDAD DE LOS ENCUESTADOS CON EL RAZONAMIENTO PROBABILÍSTICO Y EL MÉTODO CIENTÍFICO (CONT.)

Supongamos que unos científicos están estudiando la eficacia de una medicina para la tensión alta. Le voy a presentar cuatro opciones para llevar a cabo el estudio. ¿Cuál de las opciones sería la más útil para los científicos de cara a establecer la eficacia de la medicina?

	Porcentaje de respuestas (%)
	2014
Utilizar su conocimiento sobre medicina para establecer la eficacia del fármaco	16,9
No sabe/no contesta	12,6
Total	100
Tamaño de la muestra	6.355

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de FECYT.

CRITERIO 3. RECHAZO DE LAS PSEUDOCIENCIAS

Se supone que las creencias pseudocientíficas, como la creencia en la eficacia de las cartas astrales o de las flores de Bach, son incompatibles con un pensamiento científico, y que cualquier persona con cierto nivel de conocimientos científicos sabe que la astrología no es una disciplina científica. FECYT ha incluido varias preguntas para medir este criterio, una en 2004, otra muy parecida en 2014, y una mucho más específica en 2016. En 2004 y en 2014 la pregunta mostraba una lista de disciplinas, y para cada una de ellas el encuestado tenía que atribuir un grado de cientificidad, donde “1” significaba que la disciplina mencionada no era en absoluto científica y “5” que era totalmente científica. En 2004, apenas el 20% afirmó que la astrología no era en absoluto científica. Algunos expertos en el tema habían señalado un problema en la redacción de esta pregunta, los resultados de Nick Allum y Paul Stoneman (2012) sugerían que algunos encuestados podían haber confundido los términos “astrología” y “astronomía” y haber contestado erróneamente. Esto se tuvo en

cuenta a la hora de redactar la pregunta y, por eso, en 2004, además de preguntar por la cientificidad de la astrología se preguntó también por la cientificidad de la astronomía. Casi el 20% afirmó que la astrología era una disciplina científica, y casi el 30% afirmó que la astronomía era una disciplina científica. Cruzar los datos de ambas preguntas revela que el 15% afirmó en ambos casos que eran totalmente científicas, lo que muestra que efectivamente hay una cierta confusión en los términos. Para evitar este problema, en el cuestionario de 2014 se sustituyó el término “astrología” por el de “horóscopos”. Al afinar la pregunta, los datos mostraron que el 63% de la población consideraba los horóscopos absolutamente nada científicos y solo el 1,6% totalmente científicos. Los resultados en la tabla 3.

TABLA 3
RESULTADOS DE LA PRESUNTA POR LA CIENTIFICIDAD
DE LA ASTROLOGÍA/ASTRONOMÍA

	¿Diría usted que la astrología es muy científica, algo científica o nada científica?			
	Porcentaje de respuestas (%)			
	2004		2014	
	Astrología	Astronomía	Horóscopos	Astronomía
En absoluto científica	19,5	7,5	63,1	1,9
Poco científica	12,7	8,9	19,2	5,9
Ni científica ni no científica	9,9	9,7	9,0	18,3
Bastante científica	23,6	30,6	3,4	31,5
Totalmente científica	19,2	28,4	1,6	37,1
No sabe/no contesta	15,2	15,0	3,7	5,3
Total	100	100	100	100
Tamaño de la muestra	3.400		6.355	

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de FECYT.

En 2016, FECYT quiso ir un paso más allá en el análisis de las creencias pseudocientíficas, así que el equipo de expertos diseñó una pregunta específica en la que se pedía a los

encuestados que indicaran, en una escala de 1 a 5, donde “1” significa que no se identifica en absoluto y “5” que se identifica totalmente, en qué medida se identificaban con una serie de afirmaciones. La tabla 4 muestra la media de las respuestas para cada ítem. Los datos sugieren que la creencia en la eficacia de la acupuntura y la homeopatía está relativamente extendida en la población española: en una escala de 1 a 5, los españoles se identifican de media 3 y 2,7, respectivamente. Sin embargo, a pesar de estas creencias pseudocientíficas, la población española no cree en los curanderos, como tampoco cree en los fenómenos paranormales o en que sucede lo que pronostican los horóscopos.

TABLA 4

MEDIA DE LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA DE CREENCIAS PSEUDOCIENTÍFICAS

	MEDIA DE RESPUESTAS	
	2016	
La acupuntura funciona	3,0	
Los productos homeopáticos funcionan	2,7	
Hay números y cosas que dan suerte	1,9	
Creo en los fenómenos paranormales	1,7	
Confío en los curanderos	1,7	
Sucede lo que pronostican los horóscopos	1,5	
Tamaño de la muestra	6.347	

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de FECYT.

CRITERIO 4. PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En cuatro de sus cuestionarios, FECYT ha incorporado una pregunta en la que se pide al encuestado que valore del 1 al 5 la utilidad del conocimiento científico en distintos escenarios. Al igual que antes, “1” significa que no tienen utilidad y “5”

que tiene mucha utilidad. Como se puede ver en la tabla 5, la percepción que tiene la población española de la utilidad del conocimiento científico es bastante alta, en prácticamente todos los casos supera el 2,5. Además, esta percepción parece mantenerse estable en el tiempo y para todos los escenarios.

TABLA 5

RESPUESTAS A LA PREGUNTA POR LA PERCEPCIÓN DE LA IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En una escala del 1 al 10, siendo el 1 'completamente en desacuerdo' y el 10 'completamente de acuerdo', ¿cuál diría que es su nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación: no es importante para mí saber de ciencia en mi vida diaria?

	Media de respuestas			
	2004	2006	2008	2016
En mi profesión	3.0	2.3	2.6	2.8
En mi comprensión del mundo	3.2	2.6	3.0	3.1
En mis relaciones con otras personas	3.0	2.4	2.8	2.9
En mi conducta como consumidor y usuario	3.2	2.7	3.0	3.1
En mi formación de opiniones políticas y sociales	2.7	2.1	2.6	2.6
Tamaño de la muestra	3.400	7.056	8.602	6.347

Fuente: Elaboración propia sobre los datos de FECYT.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Hay muchas maneras de analizar los datos recogidos mediante entrevistas y cuestionarios. Los expertos que analizan los datos de las encuestas de FECYT y que posteriormente vuelcan sus conclusiones en los informes de percepción social de la ciencia y la tecnología en España suelen utilizar frecuencias, tablas de contingencia, regresiones logísticas, análisis clúster, modelos de ecuaciones estructurales, etc. No hay una mejor que otra, cada una de estas técnicas sirve

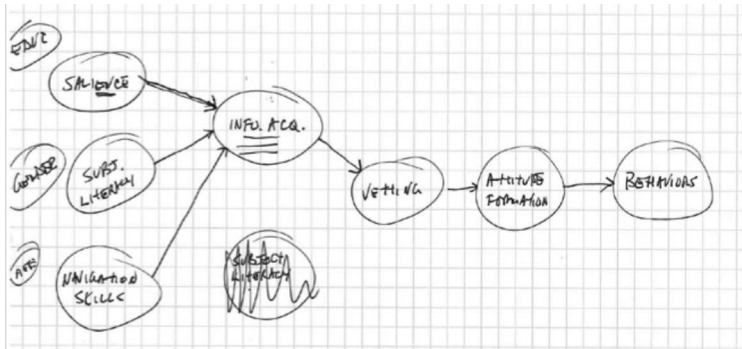
a propósitos distintos y arroja diferentes resultados. En este caso, el análisis de los datos se hace mediante un modelo de pautas. Para entender estos modelos es útil tener una idea rudimentaria de cómo se construyen. Un modelo de pautas es una herramienta que permite analizar las relaciones existentes en un conjunto de datos. De cara al modelo, dicho conjunto de datos no tienen significado, un 0 es un 0, un 1 es un 1. Es el investigador el que sabe que el valor 0 está asociado a “Hombre” y el valor 1 a “Mujer” y, por tanto, hay ciertas operaciones que no se pueden hacer aunque sea posible hacerlas. Por ejemplo, matemáticamente, es posible restar 5 a 10, cualquier calculadora puede hacerlo, sin embargo, no es posible restar 5 peras a 10 manzanas. En este sentido, el diseño del modelo tiene que estar orientado por una teoría, el investigador debe tener una idea previa de cuáles son las relaciones que existen en ese conjunto de datos.

Así que, como en cualquier investigación, todo comienza con una pregunta: ¿por qué unas personas tienen más nivel de alfabetización científica que otras? Un modo de proporcionar una respuesta es identificar los elementos que influyen en el nivel de alfabetización científica. Es aquí donde se hacen imprescindibles dos herramientas claves en todo proceso de investigación: papel y lápiz. Una vez determinado el objeto de estudio y los elementos que puedan tener influencia sobre dicho objeto, se dibuja un esquema de relaciones —algo así como lo que muestra la figura 2—. En la figura, cada uno de los óvalos representa un elemento y cada una de las flechas representa la hipótesis de que un elemento tiene influencia sobre otro. El análisis de pautas es una herramienta que hace posible poner a prueba cada una de las hipótesis. Las herramientas estadísticas permiten al investigador saber si la hipótesis de que existe una relación entre dos elementos es verdadera o falsa. Si la hipótesis es consistente con el modelo y existe una relación, la flecha se mantiene;

por el contrario, si la hipótesis resulta falsa, si no hay relación, se borra la flecha.

FIGURA 2

BOCETO DE UN MODELO DE PAUTAS



Fuente: Cortesía de Jon D. Miller.

El modelo de pautas se ejecuta sobre un conjunto de datos. En este caso, los datos se han tomado de la “VIII Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología de la población española” que realizó la FECYT en 2016. Es importante tener esto en cuenta porque las relaciones entre los elementos han de entenderse en el marco de dicho conjunto de datos. El mismo modelo puede construirse para distintos conjuntos de datos y comparar entre sí los modelos, pero las relaciones y el alcance de las conclusiones queda circunscrito a los datos a los que se aplica; en este caso, a la población española mayor de 15 años en 2016. El modelo muestra cómo una serie de factores previamente seleccionados afectan al nivel de alfabetización científica en el marco de la muestra que se está estudiando, también permite calcular el efecto que cada uno de los factores por separado tiene en el nivel de alfabetización científica y, además, ver la relativa influencia que unos factores tienen sobre otros dentro del marco general. Hay infinitos modos de diseñar un modelo y es posible

seleccionar multitud de factores para explicar aquello que se quiera explicar. En este trabajo, la selección de factores se ha basado en otros estudios que utilizan modelos de pautas para analizar los factores que influyen en la alfabetización científica (concretamente, Miller, 2010a, 2010b, 2010c, 2012, 2014), pero, en este caso particular, el modelo se ha diseñado teniendo en cuenta el contexto español y los estudios previos realizados por FECYT (2003, 2005, 2007, 2009, 2011, 2013, 2015).

El modelo que se ha diseñado parte de la hipótesis de que el nivel de alfabetización científica estará influido positivamente por el nivel educativo, por la exposición a la información procedente de los medios de comunicación, por el interés en cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología y por la predisposición a hacer uso de conocimientos científicos y tecnológicos; igualmente, estará influido negativamente por las creencias religiosas y las creencias pseudocientíficas. Es posible que otros factores como la edad, el sexo y la presencia de menores en casa también desempeñen un papel en el nivel de alfabetización científica, y por eso se han incluido en el modelo. Al igual que se pueden diseñar modelos alternativos al que se presenta, se pueden escoger otros factores distintos de los que se han incluido. Al seleccionar factores similares a los que utiliza Miller para estudiar la alfabetización científica, es posible comparar el modelo de España con el de Estados Unidos. Por eso, conscientemente, se han dejado fuera de este modelo otros posibles factores como el poder adquisitivo, el tipo de trabajo, la adscripción política, la imagen de la profesión científica, la percepción de los beneficios y los riesgos, etc. A la luz de los resultados de este trabajo, dichos factores serán de gran utilidad cuando posteriormente se analice un concepto más complejo que el de la alfabetización científica, aunque estrechamente relacionado con ella; a saber, el de la cultura científica.

Un total de 13 factores se han introducido en el modelo para comprobar su efecto en el nivel de alfabetización científica:

1. Edad.
2. Género.
3. Nivel educativo alcanzado.
4. Presencia de menores en el hogar.
5. Creencias religiosas.
6. Creencias pseudocientíficas.
7. Interés en temas relacionados con la ciencia y la tecnología.
8. Apropiación de la ciencia.
9. Uso de internet para mantenerse informado sobre temas de ciencia y tecnología.
10. Uso de la prensa para mantenerse informado sobre temas de ciencia y tecnología.
11. Uso de la televisión para mantenerse informado sobre temas de ciencia y tecnología.
12. Uso de la radio para mantenerse informado sobre temas de ciencia y tecnología.
13. Visitas a museos de ciencia y tecnología, zoos o acuarios, parques naturales y espacios naturales protegidos y/o acudir a alguna actividad de la Semana de la Ciencia.

Un modelo de pautas permite la especificación de un orden cronológico o lógico de los factores. En este modelo, el tiempo fluye hacia la derecha, es decir, los factores de la izquierda afectan a los de la derecha, y los factores que aparecen en el mismo plano no se influyen entre ellos, como si hipotéticamente ocurrieran de forma simultánea. Por eso, los factores no influyen en la alfabetización científica todos a la vez, hay una secuenciación de los acontecimientos. En

una sociedad como la española, la mayoría de las personas primero entra en el sistema educativo y adquiere un nivel de estudios u otro; después encuentra un trabajo, o no; algunas de esas personas forman familias; a lo largo de su vida cada persona va desarrollando intereses, adquiriendo aficiones y realizando distintas actividades; y todo eso resulta en un determinado nivel de alfabetización científica. Lo que permite el modelo es mostrar la influencia de todos estos elementos en el nivel de alfabetización científica de los individuos.

Los datos se han tomado del último estudio demoscópico de FECYT, que contó con una muestra ponderada de 6.357 entrevistas semiestructuradas que se realizaron cara a cara entre octubre y diciembre de 2016 a la población española y residente en España durante cinco años o más⁶. Las variables se han computado utilizando el programa IBM SPSS Statistics 24. Para la matriz de covarianza y el análisis de pautas se ha utilizado el programa LISREL 8.8 (Hayduk, 1987). Los factores se han seleccionado y organizado sobre la base del trabajo de Jon D. Miller (2010a, 2010b, 2010c, 2012, 2014). La matriz de covarianzas en el anexo 1 y el modelo de pautas del gráfico 5 proporcionan los datos necesarios para replicar el análisis.

ANÁLISIS METODOLÓGICO

Para analizar los resultados del modelo que se presenta más adelante es necesario explicar cada uno de los factores que se han incluido en el modelo, ya que por sí mismos proporcionan datos interesantes de la población española y sirven para una mejor interpretación de los resultados. Aunque son 13 factores —más el nivel de alfabetización científica que es la

6. La base de datos está disponible para descargar en <https://icono.fecyt.es/informes-y-publicaciones/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana>

variable de salida—, en vez de analizarlos uno a uno, de forma separada, se presentan agrupados en nueve apartados: a) edad y género, b) presencia de menores de 15 años en el hogar, c) nivel de estudios, d) interés por cuestiones relacionados con la ciencia y la tecnología, e) apropiación de la ciencia, f) el uso de fuentes de información (internet, prensa, televisión y radio) para informarse sobre temas de ciencia y tecnología, g) las visitas a museos de ciencia y tecnología y/o a entidades similares, h) creencias religiosas y pseudo-científicas, y i) alfabetización científica.

EDAD Y GÉNERO

El modelo supone que cada individuo tiene un sexo al nacer y una edad basada en la fecha de nacimiento, y la hipótesis es que estos dos factores influyen en otros factores como el nivel educativo o el tipo de trabajo que se desempeña, pero no a la inversa. Por ejemplo, el género puede tener incidencia en el nivel de estudios alcanzado o en el tipo de trabajo que se desempeña, pero el tipo de trabajo no cambia el género. De igual modo, la edad influye en el nivel de estudios pero el nivel de estudios no influye en la edad, es más probable que una persona mayor de 35 años alcance el título de doctor que una persona de 15, sencillamente porque la persona de 15 no ha tenido tiempo suficiente como para superar todos los cursos necesarios para alcanzar dicho grado. En este sentido, la edad influye en el nivel de estudios. Del mismo modo, uno no deja de cumplir años porque estudie más, ni cumple más a menudo porque no estudie; por eso, el nivel de estudios no influye en la edad. Como estos dos factores, edad y género, anteceden a todos los demás, se sitúan en la parte más a la izquierda del modelo, y por ello se denominan variables exógenas.

En la muestra sobre la que se ha realizado el modelo, el 47% son hombres y el 53% son mujeres; la mitad de

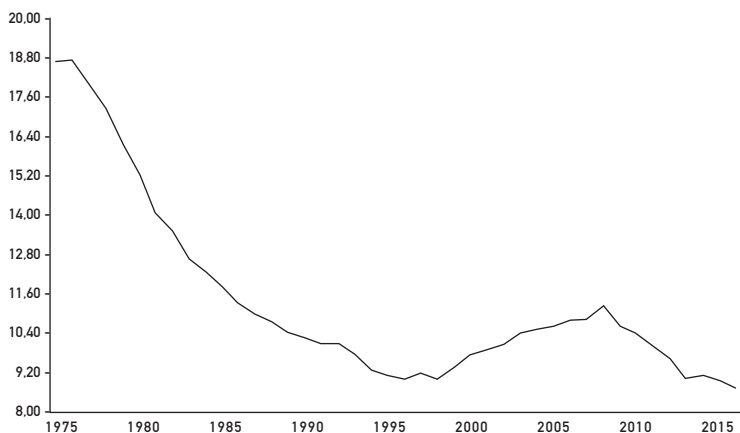
la muestra es menor de 35 años y la otra mitad mayor de 45 (véase la tabla 10). La variable "Edad" contiene seis categorías y se ha introducido en el modelo como ordinal. La variable "Sexo" se ha introducido en el modelo como una variable dicotómica y tratada como continua. "Mujer" ha sido codificado como "1" y "Hombre" como "0". Esto es importante a la hora de interpretar los resultados, porque hay que tener en cuenta que los coeficientes y los efectos totales que se muestran en el modelo describen los comportamientos de las mujeres. El mismo coeficiente, pero en negativo, refleja los comportamientos de los hombres.

LA PRESENCIA DE MENORES DE 15 AÑOS

Los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) muestran un descenso constante de la natalidad en España: el gráfico 1 muestra un cierto incremento entre 1998 y 2008 pero, desde 2014, el descenso es manifiesto y cada año que pasa la natalidad cae un poco más y bate su récord anterior. En 2016, año en el que se recogieron los datos de esta muestra, la tasa de natalidad, —el número de nacimientos por cada mil habitantes en un año— fue del 8,75%, la más baja de la historia de España desde que se tienen registros. Cada vez nacen menos niños y esto se refleja en la muestra, el 72,6% de la población no tiene menores de 15 años viviendo en casa, el 16,7% tiene un menor de 15 años viviendo en casa y el 10,6% tiene al menos dos.

Sin ser un factor que afecte al nivel de alfabetización científica de forma directa, es razonable pensar que la presencia de menores en el hogar tiene cierta incidencia. En primer lugar, muchos adultos se ven en la necesidad de "repasar" las tablas de multiplicar, las ecuaciones de segundo grado, la fórmula de la circunferencia, la tabla periódica de los elementos, las partes de la flor y muchos otros conceptos del campo de la matemática, la física, la química o la biología

GRÁFICO 1

TASA BRUTA DE NATALIDAD. NACIDOS POR MIL HABITANTES.
PERIODO 1975-2016

Fuente: INE.

cuando sus hijos alcanzan ciertos niveles del sistema educativo. En segundo lugar, muchos padres que están interesados en la ciencia y la tecnología aspiran a transmitir a sus hijos parte de dicho interés, y los llevan a museos y centros de ciencia con la esperanza de despertar su curiosidad. Finalmente, muchas veces, los niños hacen preguntas que ponen a prueba nuestra memoria, desafían el alcance de nuestros conocimientos y nos llevan a emprender proyectos de investigación a pequeña escala. Estos tres factores hacen suponer que la presencia de menores de 15 años en el hogar tendrá un efecto positivo en el nivel de alfabetización científica de los adultos, y así lo muestran los datos de estudios similares (Miller, 2012, 2014). No obstante, también se puede argumentar en la dirección contraria, ya que los niños, especialmente los más pequeños, consumen mucho tiempo, espacio y recursos; y los padres se ven a veces en la necesidad de redireccionar sus intereses, o incluso a

suspenderlos temporalmente. En este caso, el efecto en el nivel de alfabetización sería negativo. Por otro lado, el incremento de las familias monoparentales o el hecho de que ambos progenitores tengan que trabajar son condicionantes que obligan a delegar responsabilidades en otras personas o en otras instituciones, por lo que este factor no provocaría efecto de ningún tipo.

La presencia de menores de 15 años en el hogar se ha introducido en el modelo como una variable dicotómica y ha sido tratada como continua. Se ha asignado el valor "1" a aquellos que tienen al menos un menor de 15 años viviendo en el hogar y "0" a quienes no lo tienen.

EL NIVEL DE ESTUDIOS

Las preguntas de conocimiento sobre las que Miller construye el índice de alfabetización científica estuvieron fuertemente inspiradas por los contenidos del documento *Science for All Americans* (AAAS, 1990) que se mencionó anteriormente. Fue un documento que se concibió como una herramienta de apoyo para la enseñanza de las ciencias, y es que la alfabetización científica ha estado desde que se acuñara como término vinculada a la educación, e incluso antes. Cuando Dewey (1934) reflexiona sobre la necesidad de fomentar la actitud científica, explicita el sistema educativo como el lugar más adecuado para ello. En España, la ciencia sigue siendo una asignatura pendiente, los resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) muestran que la media nacional se mantiene por debajo de la de la OCDE en competencia en ciencia y matemáticas⁷. La metodología de PISA suma muchos detractores; en una elocuente carta dirigida al director del Programa de Evaluación Internacional

7. Datos disponibles en <https://www.oecd.org/pisa/>

del Estudiantes de la OCDE⁸, casi cien académicos y docentes de distintas partes del mundo señalan el negativo impacto que PISA tiene en la enseñanza de la ciencia. PISA adolece de muchos problemas, y es posible que con otra vara de medir España quedara mejor situada en el *ranking*. Pero, incluso así, desde los estándares internacionales, España no destaca por su calidad educativa, y eso repercute en la enseñanza de la ciencia.

Un análisis de los elementos que intervienen en el sistema educativo que atienda a la formación de los docentes y sus condiciones laborales, a los colegios y sus recursos, a la relación entre la escuela y la ciudad, al marco regulativo, a la implicación de los padres, a la organización del currículo y, por supuesto, a los estudiantes es un interesante reto que excede con creces los límites de este trabajo. En lo que respecta a los contenidos científicos, los expertos señalan que la imagen de la ciencia que se transmite a través de las enseñanzas regladas es la de una ciencia descontextualizada, socialmente ajena, donde la investigación científica es el fruto de un eurekaismo elitista (Fernández *et al.*, 2002). Efectivamente, una revisión de las materias relacionadas con la ciencia en los sucesivos planes de estudios muestra la existencia de dos modos de comprender la ciencia: uno es la ciencia entendida como enunciados matemáticos y las fórmulas; el otro corresponde a la ciencia entendida como el conocimiento del medio y de uno mismo (Laspra, 2010). Los resultados del análisis de Miguel Ángel Quintanilla, Carlos G. Figuerola y Tamar Groves (Figuerola *et al.*, 2013; Groves *et al.*, 2016) sobre la presencia de la cultura científica en Wikipedia, en la prensa escrita y en los libros de texto de la Educación Secundaria Obligatoria en España señalan la existencia de una brecha

8. La carta se publicó en *The Guardian*, el 6 de mayo de 2014. Está disponible en <https://www.theguardian.com/education/2014/may/06/oecd-pisa-tests-damaging-education-academics>

entre los contenidos científicos y los tecnológicos. La imagen de la ciencia que se transmite a través de las enseñanzas regladas es la de una ciencia muy alejada de su aplicación práctica, mientras que la imagen de la tecnología queda reducida a su versión más instrumental, es decir, como una colección de aparatos y artefactos tecnológicos. Este alejamiento es percibido por muchos españoles; de acuerdo con los datos del último estudio de FECYT (2016), el 42% de los españoles considera que el nivel de educación científica y técnica que ha recibido ha sido normal, el 11,5% que ha sido alto o muy alto y el 18% que ha sido bajo o muy bajo.

Al margen de la calidad de la enseñanza de la ciencia, las enseñanzas regladas permiten un primer acercamiento a los conocimientos científicos. El nivel de estudios es, de hecho, uno de los factores que más impacto tienen en el nivel de alfabetización científica y por eso se ha introducido en el modelo. La variable “Estudios” que se ha creado para el modelo contempla siete categorías. En un extremo se sitúan los analfabetos, los analfabetos funcionales y los que se quedaron en preescolar o infantil y no llegaron a ingresar en los cursos de la educación obligatoria. A continuación, en una segunda categoría, se engloban todos aquellos que superaron las enseñanzas de primer grado —que, dependiendo de la ley educativa, será la primera etapa de la Educación General Obligatoria (EGB), ingreso o primaria— o, lo que es lo mismo, que estudiaron al menos hasta los 10 años. La tercera categoría abarca aquellos que completaron las enseñanzas del primer ciclo del segundo grado (segunda etapa de la EGB, cuarto de bachiller, graduado escolar, auxiliar administrativo, etc.); estudiaron al menos hasta los 14 años. La cuarta categoría recoge a los que completaron las enseñanzas del segundo ciclo del segundo grado (BUP, COU, FP1, FP2, PREU, bachiller superior, acceso a la universidad, escuela de idiomas, etc.). La quinta y la sexta categoría abarcan respectivamente el primer ciclo y el

segundo ciclo de las enseñanzas universitarias. Finalmente, en el otro extremo, se sitúan quienes han alcanzado el grado de doctor. Esta variable se introdujo en el modelo como variable ordinal. En esta muestra, casi el 80% de la población adulta tiene estudios de bachillerato (véase la tabla 10), pero es importante no olvidar que España cuenta con una población de 46 millones de habitantes, y que detrás de ese porcentaje de personas que no tienen estudios (8,7%) o solo han alcanzado el primer grado (12,6%), algo más del 20% de la población española, hay casi 10 millones de adultos.

EL INTERÉS POR LA CIENCIA

Muchas personas sienten curiosidad por la ciencia, pero pocas desarrollan un interés posterior y menos aún lo sostienen en el tiempo. No obstante, el interés es un elemento importante de cara al nivel de alfabetización científica. Las personas con intereses relacionados con la ciencia y la tecnología tienden a consumir información sobre estos temas y, como consecuencia, a tener más conocimientos. Gran parte de los estudios y publicaciones en el campo de la comprensión social de la ciencia han estado focalizadas en el estudio de la relación entre el conocimiento científico, el interés y las actitudes hacia la ciencia. En el informe *Public Understanding of Science* de la Royal Society (1985) se destaca que la mayoría de las encuestas realizadas a la población adulta que se estaban haciendo en ese momento sobre percepción social de la ciencia se centraban principalmente en medir el interés y las actitudes. Desde que Ronald C. Davis concluyera en el informe *The Public Impact of Science in the Media* que aquellas personas más informadas mostraban un mayor interés en cuestiones científicas (Davis, 1958), la relación entre interés y conocimientos ha sido objeto de atención en el campo. Aunque la relación entre el conocimiento científico y la

percepción social de la ciencia no se ha podido establecer con claridad (Muñoz van den Eynde, 2014), hay evidencias en la literatura de la influencia del interés en la formación de la imagen de la ciencia (Muñoz van den Eynde *et al.*, 2017), y por eso el interés en la ciencia y la tecnología se ha incluido en el modelo.

En la muestra, el 40% de los encuestados afirmaron estar bastante o muy interesados en cuestiones científicas. La variable "Interés en la CyT" es una variable dicotómica donde "1" significa estar bastante o muy interesado en la ciencia y "0", estar algo, poco o nada. Se ha introducido en el modelo como variable continua.

LA APROPIACIÓN DE LA CIENCIA

Para Montaña Cámara Hurtado y José Antonio López Cerezo (2008), la cultura científica no solo consiste en el enriquecimiento cognitivo del individuo, sino también en el reajuste de su sistema de creencias y actitudes, y especialmente en la generación de disposiciones al comportamiento, basadas en información científica, tanto en situaciones ordinarias de la vida como en situaciones extraordinarias. De acuerdo con su visión (López Cerezo y Cámara Hurtado, 2005, 2009), la cultura científica está conformada por aquello que el individuo incorpora a través de la apropiación de contenidos científicos y metacientíficos, 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 apropiación, el sujeto desempeña un papel activo, no es un sujeto entendido como un mero receptor de los elementos cognitivos, sino que estos deben integrarse en el sistema de creencias y actitudes previas en el individuo. Los cambios comportamentales en el individuo son consecuencia de una recepción significativa.

Para medir la apropiación, se han desarrollado y utilizado diferentes indicadores. Así lo ha hecho FECYT en todas

sus encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología, y también López Cerezo y Cámara Hurtado (2005, 2007, 2009), Cámara Hurtado y López Cerezo (2012) o Polino (2015). El más reciente ha sido el denominado “escala de apropiación” (Montaña Cámara, Laspra y López Cerezo, 2017). En el cuestionario de la última encuesta de FECYT, se incorporó una pregunta en la que se situaba a los encuestados ante tres escenarios cotidianos, hipotéticos, y se les pedía que para cada caso escogieran entre dos cursos de acción. La pregunta es la siguiente:

A continuación, le presento una serie de situaciones que las personas pueden enfrentar a lo largo de su vida y una lista de dos opciones de respuestas. De entre ellas, por favor, dígame cuál refleja mejor su reacción ante dicha situación.

- Situación 1: Ha dejado de funcionar un aparato y no está en garantía.
 - Opción A: Intento arreglarlo por mi cuenta, leyendo el manual o buscando información.
 - Opción B: Llamo al técnico, lo llevo a reparar o compro otro.
- Situación 2: Se ha enterado de que hay un ingrediente controvertido en un alimento que consume habitualmente.
 - Opción A: Dejo de comprarlo o lo sustituyo por otro similar.
 - Opción B: Me informo sobre la controversia para decidir qué hacer al respecto.
- Situación 3: Se ha enterado de un medicamento nuevo del que dicen que es más efectivo.
 - Opción A: Consulto al médico o al farmacéutico, me intereso por los efectos secundarios e interacciones.
 - Opción B: No me complico, prefiero utilizar medicamentos que conozco.

La escala de apropiación se basa en las respuestas a estas preguntas. La variable “Apropiación” contempla cuatro grados

de apropiación: el grado más alto (3) recoge a todos los encuestados que han seleccionado la opción A en la situación 1, la opción B en la situación 2 y la opción A en la situación 3. El grado inmediatamente inferior (2) recoge a los encuestados que han seleccionado al menos dos de las opciones indicadas, el siguiente grado (1) recoge a los encuestados que han seleccionado al menos una de las opciones indicadas. Los encuestados que no han seleccionado ninguna de las opciones indicadas se sitúan en el grado más bajo (0). De acuerdo con esta clasificación, casi el 20% de los encuestados mostró tener una alta apropiación (véase tabla 10). La variable “Apropiación” se ha introducido en el modelo como una variable continua con cuatro categorías.

EL USO DE FUENTES DE INFORMACIÓN

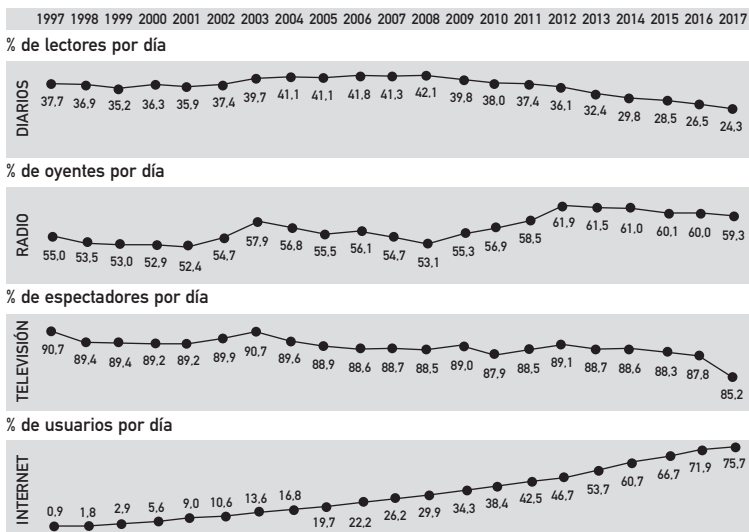
El análisis del uso de distintas fuentes de información muestra un claro incremento del uso de internet al tiempo que un paulatino descenso de las fuentes de información tradicionales —prensa, televisión y radio—. El gráfico 2 con los datos de la Encuesta General de Medios⁹ proporciona evidencias de este cambio. En España, entre 1997 y 2017, el volumen de usuarios de internet ha pasado de ser del 0,9% a ser del 75,7%, de unos 360.000 usuarios en 1997 a 34.500.000 en 2017. A lo largo de esos mismos veinte años, los lectores de periódicos han pasado del 37,7% al 24,3%; y los espectadores de televisión han pasado del 90,7% al 85,2%. Los oyentes de radio parecen ser los únicos a los que el auge de internet

9. 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. Los datos están disponibles en www.aimc.es

no ha afectado. No obstante, la disminución de lectores o de espectadores no significa necesariamente que haya habido un descenso en el consumo de contenidos. Más que sustituir a la televisión o la prensa escrita, internet ha absorbido estos formatos y muchas personas leen el periódico, ven la tele o escuchan la radio a través de internet.

GRÁFICO 2

EVOLUCIÓN DE LA PENETRACIÓN POR MEDIO



Fuente: EGM, resumen general febrero a noviembre de 2017.

El cambio en el uso de las fuentes de información va acompañado de cambios en las pautas de adquisición de la información. Jon Miller describe este fenómeno como el tránsito de un modelo en el que la información está previamente almacenada en la cabeza de los individuos y estos recurren a ella cuando la necesitan, a un modelo en el que la información no se almacena sino que se busca y se adquiere cuando se necesita. Desde su perspectiva, las sociedades modernas

se están moviendo de un sistema de almacenamiento de la información hacia un sistema *just-in-time* de adquisición de la información (Miller, 2014). Según el modelo de almacenamiento, las personas adquieren información básica muy diversa, principalmente a través de la enseñanza formal; esta información queda compilada en su almacén mental y más adelante puede ser ampliada mediante otros canales, principalmente a través de los medios de comunicación tradicionales. Este es, de acuerdo con el autor, el que durante siglos ha sido el modelo de aprendizaje humano.

Pero este modelo está cambiando, la aparición de internet y el desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han tenido un impacto estructural en los patrones de adquisición de la información. Internet ha hecho posible el acceso ilimitado e inmediato a toda la información, y tener la información almacenada en la cabeza ya no parece algo tan necesario. De hecho, los conocimientos que se adquieren durante la enseñanza formal no son suficientes para comprender y dar sentido a muchos asuntos públicos actuales. Cualquier adulto de entre 30 y 40 años recordará haber estudiado en clase cuál es la composición de una célula y tendrá al menos una ligera idea de lo que es el Ácido Desoxirribonucleico o ADN y del papel que desempeñan los cromosomas. Para muchos propósitos, este es un nivel de comprensión útil y suficiente, pero claramente insuficiente para entender, por ejemplo, en qué consiste la edición de genes a través de CRISPR; saber por qué un tomate es transgénico y otro no o comprender el debate sobre la investigación con células madre. Las personas necesitan la información aquí y ahora, la necesitan para cosas cotidianas como saber el horario de apertura de una tienda o cómo llegar a la gasolinera más cercana, necesitan saber el significado de una palabra, o su traducción, necesitan una receta de cocina, saber la dosis adecuada de un medicamento, el tiempo en Londres...

y quieren esta información justo cuando la necesitan. La adquisición de información científica sigue un patrón similar: un descubrimiento científico, el lanzamiento de un cohete, el anuncio de un eclipse, un diagnóstico de cáncer, un embargo o una alerta sanitaria despiertan la necesidad de buscar más información sobre el tema. El término *just-in-time* remite originalmente a una estrategia de organización de la producción basada en producir bajo demanda, lo que permite reducir el inventario de productos, el coste de la gestión y las pérdidas en los almacenes. Miller (2014) utiliza este concepto para describir un patrón en el que los individuos buscan y adquieren información cuando la necesitan. Lógicamente, dejan de buscarla cuando ya no necesitan más, bien porque su curiosidad ha quedado satisfecha, bien porque consideran que la información adquirida es suficiente para resolver el asunto que les impulsó a buscarla, o bien porque la búsqueda de más información o la comprensión de dicha información alcanza un nivel de dificultad superior al esfuerzo que el individuo está dispuesto a emplear.

Toda la información sobre desarrollos e innovaciones científicas que llega a los ciudadanos lo hace principalmente a través de los medios de comunicación. En su análisis de los modos de difusión del conocimiento científico en los medios de comunicación españoles, Carolina Moreno Castro destaca la escasa atención que los medios dedican a la ciencia. La ciencia, señala la autora, tiende a presentarse en los medios como un espectáculo, como un adorno o incluso vinculada a la ciencia ficción (Moreno Castro, 2010). Respecto a la prensa, la mayoría de las noticias científicas aparecen una única vez y luego desaparecen, no hay continuidad ni seguimiento de la noticia; y en la prensa digital española, la cobertura de la ciencia apenas alcanza el 7% (Groves, Figuerola y Quintanilla, 2016). En lo que concierne a la televisión, los canales de televisión generalistas no tienen interés en emitir

contenidos científicos, y cuando lo hacen, siguen modelos de difusión alejados de la transmisión de conocimiento científico. Los informativos de las televisiones españolas desatienden temas relacionados con la vida de los ciudadanos como el medioambiente, la salud, la ciencia, el consumo o incluso la cultura, y dedican buena parte del espacio a la actualidad política, a los sucesos y a los deportes. Finalmente, en el caso de la radio, la información científica que se transmite tiende a ser breve y concisa, ofreciendo datos principales, sin espacio para la reflexión sobre las repercusiones o consecuencias. En sus conclusiones señala que “la construcción periodística que se difunde del conocimiento científico se aleja de este y en ocasiones propicia más desconocimiento que conocimiento. Se fantasea con la ciencia en exceso y se utiliza terminología poco precisa y exacta. Una pieza de ciencia es considerada como una nota de color en los diarios o en los informativos de televisión para finalizar el espacio o para amenizar los contenidos” (Moreno Castro, 2010: 129).

Veinte años de datos sobre el uso de distintas fuentes de información muestran un descenso en el uso de los medios tradicionales. Paralelamente, ha tenido lugar un importante incremento del equipamiento y el uso de las TIC en los hogares. De acuerdo con los datos de la encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares del INE, en 2017, el 83,4% de los hogares cuentan con conexión a internet y el 80% de españoles usan internet al menos una vez por semana. Los ordenadores e internet han pasado a formar parte de la vida moderna. Si la percepción de Miller es acertada y realmente estamos en las primeras etapas del tránsito hacia un modelo *just-in-time* de adquisición de información (2014), en los años venideros continuaremos asistiendo al incremento en el uso de internet, así como a una reestructuración de los medios de comunicación tradicionales. No obstante, las personas no obtienen

información de una única fuente. La información disponible es aquella proporcionada por numerosos agentes. A la prensa, la televisión, la radio e internet se suman todas aquellas fuentes de información que son muy difíciles de rastrear pero no por ello dejan de ser importantes para el individuo: la familia, los amigos, el sistema educativo, el entorno laboral, el médico, las aficiones y otras fuentes como ONG, museos, organismos e instituciones, plataformas ciudadanas, etc. La última encuesta de FECYT incluye una pregunta que concierne al uso de distintos medios de comunicación para informarse sobre temas de ciencia y tecnología; por ello, las variables relacionadas con los medios de comunicación se han realizado sobre la base de los datos proporcionados por esta pregunta.

Respecto a las variables relacionadas con el uso de diferentes medios de comunicación para informarse sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología, se han incluido cuatro: "Televisión", "Radio", "Prensa" e "Internet". La variable "Televisión" es una variable dicotómica que distingue entre aquellos que utilizan la televisión para informarse sobre temas de ciencia y tecnología, en esta muestra es el 71% (tabla 10), y aquellos que no se informan a través de la televisión. La variable "Radio" es una variable dicotómica que distingue entre aquellos que utilizan la radio para informarse sobre temas de ciencia y tecnología, en esta muestra el 27% (tabla 10), y aquellos que no se informan a través de la radio. La variable "Prensa" es una variable dicotómica que distingue entre aquellos que utilizan la prensa escrita para informarse sobre temas de ciencia y tecnología y aquellos que no. En esta muestra, el 30% (tabla 10) se informa sobre temas de ciencia y tecnología a través de la prensa, un porcentaje bastante alto teniendo en cuenta la escasa atención que los medios impresos suelen dedicar a estos asuntos. La variable "Internet" es una variable dicotómica que distingue entre

aquellos que utilizan internet para informarse sobre temas de ciencia y tecnología, el 58% (tabla 10), y aquellos que no. Todas estas variables se han introducido en el modelo como continuas.

MUSEOS

En este contexto donde los medios de comunicación proporcionan gran parte de la información científica actual, los museos de ciencia e historia natural y otras instituciones de enseñanza no formal hacen un gran esfuerzo por mantener su estatus como espacios de transmisión de contenidos científicos. Estas entidades museísticas han sido estudiadas por la museología, pero también por otros campos como la comunicación de la ciencia y la enseñanza de la ciencia. Esto ha provocado que estas entidades hayan sido concebidas bien como instituciones museísticas particulares, bien como herramientas de formación, bien como medios de comunicación. Pese a la confluencia de disciplinas en un mismo foco de interés, en escasas ocasiones las funciones de los museos de ciencia y entidades similares han sido 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. A esto se le añade que 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 oriundos de otras disciplinas cuyos intereses han recalado en estos espacios.

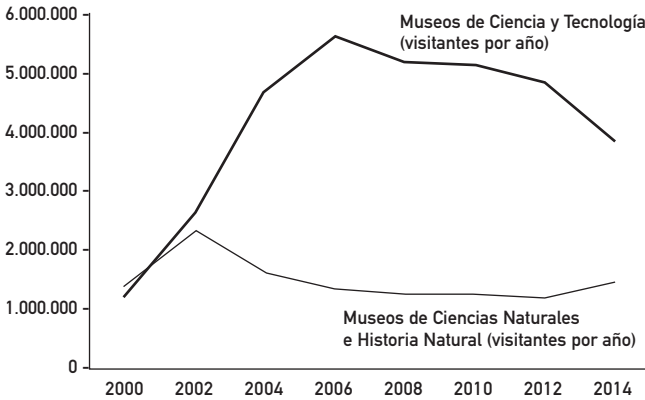
No es frecuente encontrar en la literatura museográfica una historia o relato del papel que los museos de ciencia y tecnología han desempeñado en el fomento de la alfabetización científica. Tampoco es habitual encontrar en los estudios centrados en la cultura científica un análisis de las prácticas de comunicación de la ciencia o de la enseñanza de la ciencia en el contexto de estas entidades. Esto contrasta con el hecho de que la mayoría de los museos o centros de ciencia hagan hincapié en su compromiso con el fomento de una mayor y mejor comprensión social de la ciencia; algunos hablan de fomentar la cultura científica y tecnológica, otros de potenciar su divulgación, también de popularizar la ciencia y mejorar la educación científica e incorporar la ciencia a la 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 ciencia¹⁰, son una muestra a nivel internacional de este compromiso. Los museos de ciencia españoles también han incorporado a sus objetivos la promoción de la cultura científica. Por ejemplo, el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología¹¹ (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 a conservar y poner en valor el patrimonio histórico de la ciencia y la tecnología.

10. 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 (Ebsite), 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.

11. www.muncyt.es

Prácticamente todos los cuestionarios de los estudios que miden la comprensión pública o la percepción social de la ciencia incluyen la pregunta “¿ha visitado un museo de ciencia en los últimos doce meses?”. 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 relacionado con el interés por cuestiones científicas o tecnológicas. Pero las cifras no son alentadoras (véase el gráfico 3). Las cifras de visitantes a los museos de ciencia y tecnología alcanzaron su cénit en 2006, con más de 5 millones y medio de visitantes, mientras que en 2014 la cifra ha caído por debajo de los 4 millones, que suponen un 8% de la población total. También en el 2014, el volumen de visitantes a museos de ciencias naturales e historia natural apenas alcanzó el millón y medio, el 3% de la población.

GRÁFICO 3
CIFRAS DE VISITANTES POR TIPO DE MUSEO



Fuente: EMCM, series bienales 2000-2014.

TABLA 6

PORCENTAJE DE PERSONAS POR NÚMERO DE VISITAS
A MUSEOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, ZOOS O ACUARIOS,
PARQUES NATURALES Y ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS,
ACUDIR A ALGUNA ACTIVIDAD DE LA SEMANA DE LA CIENCIA

NÚMERO DE VISITAS EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES	PORCENTAJE DE PERSONAS (%)
0	46,9
1	11,4
2	11,4
3	7,6
4	5,3
5	8,1
6	3,0
7	2,2
8	1,2
9	0,7
10	2,1
Total	100

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

De acuerdo con los datos de FECYT, el 12,8% de los encuestados visitó al menos una vez en los últimos 12 meses un museo de ciencia y tecnología. Teniendo en cuenta que FECYT no discrimina entre museos de ciencia y tecnología y museos de ciencias naturales e historia natural, como sí hace la EMCM¹², el porcentaje de FECYT se acerca bastante al de

12. La Estadística de Museos y Colecciones Museográficas (EMCM) es una investigación bienal que se realiza desde el año 2000. 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. 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 vivientes, tales como jardines botánicos y zoológicos, los acuarios o los viveros, las

la EMCM —12,8% y 11%, respectivamente—. El 20,9% visitó al menos una vez en los últimos 12 meses un zoo o acuario; el 43,4%, un parque natural, y el 5,3% afirmó haber asistido a alguna actividad de la Semana de la Ciencia. De media, cada español visita estas entidades entre una y dos veces al año. La variable “Museos” es una medida de 0 a 10 basada en el número de visitas a las entidades mencionadas que cada individuo ha afirmado realizar durante los últimos 12 meses. La frecuencia se ha limitado a 10 visitas por año con el objetivo de reducir el efecto de los valores atípicos en el análisis. Se ha introducido en el modelo como una variable continua. Aunque el porcentaje de españoles que visitan estas entidades se recoge en la tabla 10, el 53%, en la tabla 6 se muestra la variable tal y como se ha introducido en el modelo.

CREENCIAS RELIGIOSAS Y PSEUDOCIENTÍFICAS

Según la definición de alfabetización científica de Jon Miller (1983), los requisitos para caracterizar a una persona como científicamente alfabetizada incluyen, entre otros, el rechazo de la astrología como disciplina científica. La idea sobre la que descansa este requisito es que un nivel alto de alfabetización científica es incompatible con prácticas pseudocientíficas, es decir, que un nivel alto de alfabetización científica debería proporcionar cierta inmunidad contra la superstición. No obstante, existen indicios que apuntan a que esta incompatibilidad no es tal, y algunos individuos con altos niveles de alfabetización científica mantienen creencias pseudocientíficas. Algunos autores, como Nick Allum y Paul Stoneman (2012), explican esta convivencia apelando a la insuficiencia de las herramientas disponibles para medir este

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.

tipo de prácticas. Otros, como Martin Bauer o John Durant (1997), han propuesto explicaciones de corte sociológico en las que el papel de la astrología en la sociedad es entendido como parte del tejido moral de la sociedad moderna más que de la alfabetización científica en sí.

El cuestionario de FECYT incluía una pregunta cuyo objetivo era el de obtener información sobre el nivel de penetración de las creencias pseudocientíficas en la sociedad española. A los encuestados se les pedía que indicaran en qué medida se identificaban con una serie de afirmaciones: 1) creo en los fenómenos paranormales, 2) la acupuntura funciona, 3) sucede lo que pronostican los horóscopos, 4) los productos homeopáticos son efectivos, 5) confío en los curanderos, y 6) hay números y cosas que dan suerte. La variable "Pseudociencia" es un índice del grado de creencia en las pseudociencias que se ha creado a partir de las respuestas a estas preguntas. Para crear este índice se realizó un análisis factorial confirmatorio¹³ sobre los seis ítems mencionados. El análisis factorial confirmatorio mostró que los seis factores compartían un factor causal común, es decir, están influenciadas por el mismo constructo subyacente, en este caso, las creencias pseudocientíficas. Los factores de carga pueden verse en la tabla 7.

Los datos de la tabla muestran que las personas con alto grado de creencias pseudocientíficas tienden a creer en curanderos, fenómenos paranormales, horóscopos y números

13. El análisis factorial confirmatorio es una técnica que permite poner a prueba hipótesis sobre la relación entre distintas variables. El grado de creencias pseudocientíficas de un individuo no es algo que se pueda preguntar directamente en una encuesta, la creencia en las pseudociencias es una variable no observable —o variable latente— que se mide mediante la correlación entre las variables mencionadas, que sí son variables observadas. En este caso, la hipótesis subyacente es que las personas con fuertes creencias pseudocientíficas se sienten identificadas con las afirmaciones propuestas. Esta técnica permite examinar las correlaciones entre todos los ítems e identificar los factores con correlaciones más altas. Para realizar el análisis factorial confirmatorio se ha utilizado LISREL 8.8 (Jöreskog y Sörbom, 1993).

y cosas de la suerte. La creencia en las virtudes de la acupuntura y en la eficacia de los productos homeopáticos no son ítems tan indicativos como los otros factores de un nivel alto de creencias pseudocientíficas. Esto no quiere decir que estos dos factores no sean indicativos de la existencia de creencias pseudocientíficas —sus factores de carga, 0,42 y 0,48, son significativamente altos—, sino que lo son, pero en menor medida que los otros.

TABLA 7

CARGAS FACTORIALES DEL ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO

FACTOR	CARGA FACTORIAL
Creo en los fenómenos paranormales	0,69
La acupuntura funciona	0,42
Sucede lo que pronostican los horóscopos	0,66
Los productos homeopáticos son efectivos	0,48
Confío en los curanderos	0,70
Hay números y cosas que dan suerte	0,65

Nota: Chi cuadrado = 91,02. Grados de libertad = 7. Valor P = 0,00000. Raíz cuadrada del error de aproximación = 0,048. Tamaño de la muestra = 5,276 (el tamaño de la muestra, 5,276, es diferente de la muestra total, 6,357, porque para realizar el análisis factorial confirmatorio sobre estos ítems no se introdujeron las opciones de respuestas "No sabe" o "No contesta").

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

La carga factorial de los ítems se puede utilizar para construir una escala, en este caso de 0 a 6¹⁴, donde 0 representa un grado nulo o muy bajo de creencias pseudocientíficas y 6 un grado alto o muy alto de creencias pseudocientíficas (tabla 8). La variable "Pseudociencias" se ha introducido en el modelo como una variable continua.

En España, el 66,7% se declara católico, sea prácticamente o no, o creyente de alguna otra religión; el 33,3% se declara agnóstico o ateo; y es un dato que hay que tener en

14. El factor de carga de cada ítem se ha multiplicado por su valor z, produciendo un puntaje de factor. Este puntaje ha sido recalibrado en una métrica de cero a 10 y truncado a 6 para minimizar el efecto de los valores atípicos en el modelo.

cuenta el hecho de que el 12,2% confíe en la Iglesia para mantenerse informado sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología. La presencia de creencias religiosas y la confianza en la Iglesia se han combinado para crear la variable "Religión". Esta variable contempla tres categorías que van desde aquellos que se declaran agnósticos o ateos y no confían o confían muy poco en la Iglesia para tratar cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (1), a aquellos que se declaran creyentes y además confían bastante o mucho en la Iglesia para tratar cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (3). La variable "Religión" se ha introducido en el modelo como ordinal.

TABLA 8

PORCENTAJE DE ENCUESTADOS POR GRADO DE CREENCIA EN LAS PSEUDOCIENCIAS

GRADO DE CREENCIA EN LAS PSEUDOCIENCIAS	PORCENTAJE DE PERSONAS (%)
0	17,9
1	23,6
2	19,9
3	15,1
4	9,7
5	7,0
6	6,7

Tamaño de la muestra = 5.275

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

El formato que utiliza FECYT en esta última encuesta para medir el nivel de alfabetización científica no permite utilizar la teoría de respuesta al ítem para computar el índice de alfabetización científica. Es importante tener esto en cuenta a la

hora de interpretar los resultados. Sería más difícil obtener una puntuación alta si la variable se hubiera construido siguiendo la misma metodología que emplea Miller para calcular el índice de alfabetización científica, ya que hubiera sido posible tener en cuenta el grado de dificultad de las preguntas y la posibilidad de acertar la respuesta por azar. La variable "Alfabetización científica" se ha construido sobre la base del número de respuestas acertadas, y es por lo tanto un indicador bastante rudimentario del nivel de alfabetización científica de la población española. En este modelo, la variable "Alfabetización científica" es una variable continua que refleja el porcentaje de personas en función del número de aciertos. "0" significa que ninguna pregunta se ha contestado correctamente y "6", que todas las preguntas han sido contestadas correctamente (tabla 9). Pese a las limitaciones del indicador, es un dato alentador el hecho de que la mitad de la población responda correctamente al menos a cuatro de las seis preguntas, entre las cuales la pregunta por la eficacia de los antibióticos contra las bacterias es la que más fallos acumula. Si esto fuera un examen, en una escala de 0 a 10, los españoles sacarían un 7,5, notable.

TABLA 9
**PORCENTAJE DE PERSONAS EN FUNCIÓN
 DEL NÚMERO DE ACIERTOS**

NÚMERO DE PREGUNTAS ACERTADAS	PORCENTAJE DE PERSONAS (%)
0	0,1
1	1,8
2	5,3
3	10,8
4	21,0
5	34,8
6	26,1

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

Como la alfabetización científica ya se ha abordado ampliamente en la primera parte, a continuación se presenta una tabla en la que se muestran todas las variables que se introdujeron en el modelo seguidas del propio modelo.

TABLA 10
RESUMEN DE VARIABLES INTRODUCIDAS EN EL MODELO

VARIABLE	CATEGORÍAS	PORCENTAJE (%)
Sexo	Hombre	47,1
	Mujer	52,9
Edad	De 15 a 24	16,5
	De 25 a 34	20,1
	De 35 a 44	19,1
	De 45 a 54	15,7
	De 55 a 64	13,1
	De 65 y mayores de 65	15,4
Estudios	Sin estudios	8,7
	Primer grado	12,6
	Segundo grado (1º ciclo)	27,3
	Segundo grado (2º ciclo)	30,6
	Enseñanza universitaria (1º ciclo)	8,3
	Enseñanza universitaria (2º ciclo)	11,5
	Enseñanza universitaria (doctorado)	1,1
Menores de 15 años	Ninguno en el hogar	72,6
	Al menos uno en el hogar	27,4
Interés en la ciencia y la tecnología	Bajo o nulo interés	59,8
	Alto o muy alto	40,2
Nivel de apropiación activa de la ciencia	Nula	13,2
	Baja	27,9
	Moderada	39,1
	Alta	19,8
Televisión	No se informa a través de la TV	28,8
	Sí se informa a través de la TV	71,2

TABLA 10

RESUMEN DE VARIABLES INTRODUCIDAS EN EL MODELO (CONT.)

VARIABLE	CATEGORÍAS	PORCENTAJE (%)
Radio	No se informa a través de la radio	72,9
	Sí se informa a través de la radio	27,1
Prensa	No se informa a través de la prensa	72,9
	Sí se informa a través de la prensa	27,9
Internet	No se informa a través de internet	42,2
	Sí se informa a través de internet	57,8
Museos	Ha ido al menos una vez	53,1
Creencia en la pseudociencia	Baja o nula	41,5
	Moderada	44,7
	Alta o muy alta	13,7
Religiosidad	Baja o nula	32,8
	Media	55,1
	Alta o muy alta	12,1

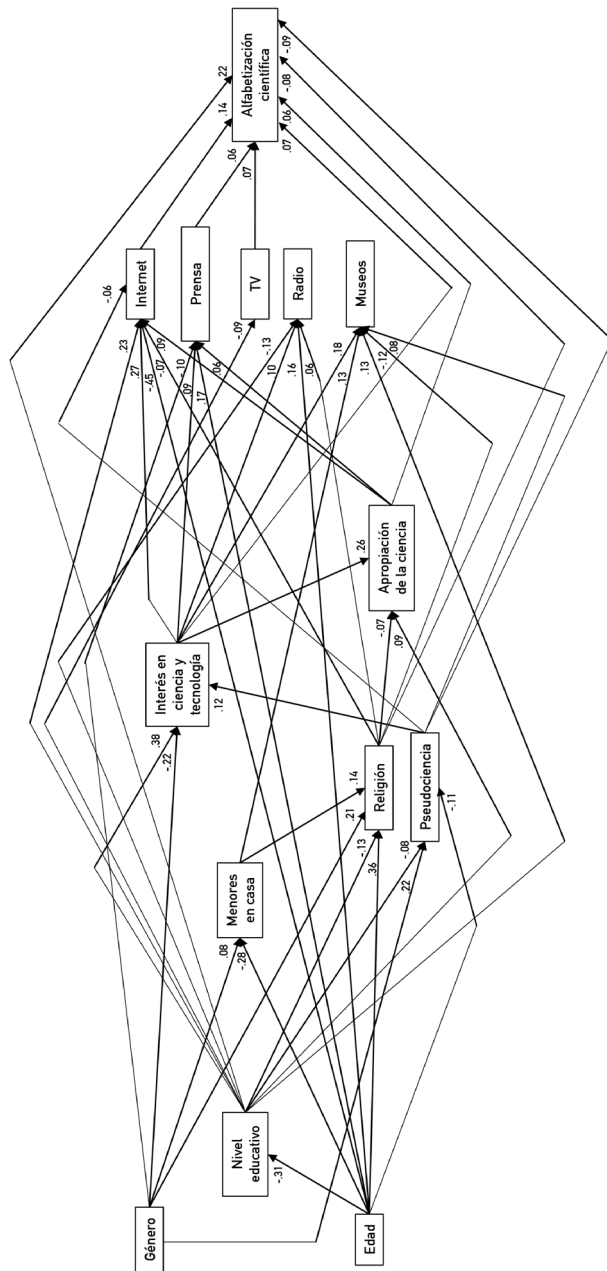
Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

RESULTADOS

El modelo de pautas que puede verse en el gráfico 4 muestra cada uno de los factores que se han introducido en el modelo y las relaciones causales entre ellos. La existencia de una línea entre dos factores significa que existe un efecto de la primera variable sobre la segunda, la inexistencia de línea significa que no hay efecto. Los números¹⁵ muestran la magnitud de ese efecto. Una cifra positiva significa que la relación entre las variables es positiva, y un signo negativo que

15. Los números son coeficientes de pautas. Básicamente, un coeficiente de pauta es una relación parcial entre dos variables, manteniendo constantes todas las variables anteriores a ella en el modelo (Hayduk, 1987; Jöreskog y Sörbom, 1993). Pérez, Medrano y Sánchez Rosas (2013) proporcionan una buena introducción a los modelos de pautas.

GRÁFICO 4
 MODELO DE PAUTAS QUE REFLEJA LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA



Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

la relación es negativa. La tabla 11 recoge los efectos totales de cada variable en la variable de salida, en este caso, la alfabetización científica¹⁶. Exploremos estos resultados más detenidamente.

El nivel de estudios (0,32) es, con creces, el factor que más efecto tiene en el nivel de alfabetización científica. Las personas que alcanzan niveles educativos más altos tienden a responder correctamente a más preguntas. Si las preguntas de alfabetización científica que se han utilizado fueran un examen de conocimientos científicos, las personas sin estudios o solo con estudios primarios sacarían un 6, las personas con educación media un 7, los universitarios un 8 y los doctores un 9.

El nivel educativo tiene un efecto directo en el nivel de alfabetización científica (0,22); las personas con mayor nivel educativo tienden a mostrarse más interesadas en la ciencia (0,38), a mostrar un mayor grado de apropiación de la ciencia (0,09) y a visitar museos de ciencia y tecnología y entidades similares (0,13). Tienden a informarse sobre ciencia y tecnología a través de internet (0,23) y menos a través de medios tradicionales como la televisión (-0,09) o la radio (-0,13). El modelo muestra coeficientes negativos entre la educación y las creencias religiosas (-0,13) o pseudocientíficas (-0,08), es decir, las personas con mayor nivel educativo tienden a ser menos religiosas y la educación parece funcionar también como una suerte de vacuna contra la proliferación de creencias pseudocientíficas.

16. El efecto total de cada variable se calcula sumando el producto de los factores de pauta. Por ejemplo, el efecto total de la apropiación es 0,08. De la apropiación a la alfabetización científica hay tres caminos, cada uno con su coeficiente: (a) Apropiación – Internet (0,09) – Alfabetización científica (0,14). $0,09 \cdot 0,14 = 0,126$. (b) Apropiación – Prensa (0,06) – Alfabetización científica (0,06). $0,06 \cdot 0,06 = 0,0036$. (c) Apropiación – Alfabetización científica (0,06). $0,126 + 0,0036 + 0,06 = 0,08$ (en realidad es igual a 0,0762, pero el programa arroja 0,08 porque los cálculos se han hecho sobre números con solo dos decimales).

TABLA 11

EFFECTO TOTAL DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS
SOBRE LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

	EFFECTO TOTAL*
Sexo	-0.07 (0,01)
Edad	-0.17 (0,02)
Nivel de estudios	0.32 (0,03)
Presencia de menores en casa	-0.01 (0,00)
Religión	-0.10 (0,02)
Pseudociencia	-0.08 (0,02)
Interés en ciencia y tecnología	0.13 (0,02)
Apropiación de la ciencia	0.08 (0,02)
Informarse sobre CyT a través de la TV	0.07 (0,02)
Informarse sobre CyT a través de la radio	-
Informarse sobre CyT a través de la prensa	0.06 (0,02)
Informarse sobre CyT a través de internet	0.14 (0,03)
Visitas a museos de ciencia y tecnología	-
R ²	0.18
Tamaño de la muestra	5.016

* El error estándar se indica entre paréntesis.
Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

TABLA 12

CALIFICACIONES DE LAS PERSONAS EN UN HIPOTÉTICO EXAMEN
DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS SEGÚN SU NIVEL EDUCATIVO.
LA ESCALA ES DE 0 A 10

NIVEL DE ESTUDIOS	CALIFICACIÓN
Sin estudios	6,1
Primer grado	6,6
Segundo grado (1º ciclo)	7,3
Segundo grado (2º ciclo)	8
Enseñanza universitaria (1º ciclo)	8,5
Enseñanza universitaria (2º ciclo)	8,5
Enseñanza universitaria (doctorado)	9

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

El interés en asuntos de ciencia y tecnología tiene un efecto positivo en el nivel de alfabetización científica (0,13). El modelo muestra que las personas con mayor interés en temas relacionados con la ciencia y la tecnología tienen más nivel de alfabetización científica. El interés en ciencia y tecnología es además un factor que tiene una significativa incidencia en el uso de distintas fuentes para mantenerse informado sobre estos temas. Las personas interesadas tienden a informarse sobre todo a través de internet (0,27), pero también a través de la radio (0,10) y la prensa (0,09). El modelo no muestra una línea entre el interés y la televisión, lo que significa que no hay relación entre el interés en la ciencia y la tecnología y el uso de la televisión para informarse sobre estos temas. El modelo también muestra que las personas interesadas en ciencia y tecnología son más propensas a visitar museos de ciencia y tecnología, zoos, acuarios, parques naturales y a participar en actividades de la Semana de la Ciencia (0,18).

El interés tiene también un significativo efecto en la apropiación de la ciencia (0,26), las personas interesadas tienden a mostrar niveles más altos de apropiación. Por su parte, la apropiación tiene un efecto total en la alfabetización científica de 0,08. El efecto de la apropiación en la cultura científica ya ha sido señalado por Cámara Hurtado, Laspra y López Cerezo (2017), mostrando el impacto positivo de la apropiación en el nivel de alfabetización científica, en la percepción de la utilidad de la formación científico-técnica recibida y en una percepción más compleja del impacto que el desarrollo científico-tecnológico tiene en la sociedad y en la vida de los individuos. En este modelo, el efecto total de la apropiación de la ciencia en la alfabetización científica respalda sus conclusiones y, de hecho, la apropiación de la ciencia incide directamente en la alfabetización científica, como muestra la existencia de una línea que va de una a otra (0,6). Esto significa que aquellas personas que tienden a hacer uso

de conocimientos científicos y tecnológicos en su vida diaria tienen, en general, un mayor nivel de alfabetización científica. El modelo también muestra que estas personas tienden a utilizar la prensa escrita (0,06) e internet (0,09) para mantenerse informadas sobre temas de ciencia y tecnología.

De todos los medios introducidos en el modelo, internet es el que tiene un mayor efecto total en la alfabetización científica (0,14), seguido de la televisión (0,07) y la prensa (0,06). El modelo no muestra efectos totales para la radio y los museos. Estos datos indican que las personas con altos niveles de alfabetización científica que se informan sobre temas de ciencia y tecnología lo hacen principalmente a través de internet y en menor medida a través de la televisión y la prensa. El uso de la radio para informarse y las visitas a los museos de ciencia y tecnología y otras entidades similares no parecen desempeñar un papel importante en el nivel de la alfabetización científica. Parece interesante analizar estos datos con un poco más de atención. Gracias a los datos recogidos por FECYT, sabemos que las personas utilizan internet para informarse sobre asuntos de ciencia y tecnología, el 57% de los españoles, y que utilizan entre tres y cuatro recursos para ello, fundamentalmente redes sociales (75%), vídeos disponibles en páginas como YouTube o similares (62%), medios digitales generalistas (58%) y Wikipedia (57%). En la era digital, internet es un recurso accesible a gran parte de la población. El 84% de los españoles dispone de una conexión a internet y el 75% lo usa diariamente. La ingente cantidad de información sobre ciencia y tecnología disponible en internet —cantidad que se incrementa y actualiza diariamente—, la posibilidad de buscar información específica y la obtención casi inmediata de dicha información hacen de la red un recurso contra el que los formatos tradicionales difícilmente pueden competir. Por eso, no es sorprendente que su efecto total sobre la alfabetización científica sea mayor

que el de los otros medios. Como muestra la tabla 10, el 27% de los españoles utilizan la radio para informarse sobre ciencia y tecnología; sin embargo, el modelo no muestra ningún efecto de la radio en la alfabetización científica. La ausencia de una línea no significa que no exista una relación, sino que la relación no es significativa; es decir, en el marco del modelo, las personas que utilizan la radio para informarse sobre temas de ciencia muestran el mismo nivel de alfabetización científica que aquellas que no la utilizan.

El modelo tampoco muestra una relación entre la frecuencia de visitas a museos de ciencia y tecnología, zoos o acuarios, parques y espacios naturales y de actividades en la Semana de la Ciencia y el nivel de alfabetización científica. Al igual que antes, en el marco del modelo, esto significa que las personas que realizan visitas a museos de ciencia y similares no muestran más nivel de alfabetización científica que aquellas que no los visitan. Comprender este resultado requiere de un examen un poco más minucioso de los factores asociados con las visitas a museos de ciencia y tecnología y demás entidades involucradas en la creación de la variable "Museos". Los principales predictores de esta variable son: el interés por la ciencia y la tecnología (0,18), la presencia de menores en casa (0,13) y el nivel educativo (0,13). Las familias que frecuentan estos espacios de comunicación de la ciencia o recursos no formales de aprendizaje de la ciencia suelen contar con cierto nivel educativo, son en general padres y madres con algún interés en la ciencia y la tecnología que llevan a los niños a estos sitios, quizá con la esperanza de transmitirles parte de ese interés. Los motivos que llevan a una madre a pasar el domingo en un centro de ciencia son los mismos que la llevan a incentivar en sus hijas el consumo de contenidos científicos a través de la lectura, de la televisión o de internet. La existencia de todos estos otros factores deja sin significatividad la influencia de los museos de ciencia y tecnología en la alfabetización

científica. No obstante, esta ausencia se puede entender también como una llamada de atención al rol que estas entidades desempeñan en la sociedad. Los museos de ciencia y entidades de índole similar buscan constantemente un equilibrio entre el aprendizaje y el entretenimiento. La ausencia de una línea entre los museos y la alfabetización científica también puede significar que los esfuerzos se están, quizá, centrandose demasiado en el entretenimiento y no lo suficiente en el aprendizaje (para una revisión del tema, véase Rennie, 2014).

Las creencias religiosas y pseudocientíficas tienen un importante efecto total en el nivel de alfabetización científica, solo que, en este caso, el efecto es negativo. El efecto total de la religión es de $-0,10$, y el de la pseudociencia, de $-0,08$. Esto significa que las personas con creencias religiosas o pseudocientíficas más arraigadas tienden a mostrar un nivel más bajo de alfabetización científica. Ambos tipos de creencias tienen un efecto directo negativo en el nivel de alfabetización científica ($-0,08$ en el caso de la religión y $-0,09$ en el caso de la pseudociencia). El modelo muestra que las personas religiosas tienden a utilizar la radio ($0,06$) y a no utilizar internet ($-0,07$) para informarse sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología; son personas que muestran un nivel más bajo de apropiación de la ciencia ($-0,07$). Las personas con creencias pseudocientíficas también parecen no utilizar internet ($-0,6$) para informarse sobre ciencia y tecnología, sin embargo sí tienden a interesarse por la ciencia y la tecnología ($0,12$) y a visitar museos de ciencia o espacios similares ($0,08$). Ciertamente, la relación entre las creencias pseudocientíficas y las creencias científicas sigue siendo una pregunta de investigación. Al igual que algunos niños son capaces de simultanear la creencia en Santa Claus o en los Reyes Magos con el conocimiento de que los renos no vuelan y los camellos no se desplazan a la velocidad de la luz, los adultos parecen ser capaces de simultanear sus conocimientos

científicos con el uso de las flores de Bach. De acuerdo con Martin Bauer y John Durant (1997), las pseudociencias resultan atractivas para personas con niveles educativos medios; este tipo de creencias, afirman, son producto de una suerte de malestar metafísico que padecen quienes tienen una cierta tendencia a la espiritualidad y no encuentran cobijo en las instituciones religiosas tradicionales. Los autores defienden que las creencias pseudocientíficas, como la creencia en la astrología, no son tanto el resultado de un bajo nivel educativo como una suerte de reacción psico-sociológica adversa a la deshumanización que parece inherente al tejido social actual.

Finalmente, el efecto total del género en el nivel de alfabetización científica es de $-0,07$, y el efecto total de la edad es de $-0,17$. En el marco del modelo, en el caso del género, el coeficiente negativo significa que, en la población española, los hombres son más propensos a alcanzar un mayor nivel de alfabetización científica que las mujeres. En el caso de la edad, el coeficiente negativo significa que los jóvenes son más propensos a alcanzar un mayor nivel de alfabetización científica. Las tablas 13 y 14 muestran la media de preguntas de alfabetización científica acertadas en función de la edad y el género.

TABLA 13

MEDIA DE PREGUNTAS DE ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA ACERTADAS POR FRANJA DE EDAD

EDAD	MEDIA DE PREGUNTAS ACERTADAS
De 15 a 24	4,7
De 25 a 34	4,8
De 35 a 44	4,7
De 45 a 54	4,6
De 55 a 64	4,5
De 65 y mayores de 65	4,0

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

TABLA 14

**MEDIA DE PREGUNTAS DE ALFABETIZACIÓN
CIENTÍFICA ACERTADAS POR GÉNERO**

SEXO	MEDIA DE PREGUNTAS ACERTADAS
Hombre	4,6
Mujer	4,5

Fuente: Elaboración propia sobre datos de FECYT 2016.

Es alentador que el modelo no muestre una línea entre el género y el nivel educativo ya que significa que no hay diferencias de género en la educación. No obstante, el modelo sí muestra algunas diferencias de género. La presencia de menores en el hogar tiene un coeficiente positivo (0,08) lo que significa que en la población española hay más mujeres que hombres conviviendo con menores, quizá un resultado producto de los nuevos modelos familiares. El interés por temas relacionados con la ciencia y la tecnología es menor en el caso de las mujeres (-0,22); ellas muestran también un mayor grado de creencias religiosas (0,21) y pseudocientíficas (0,22). Respecto a la edad, el modelo muestra un coeficiente negativo con el nivel educativo (-0,31), lo que significa que los jóvenes españoles han logrado más nivel educativo que el alcanzado por sus mayores. El coeficiente con la presencia de menores en casa es también negativo (-0,28), lo que indica que las personas de más edad tienden a no convivir con menores, bien porque se emancipan bien porque los menores se hacen mayores. Respecto a los medios para informarse sobre ciencia y tecnología, las personas de más edad parecen preferir la prensa (0,17) y la radio (0,16). Los jóvenes prefieren claramente internet (-0,45). En lo que a las creencias se refiere, los jóvenes tienden a mostrar un mayor nivel de creencias pseudocientíficas (-0,11) mientras que los de mayor edad tienden a mostrar un mayor nivel de creencias religiosas (0,36).

Como último dato, este modelo explica el 18% del total de la covarianza en la alfabetización científica de los españoles. Es un porcentaje bajo, que puede ser debido al modo en que la variable “alfabetización científica” está creada —recordemos que la variable se computó sobre la suma de las preguntas acertadas, lo que resulta un indicador de conocimientos científicos bastante rudimentario—. Seguramente, si se contara con un indicador del nivel de alfabetización científica más adecuado, más cercano a una medida de la capacidad para comprender y dar sentido a nueva información científica, ese porcentaje sería más alto. Otra explicación alternativa apunta a los elementos que se han incluido en el modelo; es posible que los factores que se han escogido no tengan un impacto relevante en el nivel de la alfabetización científica, y por eso la capacidad explicativa del modelo sea baja. Sin embargo, esta explicación es menos plausible ya que utilizando los mismos factores, los modelos de Miller explican alrededor del 70% del nivel de alfabetización científica de la población adulta estadounidense, y una distancia de 50 puntos es demasiado grande como para atribuirlo únicamente a la diferencia en el nivel de alfabetización científica entre los países —o quizá no lo sea y debemos revisar las políticas de enseñanza de la ciencia—. En cualquier caso, es necesario explorar modelos alternativos y seguir investigando.

CONCLUSIONES

La alfabetización científica puede ser entendida de muchas maneras. En este trabajo se han presentado algunas de ellas. Para John Dewey se trataba de una cuestión de actitud, de una forma científica de aproximarse a los problemas. Benjamin Shen la vincula al contexto del individuo y señalaba tres tipos de alfabetización científica, una para el individuo en su rol de consumidor, otra en su papel de ciudadano y una tercera vinculada a la cultura. Jon Miller focaliza su definición de alfabetización científica y los indicadores para medirla en ese carácter cívico que señala Shen, y la entiende como un conjunto de herramientas que permite a las personas adquirir y comprender nueva información científica. Entre finales de los setenta y la década de los ochenta, gran parte del trabajo de Miller se centró en encontrar un modo de medir el nivel de alfabetización científica de la población estadounidense. Inspirándose en Dewey, en Shen, en el estudio *The Public Impact of Science in the Media* y en el documento *Science for all Americans*, Miller desarrolló el indicador de alfabetización

científica como un conjunto de preguntas que medían los conocimientos científicos de los individuos y su familiaridad con el método científico de investigación. Este indicador proporcionaba un modo de evaluar empíricamente el nivel de alfabetización científica y, dada su capacidad para ser traducido y adaptado a otros idiomas y contextos, se convirtió rápidamente en un modo estandarizado de monitorizar la alfabetización científica, utilizándose en los estudios de comprensión social de la ciencia que estaban consolidándose primero en Estados Unidos, posteriormente en Reino Unido y otros países de Europa, y más adelante en Japón, Corea y Latinoamérica.

También ha sido Miller quien ha comenzado a emplear herramientas estadísticas para comprender mejor tanto la alfabetización científica como los elementos de los que se alimenta. Siguiendo su metodología, en este trabajo se ha utilizado un modelo de pautas para analizar la alfabetización científica de la población española. Este modelo es capaz de mostrar la influencia, negativa o positiva, que los elementos seleccionados tienen en el nivel de alfabetización científica. Dado que es posible construir un número indefinido de modelos, es importante que su diseño se sustente sobre un marco teórico y unos presupuestos previos: un conjunto de hipótesis que el modelo permite poner a prueba. No obstante, pese a que el modelo de pautas permite la secuenciación de los elementos incluidos, es un modelo estático, incapaz de captar la naturaleza dinámica de los patrones de adquisición de información científica. Los elementos que se incluyen, las variables, solo pueden ocupar un lugar en el modelo, y esto obliga a que el investigador tenga que tomar decisiones sobre la disposición de las variables y a revisar dichas decisiones en función de los datos sobre la bondad de ajuste del modelo.

La hipótesis de trabajo es que distintos niveles de alfabetización científica responden a distintos patrones de

adquisición de la información científica. El modelo muestra que las personas que alcanzan un nivel de estudios más alto tienden a interesarse más por temas relacionados con la ciencia y la tecnología, y ese interés les incita a buscar información sobre dichos temas, principalmente a través de internet. Como resultado, los individuos incrementan sus conocimientos científicos y muestran un mayor nivel de alfabetización científica. Por los resultados sabemos que, en este relato que va desde el nivel de estudios alcanzado al nivel de alfabetización científica, hay otros elementos que también juegan un papel. Por un lado, la apropiación de la ciencia, que había sido definida como la disposición a hacer uso de los conocimientos científicos en situaciones de la vida diaria, tiene una influencia positiva en la alfabetización científica; el uso de la televisión y la prensa para mantenerse informado sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología también afecta positivamente. Por el contrario, las personas que mantienen creencias religiosas o que creen en la existencia de fenómenos paranormales, la eficacia de productos homeopáticos y la capacidad pronosticadora de la astrología, muestran niveles más bajos de alfabetización científica. El género y la edad también desempeñan un rol. Respecto al género, el nivel de alfabetización científica que las mujeres alcanzan es ligeramente menor que el de los hombres, un resultado vinculado a que es un colectivo que, en el marco del modelo, muestra un interés significativamente más bajo por la ciencia y la tecnología. En lo concerniente a la edad, aunque los años tienen un efecto negativo en el nivel de alfabetización científica, es arriesgado inferir que las personas mayores tienen menos conocimientos científicos que los jóvenes. Recordemos que el indicador del nivel de alfabetización científica incluido en el modelo es bastante rudimentario ya que se construyó sobre las respuestas acertadas a una serie de preguntas que podrían encontrarse en un libro de

texto de una asignatura de ciencias de educación secundaria. Lo que sí se puede concluir es que, frente al mismo examen de conocimientos científicos, las personas con más edad tienden a sacar menos nota que los jóvenes. Aunque la interpretación de los resultados corre a cuenta del investigador y por lo tanto puede ser discutida, los datos plantean interesantes desafíos.

En primer lugar, a pesar de que el género no tenga un importante efecto total en el nivel de alfabetización científica, sí se observan diferencias significativas. Como se acaba de mencionar, los resultados indican que las mujeres muestran menos interés en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología. Es difícil obviar que históricamente, tanto la profesión científica como todo lo relacionado con el desarrollo de la tecnología han estado vinculados a la figura del hombre, mientras que la mujer ha sido un participante invisible y, en general, no se ha alentado la participación de la mujer en la investigación científica. Esto está cambiando y muestra de ello es que en los resultados no se aprecian diferencias de género en el nivel educativo. Aunque en el análisis sí se observan diferencias, pequeñas con relación al cuidado de menores pero más grandes en lo que respecta a las creencias religiosas y pseudocientíficas. Las mujeres son más propensas a mantener creencias religiosas y pseudocientíficas que los hombres.

En segundo lugar, resulta intrigante que, aunque las creencias pseudocientíficas tienen un ligero efecto negativo en el nivel de alfabetización científica y aunque el nivel educativo parece tener un cierto efecto inmunizador contra las creencias pseudocientíficas, la pseudociencia tiene un efecto positivo en el interés por las cuestiones científicas y tecnológicas. En su análisis de la apropiación social de la ciencia de la población española López Cerezo y Montaña Cámara (2005) concluían en línea similar que el interés en la ciencia

y la tecnología, la percepción de la utilidad de la información científica o los usos de esa información en diversos ámbitos prácticos de la vida eran independientes del interés por la astrología y el ocultismo. En cualquier caso, la proliferación de creencias pseudocientíficas es un asunto preocupante. El número de personas que defiende doctrinas como el creacionismo, que respalda el movimiento antivacunación o que abandona tratamientos médicos en favor de medicinas alternativas y productos homeopáticos está alcanzando cifras alarmantes. Enfrentar la propagación de las pseudociencias pasa por dejar de subestimar su impacto tanto en el individuo como en la sociedad y requiere de la realización de estudios que proporcionen una mejor comprensión de las disciplinas pseudocientíficas y de las diferencias entre ellas.

Finalmente, después del nivel de estudios, el uso de internet es el factor que más influencia tiene en el nivel de alfabetización científica. Las personas recurren a la red para informarse sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología. De todas las fuentes de información que se han introducido en el modelo, internet es el único medio que permite un acceso prácticamente inmediato a la información. La prensa, la televisión y la radio, en su versión tradicional, tienen un efecto residual en el nivel de alfabetización científica en comparación con el que tiene internet. No obstante, es patente el esfuerzo de los medios de información tradicionales por adaptarse a los nuevos formatos; la prensa digital, la televisión inteligente y los *podcasts* son un ejemplo de ello. Pese a que los formatos son distintos, no parece haber mucha diferencia entre leer un periódico impreso o leer su versión digital, o entre ver una película en la televisión o reproducirla en el teléfono móvil. Es posible que en un futuro no muy lejano las categorías que utilizamos para clasificar los medios de información tengan que ser revisadas.

Resta decir que la alfabetización científica, entendida como los conocimientos científicos necesarios para comprender y dar sentido a nueva información científica es, como quedaba señalado en la presentación, un elemento más de la cultura científica. Como diría Ortega y Gasset, somos *homo faber*, nuestra naturaleza está impregnada por la ciencia y la tecnología. En las sociedades democráticas postindustriales, la ciencia y la tecnología están presentes en todas las facetas de nuestra vida. Es una idea que, con variaciones, se recoge explícita o implícitamente en toda la literatura sobre la cultura científica. Sabemos que el desarrollo científico y tecnológico ha generado muchos beneficios, para la salud, para la comunicación, para el desplazamiento y, en definitiva, para el bienestar; pero también ha generado riesgos y ha tenido efectos negativos en las mismas esferas, y es esperable que en el futuro se generen más beneficios y más riesgos. Todos tomamos decisiones a diario y, seamos conscientes o no de ello, muchas de esas decisiones entrañan aspectos relacionados con controversias o cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. La cultura científica juega un papel clave en estas decisiones. Como ha señalado Jon Miller, no podemos adivinar qué controversias científicas aparecerán en el futuro y es difícil anticipar qué conocimientos científicos serán necesarios. Por eso, la cultura científica no es solo una cuestión de estar en posesión de un cuerpo básico de conocimientos científicos, es también una cuestión de querer hacer preguntas, de escuchar las respuestas, de ser críticos con la información y escépticos con las fuentes, es estar dispuestos a revisar nuestras propias creencias y actitudes. En cierto modo, ser científicamente culto es intentar dejar un planeta mejor.

ANEXO

MATRIZ DE COVARIANZA Y AJUSTE DEL MODELO

	MENORES	ESTUDIOS	INTERES EN CT	APROPIACION	TV	RADIO	PRENSA
MENORES	0,20						
ESTUDIOS	0,04	2,79					
INTERES EN CT	0,01	0,23	0,24				
APROPIACIÓN	0,02	0,29	0,10	0,87			
TV	0,01	-0,04	0,00	0,00	0,20		
RADIO	0,01	-0,08	0,00	-0,01	0,03	0,20	
PRENSA	-0,01	0,04	0,01	0,03	0,02	0,00	0,21
INTERNET	0,02	0,30	0,07	0,09	0,02	-0,02	-0,01
MUSEOS	0,11	0,96	0,25	0,25	-0,03	0,04	0,01
RELIGIÓN	0,01	-0,20	-0,02	-0,06	0,00	0,02	0,00
PSEUDOCIENCIA	0,03	0,11	0,04	-0,03	0,01	-0,01	-0,01
ALFABETIZACIÓN	0,01	0,66	0,11	0,18	0,03	-0,02	0,04
SEXO	0,01	0,03	-0,03	-0,04	0,00	-0,01	-0,02
EDAD	-0,13	-0,74	-0,10	-0,09	-0,02	0,09	0,07

	INTERNET	MUSEOS	RELIGIÓN	PSEUDOCIENCIA	ALFABETIZACIÓN	SEXO	EDAD
MENORES							
ESTUDIOS							
INTERES EN CT							
APROPIACIÓN							
TV							
RADIO							
PRENSA							
INTERNET	0,24						
MUSEOS	0,33	6,56					
RELIGIÓN	-0,07	-0,21	0,39				
PSEUDOCIENCIA	-0,02	0,31	0,16	3,13			
ALFABETIZACIÓN	0,15	0,32	-0,13	-0,23	1,49		
SEXO	-0,01	0,00	0,05	0,15	-0,01	0,25	
EDAD	-0,32	-0,63	0,28	-0,23	-0,26	0,00	2,20

Bondad de ajuste

- Degrees of Freedom = 39
- Minimum Fit Function Chi-Square = 138,91
(P = 0,00)
- Normal Theory Weighted Least Squares
Chi-Square = 138,37 (P = 0,00)
- Satorra-Bentler Scaled Chi-Square = 85,82
(P = 0,00)
- Chi-Square Corrected for Non-Normality = 99,78
(P = 0,00)
- Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 46,82
- 90 Percent Confidence Interval for NCP =
(23,81; 77,56)
- Minimum Fit Function Value = 0,028
- Population Discrepancy Function Value (F0) =
0,0093
- 90 Percent Confidence Interval for F0 =
(0,0047; 0,015)
- Root Mean Square Error of Approximation
(RMSEA) = 0,015
- 90 Percent Confidence Interval for RMSEA =
(0,011; 0,020)
- P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0,05) = 1,00
- Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0,043
- 90 Percent Confidence Interval for ECVI =
(0,039; 0,050)
- ECVI for Saturated Model = 0,042
- ECVI for Independence Model = 1,73
- Chi-Square for Independence Model with 91
Degrees of Freedom = 8.661,92
- Independence AIC = 8.689,92
- Model AIC = 217,82
- Saturated AIC = 210,00
- Independence CAIC = 8.795,21
- Model CAIC = 714,16
- Saturated CAIC = 999,64
- Normed Fit Index (NFI) = 0,99
- Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0,99
- Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0,42
- Comparative Fit Index (CFI) = 0,99
- Incremental Fit Index (IFI) = 0,99
- Relative Fit Index (RFI) = 0,98
- Critical N (CN) = 3649,18
- Root Mean Square Residual (RMR) = 0,014
- Standardized RMR = 0,016
- Goodness of Fit Index (GFI) = 1,00
- Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0,99
- Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0,37

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS, ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990): *Science for all Americans*, Oxford University Press, Nueva York-Oxford.
- ALLUM, N. y STONEMAN, P. (2012): "Beliefs about astrology across Europe", en M. W. Bauer, R. Shulka y N. Allum (eds.), *The culture of science: how the public relates to science across the globe*, Routledge, Nueva York, pp. 301-322.
- ARONS, A. B. (1983): "Achieving wider scientific literacy", *Daedalus*, 112 (2), pp. 91-122.
- BAUER, M. y DURANT, J. (1997): "Belief in astrology: a social-psychological analysis", *Culture and Cosmos: A Journal of the History of Astrology and Cultural Astronomy*, 1, pp. 55-72.
- BRANSCOMB, A. W. (1981): "Knowing how to know", *Science, Technology, & Human Values*, 6 (36), pp. 5-9.
- BYBEE, R. W. (1997): *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*, Heinemann, Portsmouth, Nuevo Hampshire.
- CÁMARA HURTADO, M.; LASPRA, B. y LÓPEZ CEREZO, J. A. (2017): "Apropiación social de la ciencia en España", *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2016*, FECYT, Madrid, pp. 21-49.
- CÁMARA HURTADO, M. y LÓPEZ CEREZO, J. A. (2008): "Dimensiones políticas de la cultura científica", en J. A. López Cerezo y F. J. Gómez González (eds.), *Apropiación social de la ciencia*, Biblioteca Nueva, Madrid, pp. 63-90.
- DAVIS, R. C. (1958): *The public impact of science in the mass media*, Institute for Social Research, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.

- DEBOER, G. E. (1991): *A history of ideas in science education*, Teachers College Press, Nueva York.
- DEWEY, J. (1934): "The supreme intellectual obligation", *Science Education*, 18, pp. 1-4.
- DURANT, J. R. (1993): "What is scientific literacy?", en J. R. Durant y J. Gregory (eds.), *Science and culture in Europe*, Science Museum, Londres, pp. 129-137.
- DURANT, J.; EVANS, G. y THOMAS, G. (1989): "The Public Understanding of Science", *Nature*, 340, 6 de julio, pp. 11-14.
- FECYT, FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (serie bienal 2003-2017): *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España*, FECYT, Madrid.
- 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", *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología*, Bogotá (Colombia), 9 y 11 de octubre.
- GABEL, L. L. (1976): *The development of a model to determine perceptions of scientific literacy*, tesis doctoral, Ohio State University.
- 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*, OEL, Madrid.
- 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*, Tecnos, Madrid.
- GROVES, T.; FIGUEROLA, C. G. y QUINTANILLA, M. A. (2016): "Ten years of science news: A longitudinal analysis of scientific culture in the Spanish digital press", *Public Understanding of Science*, 25 (6), pp. 691-705.
- HAYDUK, L. A. (1987): *Structural Equation Modeling with LISREL*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- HAZEN, R. M. y TREFIL, J. (1991): *Science matters. Achieving scientific literacy*, Anchor Books Doubleday, Nueva York.
- HURD, P. DEH. (1958): "Science literacy: Its meaning for American schools", *Educational Leadership*, 16, pp. 13-16, 52.
- IRWIN, A. y WYNNE, B. (eds.) (1996): *Misunderstanding Science? The public reconstruction of science and technology*, Cambridge University Press, Reino Unido.
- JAMISON, A. (2014): "Imaginación híbrida: una historia cultural de la ciencia y la tecnología", en B. Laspra y E. Muñoz (eds.), *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*, Eudeba, Buenos Aires, pp. 21-37.
- JAMISON, A.; CHRISTENSEN, S. y BOTIN, L. (2011): *A Hybrid Imagination. Science and technology in cultural perspective*, Morgan & ChayPool, Golden Colorado.
- JÖRESKOG, K. y SÖRBOM, D. (1993): *LISREL 8*, Scientific Software International, Chicago.
- LASPRA, B. (2016): *Concepto y dimensiones de la cultura científica. Una revisión crítica de los paradigmas en comprensión pública de la ciencia*, tesis doctoral, Universidad de Oviedo.

- (2014): "De las medidas de la alfabetización científica a las medidas de la cultura científica", en A. Muñoz van den Eynde y E. Lopera Pareja (eds.), *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Los Libros de la Catarata, Madrid, pp. 25-45.
- (2010): "Enseñar la ciencia: de la concepción heredada a los estudios CTS", *Actas del Congreso Iberoamericano de Educación METAS 2021*, Buenos Aires (Argentina), 13 y 15 de septiembre.
- LASPRA, B. y MUÑOZ, E. (eds.) (2014): *Culturas científicas e innovadoras*, Eudeba, Buenos Aires.
- LAUGKSCH, R. C. (2000): "Scientific literacy: a conceptual overview", *Science Education*, 84 (1), enero, pp. 71-94.
- LAYTON, D.; DAVEY, A. y JENKINS, E. (1986): "Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy", *Studies in Science Education*, 13, pp. 27-52.
- 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, University of Leeds, Leeds, Reino Unido.
- LAYTON, D.; JENKINS, E.; MACGILL, S. y DAVEY, A. (1993): *Inarticulate science?*, Studies in Science Education, Nafferton, Reino Unido.
- LEWENSTEIN, B. (1995): Science and the Media, en S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen y T. Pinch (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, SAGE Publications, Thousand Oaks-Londres-Nueva Delhi, pp. 343-360.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. y CÁMARA HURTADO, M. (2009): "Apropiación social de la ciencia y participación ciudadana", *Cultura científica en Iberoamérica. Encuesta en grandes núcleos urbanos*, FECYT, Madrid, pp. 81-103.
- (2007): "Scientific culture and social appropriation of the science", *Social Epistemology*, 21 (1), pp. 69-81.
- (2005): "Apropiación social de la ciencia", *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2004*, FECYT, Madrid, pp. 31-57.
- LÓPEZ CEREZO, J. A. y LASPRA, B. (2018): "The Culture of Risk: STS Citizens Facing the Challenge of Engagement", en B. Laspra y J. A. López Cerezo (eds.), *Spanish Philosophy of Technology. Contemporary Work from the Spanish Speaking Community*, Springer, Nueva York-Londres, pp. 87-100.
- 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*, Eudeba, Buenos Aires, pp. 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*, Routledge, Nueva York-Londres, pp. 1-17.
- (2010a): "Adult science learning in the Internet Era", *Curator*, 53 (2), pp. 191-208.
- (2010b): "The conceptualization and measurement of civic scientific literacy for the twenty-first century", en J. Meinwald y J. G. Hildebrand (eds.), *Science*

- and the educated American: A core component of liberal education, American Academy of Arts and Sciences, Cambridge, Massachusetts, pp. 241-255.
- (2010c): "Civic scientific literacy: the role of the media in the Electronic Era", en D. Kennedy y G. Overholser (eds.), *Science and the Media*, American Academy of Arts and Sciences, Cambridge, Massachusetts, pp. 44-63.
 - (2004): "Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: what we know and what we need to know", *Public Understanding of Science*, 13, pp. 273-294.
 - (1998): "The measurement of civic scientific literacy", *Public Understanding of Science*, 7, pp. 203-223.
 - (1983): "Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review", *Daedalus*, 112 (2), pp. 29-48.
- MILLER, J. D.; KIMMEL, L.: MACRO; ORC (2006): National Science Foundation Surveys of Public Attitudes toward and Understanding of Science and Technology, 1979-2001. Disponible en https://doi.org/10.3886/ICPSR04_029.v1
- MILLER, J. D. y PARDO, R. (2000): "Civic scientific literacy and attitude to science and technology: a comparative analysis of the European Union, The United States, Japan, and Canada", en M. Dierkes y C. von Grote (eds.), *Between Understanding and Trust. The Public, Science and Technology*, Routledge, Londres-Nueva York, pp. 54-88.
- MILLER, J. D.; PREWITT, K. y PEARSON, R. (1980): *The attitudes of the U.S. public toward science and technology: A final report to the National Science Foundation*, National Opinion Research Center, Chicago.
- MORENO CASTRO, C. (2010): "La construcción periodística de la ciencia a través de los medios de comunicación social", *ArtefaCToS*, 3 (1), pp. 109-130.
- MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A. (2015): "Factores que contribuyen a construir la imagen pública de la ciencia. La relación entre percepción, interés y conocimiento", *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2014*, FECYT, Madrid, pp. 15-43.
- (2014): "Reflexión cognitiva. Implicaciones para la validez de las encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología", en A. Muñoz van den Eynde y E. Lopera Pareja (eds.), *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*, Los Libros de la Catarata, Madrid, pp. 47-79.
- MUÑOZ VAN DEN EYNDE, A.; LASPRA, B. y DÍAZ GARCÍA, I. (2017): "Exploring the Image of Science: Neural Nets and the PIKA Model", *Advances in Research*, 9 (5), pp. 1-19.
- (2016): *El estudio de la cultura científica. El cuestionario PICA sobre Percepción, Interés, Conocimiento y Acciones relacionadas con la ciencia*, Colección de Documentos CIEMAT, Madrid.
- ORTEGA Y GASSET, J. (2004): *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*, Alianza, Madrid.
- PARDO, R. y CALVO, F. (2004): "The cognitive dimension of public perception of science: methodological issues", *Public Understanding of Science*, 13, pp. 203-227.
- PELLA, M. O.; O'HEARN, G. T. y GALE, C. W. (1966): "Referents to Scientific Literacy", *Journal of research in Science Teaching*, 4, pp. 199-208.

- PÉREZ, E.; MEDRANO, L. A. y SÁNCHEZ ROSAS, J. (2013): "El path analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación", *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5 (1), pp. 52-66.
- POLINO, C. (coord.) (2015): *Manual de Antigua: indicadores de percepción pública de la ciencia*, RICYT-OCTS-OEI, Buenos Aires.
- RENNIE, L. J. (2014): "Learning science outside of school", en N. G. Lederman y A. K. Abell (eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Routledge, Nueva York-Oxford, pp. 120-244.
- ROBERTS, D. A. (2007): "Scientific literacy/Science literacy", en A. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Routledge, Nueva York-Londres, pp. 729-780.
- ROYAL SOCIETY (1985): *Public Understanding of Science*, Royal Society, Londres.
- SHAMOS, M. (1995): *The Myth of Scientific Literacy*, Rutgers University Press, New Brunswick, Nueva Jersey.
- SHEN, B. S. P. (1975): "Science Literacy", *JSTOR. American Scientist*, 64 (3), pp. 265-269.
- SHOWALTER, V. M. (1974): "What is united science education? Program objectives and scientific literacy", *Prism II*, 2.
- SNOW, C. P. (1959): *The two cultures and the scientific revolution*, Cambridge University Press, Nueva York.
- 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*, Rewley, Oxford, pp. 1-14.
- WYNNE, B. (1995): "Public Understanding of Science", en S. Jasanoff, G. E. Markle, J. C. Petersen y T. Pinch (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, SAGE, Thousand Oaks-Londres-Nueva Delhi, pp. 361-391.

