



FACTORES QUE CONTRIBUYEN  
A CONSTRUIR LA IMAGEN PÚBLICA  
DE LA CIENCIA. LA RELACIÓN ENTRE  
PERCEPCIÓN, INTERÉS Y CONOCIMIENTO

ANA MUÑOZ VAN DEN EYNDE

Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat)

02

## ■ INTRODUCCIÓN

Las encuestas de opinión pública surgen a finales del siglo XIX como resultado de un cambio en el modelo de ciudadanía, que empieza a reconocer la importancia de tener en cuenta el punto de vista de los ciudadanos en la formulación de políticas. Y la mejor forma de conocer su opinión sobre un tema concreto es preguntarles directamente (Delli Carpini, 1999).

La investigación científica nos permite, entre otras cosas, aumentar nuestro conocimiento sobre un tema específico y resolver un problema práctico. En ciencias sociales la investigación con encuestas permite conseguir ambos propósitos. La información proporcionada puede utilizarse para explorar o poner a prueba teorías, pero también para dar forma a, o tomar, una decisión política; Es decir: resolver un problema. En ambos casos, la teoría científica desempeña un papel importante. Incluso cuando se busca alcanzar un objetivo práctico, no estamos interesados en las respuestas en sí, sino en sus implicaciones a un nivel mayor de abstracción, porque tanto al diseñarla como al interpretarla debemos tener en cuenta que los conceptos que queremos medir forman parte de una teoría más general, que presenta una visión sistemática del fenómeno que estamos estudiando (Hox, 1997).

Al elaborar una encuesta, deberíamos establecer un puente entre la teoría y la medida, entre la conceptualización y la operativización. Al conceptualizar establecemos la red de conceptos y las asociaciones entre ellos. Al operativizar traducimos ese entramado teórico a indicadores y variables. Hay dos estrategias de investigación distintas para tender ese puente. En primer lugar, podemos utilizar la teoría como punto de partida y, en un proceso «de arriba a abajo», empezar por establecer el constructo teórico para llegar a obtener variables observables. En segundo lugar, en un proceso «de abajo a arriba», empezar con las observaciones para llegar a obtener constructos teóricos (Hox, 1997).

La segunda estrategia es claramente inductiva. Se asume que sabemos suficiente de un tema para formular preguntas que comparten uno o más de los elementos centrales del concepto, y luego se utilizan distintas técnicas de análisis de datos para establecer cuáles son esos elementos comunes y, por tanto, qué preguntas los captan. Aunque este procedimiento puede parecer superficial y *ad hoc*, puede producir muy buenos resultados, siempre y cuando se haga una correcta selección de los elementos del cuestionario. Determinar cuáles y cuántos es fundamental para asegurar que se cubren todos los aspectos relevantes del dominio y, de este modo, garantizar la validez de contenido de la medida. Para hacerlo, entonces, hay que utilizar un gran número de ítems en las primeras fases y realizar después un proceso de depuración para seleccionar los que mejor representan el marco teórico (Delli Carpini y Scott Keeter, 1993).

Para ello, además, hay que hacer un análisis depurado de los datos obtenidos y no quedarse solo con la distribución de frecuencias, que es lo que suele ocurrir (Hox, 1997).

Las encuestas son también la herramienta de que disponemos para conocer qué imagen tiene la población de la ciencia. Las que han dado lugar a los estudios de percepción social de la ciencia se han apoyado fundamentalmente en una estrategia inductiva, pero incompleta. La razón es que ha sido también habitual poner el énfasis en garantizar la representatividad de la muestra para generalizar los datos obtenidos a la población objeto de estudio. Esta estrategia tiene importantes consecuencias en el diseño del cuestionario. Por un lado, es necesario incluir preguntas que requieren un esfuerzo cognitivo pequeño por parte de quienes responden para garantizar una alta tasa de respuesta (Muñoz van den Eynde, 2014a). Y aun así, las que se obtienen son bajas (Luskin, 1987). Además, como señalan Sturgis, Allum y Brunton-Smith (2009), uno de los principales hallazgos tras décadas de investigación empírica sobre las actitudes del público en general es que las opiniones manifestadas suelen ser poco firmes, influenciables y débilmente sustentadas en información pertinente por la falta de información (conocimiento) y la escasa implicación o compromiso con el tema por parte de las personas encuestadas. Por otro lado, ambas realidades hacen que sea necesario elaborar una encuesta con un número reducido de preguntas. Cuando debemos seleccionar un número reducido de preguntas para no cansar a quien responde, corremos el riesgo de no poder garantizar la validez de contenido a la que hemos hecho referencia en el párrafo anterior.

Pero las encuestas de percepción pública de la ciencia también presentan limitaciones en cuanto a su sustento en una teoría que relacione los conceptos implicados de manera que podamos tener una idea más detallada y completa de cuál es la imagen pública de la ciencia y qué factores influyen en ella. Como han señalado Quintanilla *et al.* (2011) y Laspra (2014), no hay un marco conceptual definido sobre lo que se quiere medir, por lo que no está claro qué interpretación dar a los resultados que se obtienen de las encuestas. Interpretación difícil de lograr, por otro lado, cuando los análisis se limitan a obtener una serie de estadísticos descriptivos. Para establecer un marco conceptual definido debemos ir un paso más allá y realizar aquellos análisis estadísticos que nos permitan ofrecer explicaciones. Es evidente que una encuesta no es un diseño experimental y, por tanto, no permite establecer relaciones causales. Sin embargo, sí permite identificar asociaciones relevantes entre los factores/conceptos sobre los que se quiere obtener información. Por lo tanto, el objetivo de esta contribución es utilizar distintas técnicas de análisis multivariante sobre los datos proporcionados por la VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología (EPSCT2014), realizada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) en 2014,

para contribuir a establecer cómo se construye la imagen pública de la ciencia. Para alcanzar este objetivo nos vamos a centrar en tres elementos: la percepción, el conocimiento y el interés que, en combinación con las actitudes, son los factores que han recibido más atención en los estudios sobre percepción social de la ciencia. Teniendo además en cuenta que, como se va a señalar a continuación, partimos del supuesto de que las actitudes son un resultado de la percepción y, por tanto, hablar de ambos elementos es redundante.

## ■ LA PERCEPCIÓN DE LA CIENCIA

La percepción es el proceso cognitivo por el que transformamos la información procedente de nuestro entorno en representaciones, estados mentales que reflejan en nuestro cerebro la información procedente del exterior (Mather, 2006), teniendo en cuenta el conocimiento y la experiencia pasada (Eysenck, 1996). Nuestra percepción del mundo es directa, inmediata y sin esfuerzo, y no tenemos la más mínima información de qué procesos se ponen en marcha en nuestro cerebro (Mather, 2006).

Cada uno de nosotros está sometido de forma constante a grandes cantidades de información de muchos tipos. Disponemos de dos sistemas para procesar esa información. El sistema 1 (asociativo) es antiguo desde un punto de vista evolutivo, automático y rápido. El sistema 2 (analítico) trabaja con algoritmos y reglas que deben aprenderse de forma explícita. Es más lento y requiere esfuerzo y control continuos. El sistema 1 produce impresiones, intuiciones, intenciones y sensaciones y, por tanto, es responsable de las actividades mentales puramente automáticas, como la percepción y la memoria (Kahneman, 2011).

En relación con la ciencia, la percepción implica procesar la información disponible sobre el tema en nuestro entorno (que suele ser la que proporcionan los medios de comunicación) y reconstruirla asimilándola a nuestros esquemas mentales. Como resultado de ese proceso, generamos una imagen (en sentido amplio) que, a su vez, da lugar a una actitud hacia la ciencia entendida, de acuerdo con Thurstone (1931) y Fishbein y Azjen (1975), como una evaluación en términos más o menos favorables según la asociemos mentalmente, por sus consecuencias, con más o menos riesgos, ventajas o desventajas, beneficios o perjuicios y bienestar o malestar.

Las preguntas que miden la percepción de los ciudadanos sobre la ciencia suelen incluir formulaciones en las que se les pide que valoren los beneficios y perjuicios de la ciencia en general o de algunos de sus productos o aplicaciones, o que las evalúen en términos de ventajas y desventajas para la sociedad (Dijkstra *et al.*, 2010). Esta formulación hace que las personas encuestadas realicen una

evaluación en términos positivos o negativos de la ciencia o sus aplicaciones. Y por eso decimos que al medir la percepción de la ciencia ya estamos midiendo actitudes.

La encuesta elaborada por FECYT proporciona varias preguntas que pueden ayudar a analizar estas cuestiones. En concreto, la pregunta 7, en la que se pide a los encuestados que digan, de manera espontánea, qué les viene a la cabeza cuando se habla de ciencia. Es una pregunta abierta en la que se han identificado 28 categorías a partir de las respuestas obtenidas. La información se incluye en la tabla 1, donde aparece, además, el porcentaje de personas que ha mencionado cada opción. Hay que tener en cuenta que se permitió un máximo de dos respuestas por participante.

La respuesta mencionada con más frecuencia identifica a la ciencia con innovación e investigación (P.7.20, 32,2%), en segundo lugar con medicina, salud y tratamientos (P.7.19, 27,2%) y en tercer lugar con laboratorios y experimentación (P.7.6, 20,2%). La otra opción mencionada con cierta frecuencia hace referencia a las ciencias naturales, es decir, biología, química y física (P.7.2, 14,1%). Teniendo en cuenta el peso de la innovación (como va acompañada de la investigación en la categoría creada, no sabemos qué peso tiene cada cosa), la medicina, la salud y los tratamientos, junto con los ordenadores y la tecnología (P.7.9, 7,6%) y las nuevas aplicaciones o tecnologías (P.7.22, 5,3%), parece evidente que la imagen que tiene la población de la ciencia se asocia, fundamentalmente, con sus aplicaciones y resultados.

Hay también otros resultados destacables. Por un lado, si tenemos en cuenta la importancia de las ciencias naturales y la relevancia de la genética y el ADN (P.7.17, 7,8%), se ve claramente el predominio de la biología en la imagen de la ciencia que tiene la población. Este resultado es muy interesante si se tiene en cuenta, como ha señalado Jon D. Miller, que el siglo xx fue el siglo de la física, mientras que el xxi está siendo el de la biología. Y mientras que los desarrollos del siglo xx no chocaron con los valores y creencias tradicionales de la sociedad, los conocimientos sobre la naturaleza y la vida, junto con los desarrollos tecnológicos para intervenir en estos procesos, tienen muchas más resonancias e implicaciones personales, chocan con creencias y valores y, por tanto, dan lugar a conflictos y disputas de carácter más personal (Miller, 2010). Se puede decir que la física se sitúa en un entorno neutral, mientras que la biología pertenece al ámbito personal. Por otro lado, hay más personas que consideran que la ciencia es difícil de entender (P.7.10, 5,3%), que quienes la califican como importante o necesaria (P.7.21, 3,8%).

**Tabla 1.** Pregunta 7. Enunciado y porcentajes

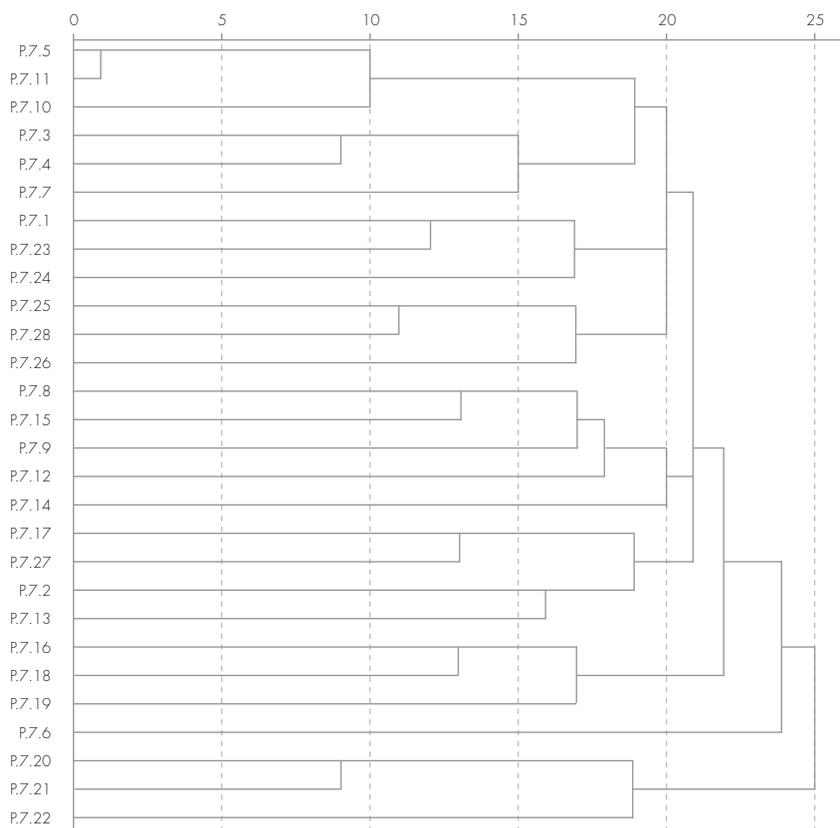
<b>Enunciado</b>	<b>%</b>
<b>P.7. Cuando hablamos de ciencia, ¿qué le viene a la cabeza?</b>	
P.7.1. Arqueología	0,5
P.7.2. Biología/química/física	14,1
P.7.3. Profesores excéntricos/chiflados	1,9
P.7.4. Bombas/guerra/destrucción	0,3
P.7.5. Algo aburrido	2
P.7.6. Laboratorios/experimentación	20,2
P.7.7. Tubos de ensayo	2,5
P.7.8. Comunicaciones/teléfonos	1,5
P.7.9. Ordenadores/tecnología	7,6
P.7.10. Difícil de entender	5,3
P.7.11. Algo que no gustaba en la escuela	0,9
P.7.12. Beneficios económicos/trabajo	1,3
P.7.13. Ingenierías	4,3
P.7.14. Entorno/naturaleza/plantas	2,9
P.7.15. Ciencia ficción	1,4
P.7.16. Alimentos/producción de alimentos	0,5
P.7.17. Genética/ADN	7,8
P.7.18. Alimentos modificados genéticamente	1,2
P.7.19. Medicina/salud/tratamientos	27,2
P.7.20. Innovación/investigación	32,2
P.7.21. Importante/necesario	3,8
P.7.22. Nuevas aplicaciones/nuevas tecnologías	5,3
P.7.23. Escuela/colegio/formación	1,8
P.7.24. Museo/Semana de la Ciencia	0,5
P.7.25. Ciencias sociales: economía, psicología, sociología	1,3
P.7.26. Astronomía/espacio/carrera espacial	3,5
P.7.27. Inseminación <i>in vitro</i> /reproducción asistida	0,6
P.7.28. Comprensión de la conducta humana	0,3

Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

No obstante, esta información desagregada no contribuye a entender qué imagen tiene la población sobre la ciencia. Para tratar de profundizar en esta cuestión vamos a utilizar el análisis de conglomerados jerárquico. Es una técnica que permite agregar variables y, como su propio nombre indica, se trata de un procedimiento jerárquico. Esto significa que va buscando cuáles son las variables que más se parecen entre sí (porque las distancias entre los elementos de la muestra sean más pequeñas) y las agrupa en un conglomerado. Este es indivisible a partir de ese momento (por eso se llama jerárquico). Los elementos se van agrupando en conglomerados cada vez más grandes y heterogéneos hasta llegar al punto en que todos los elementos quedan agrupados en uno. Aunque el análisis termina cuando llega a este punto, el objetivo es descubrir la existencia de grupos homogéneos naturales, determinando a partir de qué momento la agrupación de elementos hace que los conglomerados sean excesivamente heterogéneos. Para ello, es fundamental tener en cuenta la distancia a la que se produce la unión de los elementos (Pardo Avellaneda y Ruiz, 2002).

El gráfico 1 muestra el dendrograma en el que se representa el resultado del análisis de conglomerados. En el eje vertical aparecen las variables y en el horizontal se representa la distancia a la que se van incorporando unas a otras para formar el conglomerado. En primer lugar se observa una asociación casi instantánea entre ver la ciencia como algo aburrido (P.7.5) y como algo que no gustaba en la escuela (P.7.11). En un segundo nivel se combina la asociación de la ciencia con profesores excéntricos (P.7.3), con bombas, guerra y destrucción (P.7.4); la arqueología (P.7.1) con escuela, colegio y formación (P.7.23); las ciencias sociales (P.7.25) con la comprensión de la conducta humana (P.7.28); las comunicaciones y teléfonos (P.7.8) con la ciencia ficción (P.7.15); la genética y el ADN (P.7.17) con la inseminación *in vitro* y la reproducción asistida (P.7.27); la biología, química y física (P.7.2) con las ingenierías (P.7.13); los alimentos y la producción de alimentos (P.7.16) con los alimentos modificados genéticamente (P.7.18); y, por último, la innovación e investigación (P.7.20) con la idea de que la ciencia es importante y necesaria (P.7.21).

**Gráfico 1.** Dendrograma. Pregunta 7



Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

A una distancia intermedia se observan una serie de combinaciones interesantes que, de hecho, parecen reflejar una asociación coherente entre las categorías identificadas. Por mencionar algunas, tenemos en primer lugar el grupo formado por las opciones que reflejan una visión negativa como resultado de la dificultad para entenderla (P.7.5, P.7.11 y P.7.10). Es, además, el grupo que se crea en primer lugar, lo que demuestra la fuerza de la asociación entre estas tres categorías. Otra agrupación implica una visión de la ciencia también negativa, pero que parece ser más bien resultado de la imagen de la ciencia que se muestra en la ficción (profesores chiflados —P.7.3—, destrucción —P.7.4— y tubos de ensayo —P.7.7—). Estos dos grupos, además, se asocian entre sí con bastante facilidad. Por otro lado, las ciencias naturales (P.7.2) y las ingenierías (P.7.13) forman otro grupo con el que se asocian la genética (P.7.17) y las técnicas de reproducción asistida (P.7.27). Las comunicaciones (P.7.8) y la ciencia ficción (P.7.15) se asocian con los ordenadores y la tecnología (P.7.15) y con los beneficios económicos y el trabajo (P.7.12). A este grupo se le añade en última instancia, el entorno y la naturaleza (P.7.14). Parece que esta asociación refleja, de nuevo, la visión de la ciencia predominante en los productos de ficción. En el extremo inferior del dendrograma se observa también la asociación del grupo formado por la producción de alimentos (P.7.16) y los alimentos modificados genéticamente (P.7.18) con la medicina, la salud y los tratamientos (P.7.19). El último grupo asocia la innovación y la investigación (P.7.20) con la visión de la ciencia como algo necesario (P.7.21) y con nuevas aplicaciones y nuevas tecnologías (P.7.22).

Como se ha señalado al describir el análisis de conglomerados jerárquico, el objetivo es llegar a establecer un número reducido de grupos homogéneos entre sí y separados del resto. El dendrograma obtenido muestra seis grupos bastante bien definidos (a partir de los 20 puntos de distancia) que se organizan claramente en forma de escalera. Por tanto, se puede afirmar que el resultado del análisis de conglomerados jerárquico sobre la pregunta P.7 acerca de qué es la ciencia para la población española refleja un continuo desde una visión más negativa que, además, se asocia con la visión que proporciona la ficción (el cine o la televisión), hasta otra más positiva que parece corresponderse mejor con la propia naturaleza de la ciencia, en el sentido de que percibe la ciencia como una actividad centrada en la investigación, no solo en la experimentación. De hecho, esta última categoría define un grupo por sí misma, que se asocia antes a los grupos que reflejan esa visión más parcial de la ciencia que al último. Por tanto, la visión de la ciencia parece ser, por un lado, un buen indicador del esquema mental que tiene la población sobre la ciencia y, por otro, un indicador de actitud. Y, por último, como resultado de la combinación de ambas cuestiones, parece constituir una muestra de que hay asociación entre el esquema mental de la ciencia y la actitud hacia ella.

La tabla 2 muestra el enunciado y el porcentaje de respuestas obtenidas en las tres preguntas que incluyen una valoración de las consecuencias de la ciencia y la tecnología para la sociedad. La pregunta 12 pide a las personas entrevistadas

que valoren las consecuencias del progreso científico y tecnológico para distintos ámbitos de la vida en sociedad en términos de ventajas y desventajas. La pregunta 14 implica hacer una valoración de los beneficios y perjuicios de la ciencia en general, y la pregunta 15 implica la misma valoración, pero para una muestra de las distintas aplicaciones de la ciencia y la tecnología.

**Tabla 2.** Preguntas 12, 14 y 15. Enunciado y porcentajes

Enunciado	%			
	0	1	2	3
<b>P.12. ¿Piensa que el progreso científico y tecnológico aporta más bien ventajas o más bien desventajas para...?</b> <b>0: NS; 1: Desventajas; 2: Ventajas</b>				
P.12.1. El desarrollo económico	0,8	13,8	85,4	
P.12.2. La calidad de vida en la sociedad	0,7	12,7	86,6	
P.12.3. La seguridad y la protección de la vida humana	0,8	17	82,1	
P.12.4. La conservación del medio ambiente y la naturaleza	0,9	32,3	66,7	
P.12.5. Hacer frente a las enfermedades y epidemias	0,6	4,8	94,6	
P.12.6. Los productos de alimentación y la producción agrícola	0,9	30,2	68,9	
P.12.7. La generación de nuevos puestos de trabajo	1,1	30,7	68,2	
P.12.8. El incremento y mejora de las relaciones entre las personas	1,5	35,6	62,9	
P.12.9. El aumento de las libertades individuales	1,8	36	62,2	
P.12.10. La reducción de las diferencias entre países ricos y pobres	1,3	51,4	47,3	
<b>P.14. Si tuviera Ud. que hacer un balance de la ciencia y la tecnología teniendo en cuenta todos los aspectos positivos y negativos, ¿cuál de las siguientes opciones reflejaría mejor su opinión?</b>				
0. No tengo una opinión formada sobre esta cuestión/NS/NC		9,1		
1. Los perjuicios son mayores que los beneficios		5,3		
2. Los beneficios y los perjuicios están equilibrados		26,1		
3. Los beneficios son mayores que los perjuicios		59,5		
<b>P.15. Si tuviera que hacer el mismo balance sobre algunas aplicaciones concretas de la ciencia y la tecnología, ¿cuál de las siguientes opciones reflejaría mejor su opinión?</b> <b>0: No tengo opinión, NS/NC; 1: Los perjuicios superan a los beneficios; 2: Beneficios y perjuicios están equilibrados; 3: Los beneficios superan a los perjuicios</b>				
P.15.1. Cultivo de plantas modificadas genéticamente	16,9	41,7	24,1	17,3
P.15.2. La clonación	18,4	42,7	20,2	18,7
P.15.3. La energía nuclear	9,3	54,4	19,8	16,4
P.15.4. La investigación con células madre	7,3	4,3	13	75,4
P.15.5. El <i>fracking</i>	58,3	24,5	10,2	7
P.15.6. Internet	4,8	4,8	24,6	65,8
P.15.7. La telefonía móvil	2,1	6	24,8	67,1
P.15.8. Los aerogeneradores (molinos de viento)	4,9	3,8	15,6	75,7
P.15.9. El diagnóstico genético de enfermedades	5	2,5	10,3	82,2

Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

Las personas encuestadas asocian, de manera clara, el progreso científico y tecnológico con ventajas a la hora de hacer frente a las enfermedades y epidemias, la calidad de vida en la sociedad, el desarrollo económico, la seguridad y la protección de la vida humana. La asociación con consecuencias positivas es menos evidente si nos centramos en el aumento de las libertades individuales, el incremento y mejora de las relaciones entre las personas, la conservación del medio ambiente, la generación de nuevos puestos de trabajo, los productos de alimentación y la producción agrícola. En el caso de la reducción de las diferencias entre países ricos y pobres, las personas encuestadas consideran que la ciencia y la tecnología aportan más beneficios que perjuicios, aunque casi la mitad está en desacuerdo con esta afirmación. Por lo que respecta a las distintas aplicaciones, el panorama es muy variado. De nuevo, la imagen más positiva de la ciencia tiene que ver con sus aplicaciones más relacionadas con la salud y la medicina (diagnóstico genético de enfermedades e investigación con células madre), junto con las energías renovables (los aerogeneradores). El desarrollo de tecnologías para la comunicación se sitúa en posición intermedia, y hay un claro rechazo a la energía nuclear, el cultivo de plantas modificadas genéticamente y la clonación. También hay un notable rechazo al *fracking*, aunque las opiniones sobre esta aplicación destacan, por encima de todo, por el desconocimiento.

La tabla 2 muestra otra cuestión relevante. Por un lado, hay pocas personas que encuentren dificultades para valorar el progreso científico y tecnológico, la ciencia en general, o algunas de sus aplicaciones, con la excepción ya mencionada del *fracking*. Por otro lado, las dificultades para dar una respuesta definida (ya sea a favor o en contra) están más presentes en las aplicaciones más controvertidas (el *fracking*, el cultivo de plantas modificadas genéticamente o la clonación). Este resultado parece indicar que a la población le resulta fácil valorar la ciencia en términos positivos, y complicado estar seguro de sus consecuencias negativas, es decir, percibirla negativamente.

Antes de continuar con los análisis, es importante medir la consistencia interna de las respuestas, para tratar de establecer si las preguntas miden lo mismo y, por tanto, reflejan una visión coherente sobre el tema. El estadístico que nos proporciona esta información es el alfa de Cronbach. Aunque no hay un criterio consensuado sobre qué valores reflejan una buena consistencia interna, se considera que un alfa a partir de 0,70 es aceptable, a partir de 0,8 es bueno y a partir de 0,9, excelente (Cohen, 1988). Los resultados obtenidos son buenos, especialmente en la pregunta 12, en la que se obtiene un coeficiente de 0,84. En la pregunta 15, el valor del alfa es 0,74. No es demasiado alto, pero si tenemos en cuenta que el valor de este estadístico aumenta al hacerlo el número de elementos (la pregunta incluye solo nueve) y es, además, una muestra reducida de las múltiples aplicaciones de la ciencia y la tecnología, se puede asumir también la homogeneidad en las respuestas proporcionadas por las personas encuestadas y, por tanto, es posible afirmar que los ciudadanos tienen una opinión coherente y bien definida cuando se trata de valorar las consecuencias de la ciencia y la tecnología para la sociedad.

La última pregunta que trata de captar la imagen que tiene la población española de la ciencia es la P.21. La tabla 3 incluye los enunciados y los porcentajes de las distintas opciones de respuesta. Esta pregunta consta de diez afirmaciones que, en principio, se agrupan en cinco parejas de afirmaciones paralelas, de manera que el acuerdo en una de ellas debería ir acompañado de desacuerdo en la otra. Pero la realidad es algo diferente, como se observa en el gráfico 4, en el que se representan los datos de la tabla 3, que, por tener muchas casillas, es poco informativa. Además, para simplificar el gráfico se han combinado las dos opciones de respuesta que implican desacuerdo, por un lado, y las dos que implican acuerdo, por otro.

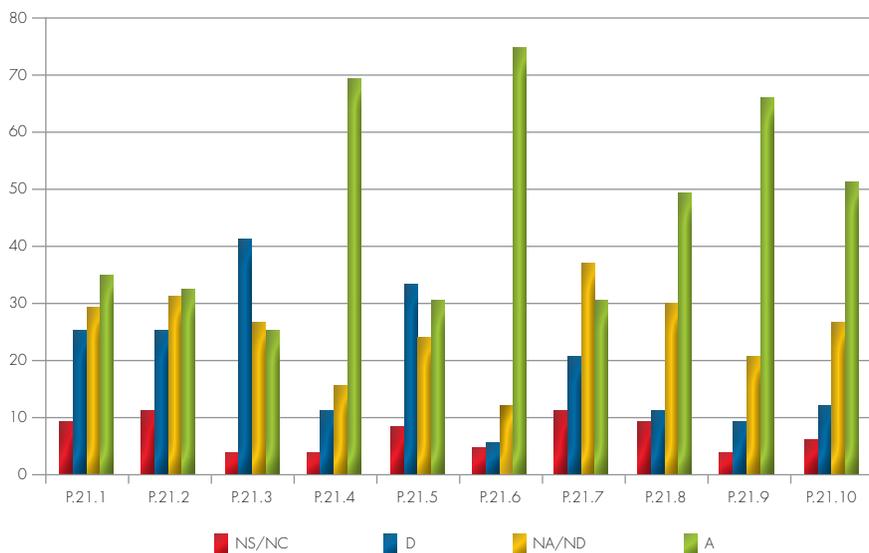
**Tabla 3.** Pregunta 21. Enunciado y porcentajes

Enunciado	%					
	0	1	2	3	4	5
<b>P.21. A continuación voy a leerle una serie de frases. Me gustaría que me dijera si Ud. está:</b> <b>0: NS/NC; 1: Totalmente en desacuerdo;</b> <b>2: Bastante en desacuerdo; 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo; 4: Bastante de acuerdo;</b> <b>5: Totalmente de acuerdo</b>						
P.21.1. No podemos confiar en que los científicos digan la verdad sobre temas controvertidos debido a que dependen más y más de la financiación de la industria	9,6	8	17,4	29,1	24,5	11,4
P.21.2. Los investigadores y los expertos no permiten que quienes financian su trabajo influyan en los resultados de sus investigaciones	11	8,1	17,3	30,9	24,9	7,8
P.21.3. La ciencia y la tecnología pueden resolver cualquier problema	3,9	19,2	24	26,7	20,7	5,4
P.21.4 Siempre habrá cosas que la ciencia no podrá explicar	3,1	3,4	8,1	16,5	37,9	31,1
P.21.5. Es erróneo imponer restricciones a las nuevas tecnologías hasta que se demuestre científicamente que pueden causar daños graves a los seres humanos y al medio ambiente	8,1	14,7	20,8	25,7	21,5	9,2
P.21.6. Mientras se desconozcan las consecuencias de una nueva tecnología, se debería actuar con cautela y controlar su uso para proteger la salud y el medio ambiente	5	1,4	4,5	14,5	38,9	35,7
P.21.7. Los conocimientos científicos son la mejor base para elaborar leyes y regulaciones	11,5	7	14	36,4	23,1	7,9
P.21.8. En la elaboración de leyes y regulaciones, los valores y las actitudes son tan importantes como los conocimientos científicos	9,7	2,7	8,8	30,3	33	15,5
P.21.9. Las decisiones sobre asuntos de interés general relacionadas con la ciencia y la tecnología es mejor dejarlas en manos de los expertos	4	2,6	6,8	20,6	38,6	27,4
P.21.10. Los ciudadanos deberían desempeñar un papel más importante en las decisiones sobre ciencia y tecnología que les afectan directamente.	5,8	3	11	27,9	32,9	19,4

Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

Tanto la tabla 3 como el gráfico 2 proporcionan información relevante sobre tres cuestiones. En primer lugar, los ciudadanos están mayoritariamente de acuerdo en que se actúe con cautela cuando se desconocen las consecuencias de una tecnología, en que siempre habrá cosas que la ciencia no puede explicar, y en que las decisiones sobre ciencia y tecnología deben tomarlas los expertos, aunque eso no implica que acepten que lo hagan al margen de lo que es importante para los ciudadanos. Al mismo tiempo, tienden a estar en desacuerdo con la afirmación de que la ciencia y la tecnología pueden resolver cualquier problema, o con la idea de que es erróneo imponer restricciones a las nuevas tecnologías mientras no se esté seguro de que se asocian con consecuencias negativas. En principio, puesto que el acuerdo es mayoritario con la afirmación supuestamente paralela, el desacuerdo debería ser también mayoritario en estas preguntas. No obstante, y esta es la segunda cuestión relevante, las personas encuestadas tienen muchas más dificultades para expresar su desacuerdo. Esto se refleja en una mayor dispersión de los porcentajes y, lo que parece aún más relevante, un aumento en el porcentaje de la opción NS/NC que, a su vez, suele acompañarse de un aumento en la posición neutral (o, probablemente, indefinida). En tercer lugar, parece también que les resulta difícil opinar sobre cuestiones más relacionadas con el funcionamiento de la ciencia (P.21.1 y P.21.2; P.21.7 y P.21.8), y menos sobre las que tienen que ver con la interacción de la ciencia con la sociedad, como refleja el hecho de que en este primer grupo es donde hay mayor porcentaje de falta de respuesta y de respuesta indefinida.

**Gráfico 2.** Pregunta 21. Distribución porcentual



Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

Cuando se analiza la coherencia interna de las respuestas a estas preguntas sin incluir los «no sabe, no contesta» se obtiene un alfa de Cronbach de 0,39. Es un resultado muy malo e iría a favor de la hipótesis de que las personas no tienen una opinión definida sobre el tema y, ante preguntas de este tipo, construyen una respuesta sobre la marcha. Sin embargo, al incluir, como en el resto de preguntas, a las personas que no han ofrecido una respuesta, el alfa de Cronbach mejora de manera evidente, hasta situarse en un aceptable 0,72; sobre todo teniendo en cuenta que la pregunta incluye una muestra muy reducida de cuestiones que aborden el tema de la naturaleza y funcionamiento de la ciencia. Por lo tanto, la falta de respuesta ante este tipo de preguntas es, en realidad, una respuesta importante.

## ■ EL INTERÉS POR LA CIENCIA

La motivación es una condición necesaria, pero no suficiente, para implicar a la población en la gestión de la ciencia y la tecnología. Y el interés por estos temas es un buen indicador de motivación (Durant, Evans y Thomas, 1989; Delli Carpini, 1999). Si atendemos a las respuestas proporcionadas por las personas que han participado en la EPSCT2014, hay motivos para el optimismo, pues el 14% manifiestan estar muy interesadas por la ciencia y la tecnología, y el 26,8% estar bastante interesadas. En cambio, el porcentaje de personas que se consideran muy poco o poco interesadas se sitúa en torno al 25%.

Pero, como se ha dicho, la motivación no es condición suficiente. Para que la ciudadanía se implique con la ciencia y la tecnología debe sentirse capacitada para hacerlo. Y un primer paso es considerar que están informados sobre el tema. De nuevo, los resultados son bastante positivos, pues el 6,6% se considera muy informado y el 21,4% bastante informado. Sin embargo, estos porcentajes son significativamente menores que los obtenidos al preguntar por el interés, como se demuestra al utilizar la prueba chi-cuadrado de Pearson sobre bondad de ajuste para comparar ambas distribuciones ( $\chi^2 = 59,76$ ;  $p < 0,01$ ).

Manifestar interés por un tema, cuando se pregunta abiertamente por él, es fácil. La sola mención hace que esté activo en nuestra mente. Además, parece sencillo asumir que mostrar interés por la ciencia y la tecnología da una buena imagen de nosotros. Por tanto, los resultados obtenidos con la pregunta sobre interés general por la ciencia y la tecnología pueden deberse, al menos parcialmente, al sesgo de la deseabilidad social. En cambio, la pregunta 1, en la que se pide a las personas encuestadas que mencionen, de manera espontánea, hasta tres temas sobre los que les interesaría recibir información o tener noticias, es más apropiada en términos de validez externa. Las personas que

hayan mencionado la ciencia y la tecnología en esta pregunta tienen que haber recuperado, sin ninguna pista previa, ese tema de entre los muchos posibles. Por tanto, para ellas será un tema importante, fácilmente accesible en su memoria asociativa. Como es de esperar, las cifras cambian bastante. Aunque la forma de recoger los datos no permite saber en qué posición (de las tres posibles) se menciona la ciencia y la tecnología, el resultado total muestra un porcentaje no muy alto, pero bastante halagüeño teniendo en cuenta lo que se acaba de mencionar, un 15%. Si comparamos con los resultados de años anteriores, se observa que continúa la tendencia a manifestar más interés por las noticias sobre ciencia y tecnología con el paso del tiempo (Muñoz van den Eynde, 2013).

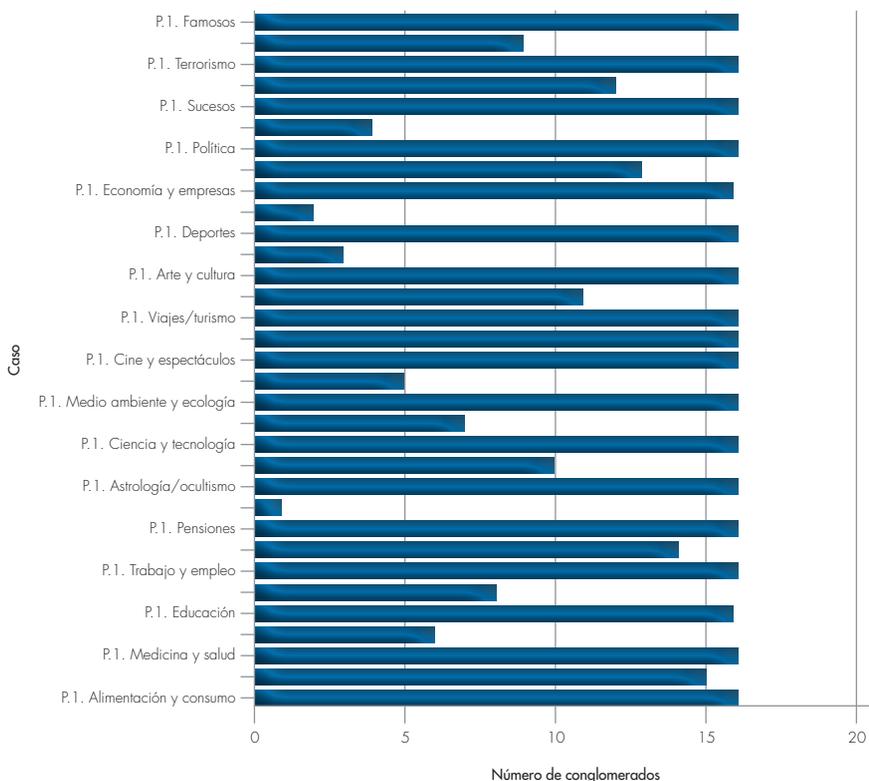
Este dato, en cierto modo positivo, se ve enturbiado si prestamos atención a la asociación entre los temas mencionados por las personas encuestadas, utilizando de nuevo el análisis de conglomerados jerárquico para agrupar las variables. Los resultados que muestra el diagrama de ténpanos del gráfico 3 resultan, cuando menos, preocupantes. En el extremo derecho del gráfico, observamos una asociación fácil entre medicina y salud con alimentación y consumo. Hay también una asociación bastante directa entre pensiones, trabajo y empleo. Este segundo bloque se asocia posteriormente con educación. Y, en un tercer momento, el segundo bloque se asocia con el primero. Estos temas configuran un conglomerado que agrupa los temas más relacionados con la educación y el conocimiento.

En el extremo izquierdo observamos cómo el tema del terrorismo se asocia con el de sucesos y, posteriormente, con temas de famosos. Por otro lado, la política se asocia fácilmente con economía y empresas y, de nuevo, estos dos grupos se asocian dando lugar al segundo conglomerado, formado, por tanto, por los temas más relacionados con la actualidad informativa.

Por último, en el centro del diagrama observamos una asociación instantánea entre viajes y turismo, por un lado, y cine y espectáculos por otro; posteriormente se añade arte y cultura. Además, aunque la asociación cuesta bastante, el primer tema con el que se combina la ciencia y la tecnología es el de astrología y ocultismo. A estos dos se une posteriormente el medio ambiente y la ecología. Ambos grupos se asocian después y, junto con deportes, que se añade al final, forman el tercer conglomerado, que muestra una agrupación de intereses más centrada en el ocio o el placer.

Es también bastante significativo ver que este tercer conglomerado se une al segundo, quedando en último lugar la unión con el primero, el que tiene que ver con la educación y el conocimiento. Lo ideal sería que el interés por la ciencia y la tecnología formara parte del primer conglomerado identificado, que es del que más alejado se encuentra en la actualidad.

**Gráfico 3.** Diagrama de témpanos. Pregunta 1



Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

## ■ EL CONOCIMIENTO SOBRE CIENCIA

El interés por medir el conocimiento de la población sobre ciencia y tecnología fue una parte importante de las encuestas de percepción pública de la ciencia en un primer momento. No obstante, tanto las críticas (acertadas) a los supuestos que subyacen al modelo del déficit, como las dificultades para medirlo, llevaron a que el conocimiento desapareciera de los estudios de percepción social. Pero, como se ha señalado en el epígrafe anterior, la motivación es condición necesaria pero no suficiente, porque también es necesario conocer. Y creer que se conoce.

El cuestionario desarrollado por FECYT en la edición de 2014 ha incluido, de nuevo, un conjunto de 12 preguntas tipo test sobre conocimiento de ciencia escolar, en las que las personas encuestadas deben decir si la afirmación que se les presenta es verdadera o falsa. Estas 12 preguntas se complementan con una centrada en conocimiento procedimental o sobre la naturaleza de la ciencia (por ejemplo, Rubba y Andersen, 1978; Wong y Hodson, 2009).

Aunque, como se acaba de mencionar, estas preguntas fueron abandonadas debido a que presentaban ciertas dificultades metodológicas, al elaborar el cuestionario para la encuesta de 2014 se decidió incluirlas, en lugar de elaborar unas nuevas, para garantizar la posibilidad de comparar con los resultados obtenidos en las ediciones previas de la encuesta. Pese a que es evidente que cualquier decisión metodológica es correcta si está bien justificada, las respuestas obtenidas vuelven a incidir en las dificultades asociadas con el formato de la pregunta. A modo de ejemplo, cuando FECYT presentó los resultados del estudio a los medios de comunicación no hubo periódico nacional o local que no se hiciera eco de un resultado llamativo: algo más del 25% de las personas encuestadas seguía pensando que el Sol gira alrededor de la Tierra. De hecho, esta ha sido prácticamente la única noticia generada a partir de esa presentación. Sin embargo, nadie se ha planteado que ese resultado se debe, precisamente, a la combinación del formato de la pregunta, el contexto en que se produce la encuesta y la tendencia a generar la respuesta a partir del sistema 1 de procesamiento. Es 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.

En la tabla 4 se incluye el enunciado de las 13 preguntas, las opciones de respuesta y los porcentajes con que se ha mencionado cada una de ellas en la muestra seleccionada. Se incluye también la opción «no sabe», teniendo en cuenta, como se ha señalado repetidas veces en el texto, la gran cantidad de información que proporciona la ausencia de respuesta.

**Tabla 4.** Conocimiento sobre ciencia. Preguntas 30 y 31

<b>Enunciado</b>	<b>%</b>
<b>P.30. Unos científicos están estudiando la eficacia de una medicina para la tensión alta. ¿Cuál de las siguientes opciones sería la más útil para que los científicos establezcan la eficacia de la medicina?</b>	
Preguntar a los pacientes a 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	40,1
Utilizar su conocimiento sobre medicina para establecer la eficacia	16,9
No sabe	11,6
No contesta	1

*(Continúa)*

**Tabla 4.** Conocimiento sobre ciencia. Preguntas 30 y 31 (continuación)

Enunciado	%		
	Correcta	Incorrecta	NS
P.31. Por favor, dígame si son verdaderas o falsas cada una de las siguientes afirmaciones. Intente responder verdadero o falso desde sus conocimientos.			
P.31.1. El Sol gira alrededor de la Tierra	70,7	26,8	1,7
P.31.2. El oxígeno que respiramos en el aire proviene de las plantas	79,9	16,8	2,3
P.31.3. Los antibióticos curan enfermedades causadas por virus tanto como por bacterias	45,7	46,8	6,6
P.31.4. Los continentes se han movido a lo largo de millones de años y continuarán haciéndolo en el futuro	85,8	7,8	5,6
P.31.5. Los rayos láser funcionan mediante la concentración de ondas de sonido	43	25,1	30,9
P.31.6. Toda la radiactividad del planeta es producida por los seres humanos	57,6	28,1	13,3
P.31.7. El centro de la Tierra está muy caliente	88,6	5,1	5,5
P.31.8. Los seres humanos provienen de especies animales anteriores	83,1	11,5	4,4
P.31.9. Los primeros humanos vivieron al mismo tiempo que los dinosaurios	68,7	18,6	11,8
P.31.10. Se pueden extraer células madre del cordón umbilical de los mamíferos	84	5,1	10,2
P.31.11. Cuando una persona come una fruta modificada genéticamente, sus genes también pueden modificarse	62,1	15,8	21,1
P.31.12. Los teléfonos móviles producen campos electromagnéticos	84,2	7	8

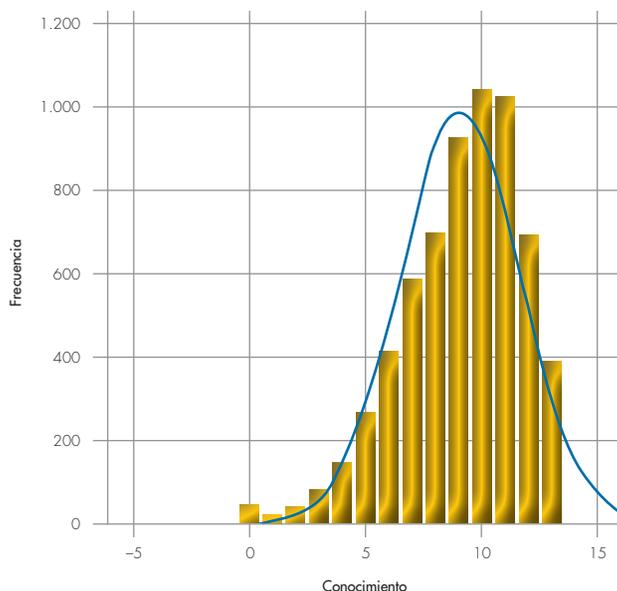
Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

En primer lugar, parece evidente que quienes responden a la encuesta tratan de cuidar su imagen, en el sentido de que, aunque no se juegan nada, puesto que nadie los va a evaluar, deciden no correr riesgos y prefieren optar por decir que no saben antes que equivocarse, y eso que en las preguntas de conocimiento de ciencia escolar hay un 50% de posibilidades de acertar al azar. Esto constituye una prueba más de la importancia de tener en cuenta los «no sabe» por un lado, y el sesgo de deseabilidad social por otro. Este sesgo refleja cómo las personas, al responder, quieren dar una buena imagen de sí mismas y, por tanto, buscan decir lo que consideran que se espera de ellas. Esta forma de responder contribuiría a explicar, entonces, las dificultades que experimentan para manifestar una opinión negativa de la ciencia (a las que se ha hecho referencia un poco más arriba en el texto), a pesar de que perciben que no es infalible. En segundo lugar, las personas encuestadas se desenvuelven mejor con las preguntas más relacionadas con

la ciencia actual como, por ejemplo, la P.31.10, sobre el origen de las células madre, que con las que miden conocimientos recibidos durante la formación escolar y que, en principio, todos deberíamos poseer, como, por ejemplo, que los dinosaurios vivieron mucho antes que los primeros seres humanos (P.31.9). La explicación puede atribuirse al heurístico de disponibilidad. La información de ciencia actual es más reciente y, por tanto, más fácilmente accesible. En tercer lugar, las personas encuestadas se desenvuelven mejor con el conocimiento de ciencia escolar que con el conocimiento procedimental, algo que se puede atribuir al hecho de que este tipo de información suele estar ausente en las informaciones sobre ciencia a las que tienen acceso los ciudadanos.

Se ha creado la variable «conocimiento» como la suma de las respuestas correctas a las 13 preguntas que abordan este factor, incluyendo los «no sabe» entre las respuestas incorrectas. El gráfico 4 incluye el histograma que representa la distribución de frecuencias de la variable creada, junto con la media y la desviación típica. Los resultados son razonables. Aunque hay personas que no han contestado bien a ninguna pregunta, es un número muy reducido. Además, es una realidad que la distribución está sesgada hacia la derecha; es decir, la mayor parte de las personas de la muestra obtienen una puntuación superior a la media, que se sitúa en nueve aciertos y supone, a su vez, un valor superior a haber contestado bien a la mitad de las preguntas.

**Gráfico 4.** Histograma. Variable «conocimiento»



Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

Nota: Media = 9,08; desviación estándar = 2,57; N = 6.355,0.

Adicionalmente, el cuestionario incluye una pregunta que mide la percepción que tienen las personas encuestadas acerca del nivel de la educación científica que han recibido. Hemos utilizado el Anova de un factor para analizar si hay diferencias en el número de aciertos en las preguntas sobre conocimiento relacionadas con la respuesta proporcionada a esta pregunta. De este modo se puede valorar si es un buen indicador de la capacidad para desenvolverse con las preguntas que miden conocimiento. El análisis muestra una relación significativa y coherente entre ambas variables, de manera que cuanto menor es el nivel percibido de educación científica, menor es el número de aciertos en las preguntas sobre conocimiento ( $F = 200,14; p < 0,01$ ).

## ■ LA RELACIÓN ENTRE CONOCIMIENTO, INTERÉS Y PERCEPCIÓN DE LA CIENCIA

A partir de los resultados anteriores se obtiene una imagen bastante nítida sobre la situación de estos tres factores en la población española. Por un lado, se observa que hay bastante interés por la ciencia y la tecnología; un resultado positivo, aunque las cifras varíen mucho en función de la pregunta utilizada. Por otro lado, no se puede decir que haya una actitud negativa hacia la ciencia sino, en todo caso, suspicacias hacia, e incluso rechazo a, algunas de sus aplicaciones. En cualquier caso, los resultados también indican que las personas encuestadas tienen más dificultades para valorar los aspectos negativos de la ciencia que los positivos. Por otro lado, el nivel de conocimiento de hechos científicos parece razonable, especialmente en temas de ciencia actual; sin embargo, y este es el resultado preocupante, el conocimiento de qué es la ciencia, en qué consiste o cómo se produce, es muy bajo; es probable que de ahí proceda la imagen limitada que tiene la ciudadanía de ella.

Más llamativo que los resultados en sí es darse cuenta de que John R. Durant y sus colaboradores obtuvieron las mismas conclusiones en uno de los trabajos seminales de los estudios de comprensión pública de la ciencia (de hecho, ese es el título del artículo), publicado en la revista *Nature* en 1989. Esto significa que 25 años después seguimos en la casilla de salida. En ese mismo trabajo los autores apuntan al interés como el factor determinante del conocimiento y de las actitudes (o percepción, de acuerdo con lo que se ha señalado en el apartado correspondiente). Es decir, Durant, Evans y Thomas (1989) partieron del supuesto de que para conseguir que la población tenga una imagen más elaborada de la ciencia, primero hay que garantizar su interés (o motivación). Lo demás vendrá después. Y es cierto que a conseguir aumentar ese interés se han dedicado gran cantidad de esfuerzos institucionales. Pero si, transcurrido el tiempo, seguimos en el mismo punto, no es descabellado pensar que no se trata de la estrategia adecuada y, por tanto, que ese supuesto no se corresponde con la realidad. Teniendo esto en cuenta, en este apartado nos vamos a centrar

en buscar apoyo empírico a la idea de que el conocimiento va antes que el interés. Porque, como ha señalado Núñez (2009), querer saber de algo puede orientarnos a buscar los procedimientos adecuados para conseguir el objetivo, pero es necesario saber cómo hacerlo para tener éxito. Si no disponemos de los conocimientos previos, es muy probable que abandonemos el objetivo. Por eso consideramos que la motivación es condición necesaria pero no suficiente.

Para poner a prueba esta hipótesis se ha recurrido a los modelos de ecuaciones estructurales (MEE). Se trata de una técnica estadística que permite establecer relaciones complejas entre un gran número de variables, trabajar con constructos latentes e incluir el error de medida como un elemento que se ha de tener en cuenta. Una de las características básicas de los MEE es que no hay una única manera de construirlos. Por eso es fundamental la teoría como guía para la estrategia de modelado. En la estrategia confirmatoria, que es la que se utiliza en este estudio, el resultado final se valora prestando atención al ajuste de los datos al modelo planteado. Hay multitud de estadísticos para cuantificar la bondad del ajuste. El más utilizado es CMIN/DF, que representa la división del estadístico  $\chi^2$  entre los grados de libertad. Debería estar próximo a 1, pero tiene algunos problemas: aumenta al hacerlo el tamaño de la muestra y no hay acuerdo sobre cuánto debe separarse de 1 para considerar que el modelo no ajusta bien. Teniendo esto en cuenta, se ha sugerido que un valor entre 1 y 3 representa un ajuste aceptable (Byrne, 2010).

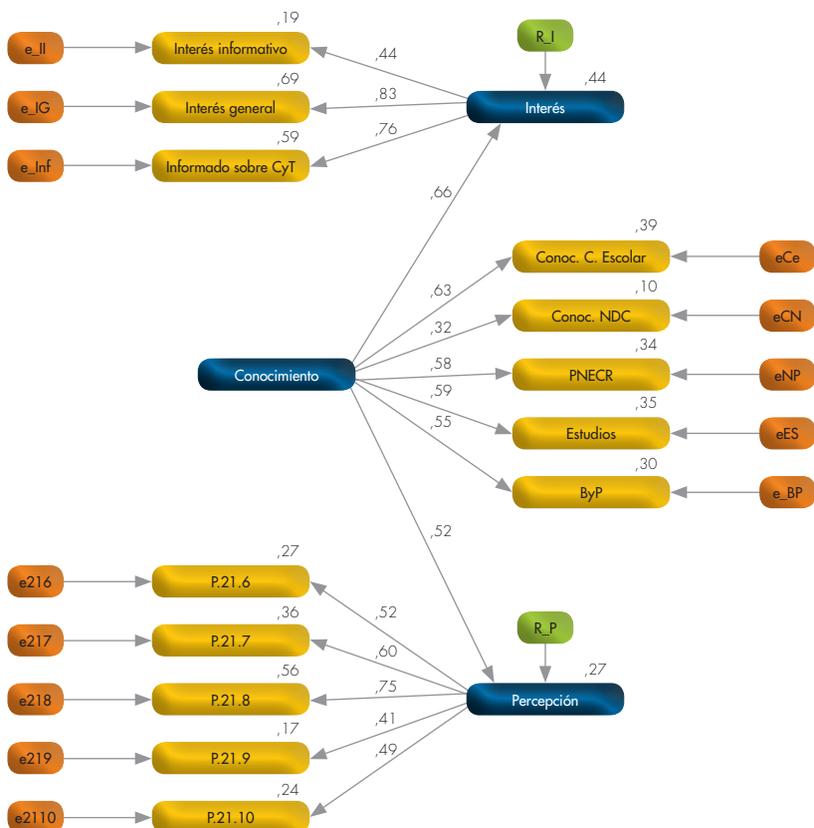
Para evitar los problemas asociados al tamaño de la muestra, se aconseja utilizar los estadísticos RMSEA (*Root Mean Square Error of Aproximation*) y CFI (*Comparative Fit Index*) para evaluar la bondad de ajuste del modelo (MacCallum y Austin, 2000; Bentler, 1990). Los valores de RMSEA inferiores a 0,05 indican un buen ajuste, aunque hasta 0,08 se consideran aceptables (Byrne, 2010). Por otro lado, el estadístico CFI debe tener un valor superior a 0,90 (Byrne, 2010). El estadístico PCFI es un índice de ajuste basado en la parsimonia del modelo o, lo que es lo mismo, busca garantizar el máximo ajuste con el mínimo de complejidad. Para ello combina la bondad de ajuste con el número de parámetros estimados y, por tanto, proporciona una evaluación más realista del ajuste global, porque se puede alcanzar un ajuste perfecto a base de incluir parámetros hasta el infinito, aunque eso no tiene sentido desde un punto de vista teórico. Estos índices tienen valores más bajos de los que se considera aceptable cuando se habla de otros indicadores de ajuste. De hecho, Mulaik *et al.* (1989) consideran que un GFI en torno a 0,90 y un PCFI que no esté por debajo de 0,5 representan un ajuste razonable. Por último, el N crítico de Hoelter valora la adecuación del tamaño de la muestra. En concreto, estima el número de observaciones que debería ser suficiente para que el ajuste del modelo sea adecuado, teniendo en cuenta el estadístico  $\chi^2$ . Hoelter (1983) ha propuesto un valor por encima de 200 como indicador de buen ajuste.

El modelo puesto a prueba asume la existencia de tres constructos teóricos o hipotéticos, el conocimiento, el interés y la percepción de la ciencia. Estos constructos se infieren a partir de las variables de las que sí hay datos. En concreto, para dar cuenta del primero hemos incluido cuatro: el conocimiento de ciencia escolar, el conocimiento de la naturaleza de la ciencia (Conoc. NDC), la percepción del nivel de educación científica recibida (PNECR) y el nivel de estudios. Hemos considerado que el interés se puede inferir a partir de las respuestas a las preguntas que miden el interés general por la ciencia y la tecnología, el interés por las noticias sobre estas cuestiones (interés informativo) y la percepción que las personas entrevistadas tienen de su nivel de información sobre el tema, la participación en actividades de divulgación de la ciencia y la disposición a donar parte de los ingresos a financiar la ciencia. Por último, la percepción de la ciencia vendría determinada por una variable que hemos llamado «evaluación» y que es el resultado de sumar las respuestas a la pregunta 12, sobre valoración de las ventajas o desventajas del progreso científico y tecnológico, teniendo en cuenta que el índice de consistencia interna o alfa de Cronbach es aceptable. Lo mismo hemos hecho con la pregunta sobre valoración de los beneficios y perjuicios de distintas aplicaciones de la ciencia y la tecnología. A estas dos variables se les ha añadido la pregunta 14, sobre valoración general de la ciencia en términos de beneficios y perjuicios, y las distintas opciones de la pregunta 21. En este caso, hemos considerado que la formulación de las preguntas hacía más oportuno no obtener una variable suma, a pesar de que el valor del alfa de Cronbach tras incluir los «no sabe» haya sido aceptable.

El gráfico 5 representa el modelo definitivo. En él ha quedado fuera la variable «evaluación», porque ha mostrado no tener relación estadísticamente significativa con el constructo «percepción». La falta de asociación constituye una prueba de que la pregunta 12 no mide realmente cómo se percibe la ciencia. Teniendo en cuenta lo señalado al hablar de las estrategias de procesamiento cognitivo, creemos que este resultado prueba la existencia de un efecto de anclaje (Kahneman, 2011). Al incluir en el enunciado el término «progreso», y puesto que las opciones de respuesta hablan de cuestiones más relacionadas con nuestro estilo de vida que con las consecuencias de la ciencia y la tecnología, las personas que han respondido la pregunta parecen haber asumido que debían valorar nuestro modo de vida, no la ciencia y la tecnología. Y, por tanto, la variable «evaluación» no mide la actitud hacia la ciencia. Por otro lado, los análisis realizados han mostrado que era más conveniente incluir una única variable para representar la percepción de los beneficios y perjuicios de la ciencia y, por tanto, la variable incluida, ByP (balance entre beneficios y perjuicios de la ciencia y algunas de sus aplicaciones), es el resultado de sumar las preguntas 14 y 15 sobre beneficios y perjuicios de la ciencia en general y de las distintas aplicaciones incluidas en el cuestionario.

**Gráfico 5.** Conocimiento, interés y percepción de la ciencia

Modelos de ecuaciones estructurales (MEE)



Fuente: FECYT, EPSCT2014. Elaboración propia.

Nota: CMIN/DF = 14,870; CFI = ,946; RMSEA = ,048; PCFI = ,764; Hoelter 0,05 = 541,000.

Por lo que respecta al interés, se ha encontrado que la participación en actividades de divulgación y la disposición a donar dinero para financiar la ciencia y la tecnología no son relevantes cuando se trata de definir el interés de la población por la ciencia y la tecnología. Con respecto al peso que tienen los tres indicadores que se mantienen en el modelo: el interés informativo, el interés general y el nivel de información percibido, se ha encontrado que el interés informativo es bastante menos relevante que las otras dos variables. Esto contrasta con lo planteado en el apartado correspondiente de este capítulo, en el que se ha señalado que el interés informativo parecía ser un mejor indicador de interés como resultado de que la ciencia se menciona espontáneamente por quien responde, mientras que en las otras dos preguntas se les pide expresamente su opinión sobre esa actividad. Se planteó, entonces, que las altas cifras de interés encontradas podrían estar reflejando

un sesgo de deseabilidad social. Estos resultados, en cambio, parecen sugerir que el interés general es un buen indicador del interés de los ciudadanos por la ciencia, lo mismo que la percepción de que se está informado sobre el tema.

Por lo que se refiere al conocimiento, hemos encontrado que la variable ByP es un indicador del conocimiento de la ciencia, no de la imagen (percepción) que se tiene de ella. Además, la asociación entre conocimiento y percepción de los beneficios y perjuicios es más fuerte que la que hay entre conocimiento y la pregunta sobre conocimiento de la naturaleza de la ciencia. Por otro lado, se ha encontrado también que la percepción del nivel de educación científica recibida es un buen indicador del conocimiento de la ciencia. Este es un resultado interesante puesto que, en combinación con el nivel de estudios, puede utilizarse como sustituto de las preguntas directas que miden esta cuestión cuando la situación no permita incluirlas.

Por lo que respecta a la imagen de la ciencia, se ha encontrado que las variables que tienen más peso son aquellas que representan una visión de la ciencia en la que se atribuye mucha importancia a los conocimientos científicos (P.21.7), pero más aún a la necesidad de que también se tengan en cuenta valores y actitudes en la elaboración de leyes y regulaciones (P.21.8). También en la que se considera conveniente actuar con cautela y controlar el uso de las nuevas tecnologías mientras no se conozcan sus posibles consecuencias y en la que se considera acertado que las decisiones sobre asuntos de interés general relacionados con la ciencia y la tecnología se dejen en manos de los expertos (P.21.9), pero, más importante aún, incluyendo el punto de vista de los ciudadanos cuando se trate de decisiones que les afectan directamente (P.21.10). En cambio, las preguntas P.21.1 («No podemos confiar en que los científicos digan la verdad sobre temas controvertidos...»), P.21.2 («Los investigadores y los expertos no permiten que quienes financian su trabajo influyan en los resultados...»), P.21.3 («La ciencia y la tecnología pueden resolver cualquier problema») y la P.21.4 («Siempre habrá cosas que la ciencia no podrá explicar»), al final se han quedado fuera del modelo. Aunque los estimadores obtenidos muestran una relación significativa con el constructo teórico (percepción), son valores bajos, sobre todo en comparación con el resto. Tratan, además, de cuestiones bastante alejadas del resto de preguntas, más centradas en temas de regulación, con los que la ciudadanía parece sentirse más concernida. La P.21.1 y la P.21.2 se centran en cuestiones más directamente relacionadas con el propio funcionamiento interno de los profesionales de la ciencia, puesto que hacen referencia a la financiación. La P.21.3 y la P.21.4, por otro lado, incluyen afirmaciones muy generales sobre la ciencia. En cualquier caso, esas consideraciones nos han llevado a eliminarlas del modelo, obteniendo una mejora significativa en su ajuste (el diferencial en el estadístico chi-cuadrado es igual a 957,517 con 54 grados de libertad).

Como se ha señalado en un trabajo anterior (Muñoz van den Eynde, 2014a), podemos decir que el peso atribuido a estas cuestiones a la hora de definir

la imagen de la ciencia que tiene la población nos hace pensar en ciudadanos «prudentes», que tienen una visión positiva de la ciencia y la tecnología, asociándola fundamentalmente con progreso y utilidad, pero al mismo tiempo son conscientes de la complejidad y el riesgo inherentes a esta actividad y, por tanto, quieren que se tenga en cuenta su punto de vista.

Para finalizar, no solo no hemos encontrado evidencias científicas de que el interés sea una condición indispensable para garantizar una buena comprensión pública de la ciencia, de acuerdo con lo señalado por Durant, Evans y Thomas (1989), sino que tampoco hemos encontrado que haya una influencia directa del interés por la ciencia en la imagen que tienen los ciudadanos de ella (la percepción).

De manera global, el modelo presenta muy buen ajuste a los datos si no tenemos en cuenta el estadístico CMIN/DF, cuyo mal resultado puede atribuirse, al menos en parte, al hecho de que trabajamos con una muestra que incluye más de 6.000 observaciones. En cambio, los otros estadísticos de bondad de ajuste proporcionan buenos resultados: RMSEA < 0,05; CFI > 0,9; PCFI > 0,5 y N de Hoelter > 200. Este resultado es especialmente positivo si se tiene en cuenta que es difícil encontrar asociaciones estadísticamente significativas en las respuestas a las preguntas de las encuestas de percepción pública de la ciencia (Muñoz van den Eynde y Luján, 2014).

## ■ CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos al analizar los datos de la VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia, realizada por FECYT en 2014, han proporcionado pruebas a favor de la hipótesis de que el conocimiento influye en el interés por la ciencia y en la imagen que se tiene de ella. Al mismo tiempo, apuntan que de esa realidad no se deriva que los ciudadanos tengan una actitud idealizada de la ciencia, sino que más bien parecen poseer una visión realista que tiene en cuenta la posibilidad de que la ciencia proporcione resultados no deseables. Parece que ese motivo los lleva a considerar que es importante que se tenga en cuenta su punto de vista en las decisiones que les afectan directamente. Hemos señalado también que la falta de respuesta («No sabe» o «No contesta») proporciona información muy relevante, puesto que refleja, de manera clara, las dificultades que experimentan las personas entrevistadas para manifestar su opinión. Por tanto, estos resultados aportarían evidencia a favor de la hipótesis de que no se trata de que «cuanto más sabes, más lo quieres», como se ha señalado repetidamente en los estudios de percepción pública de la ciencia (por ejemplo Bauer *et al.*, 2007), sino «cuanto más sabes, mayor es tu capacidad para opinar» (Muñoz van den Eynde, 2014b). El modelo de ecuaciones estructurales puesto a prueba demuestra que el conocimiento y el interés influyen en la percepción de la ciencia.

También indica que, incluidos estos factores, los elementos que mejor definen cómo se ve la ciencia son, precisamente, los que se asocian con una visión realista de ella, es decir, con una actitud crítica y, por tanto, comprometida.

La mejor escuela no es la que busca que todos los alumnos alcancen el nivel de los que más saben, porque no es un objetivo realista. Pero, del mismo modo, tampoco lo es la que se adapta al nivel de los que menos saben, porque en ese caso los alumnos no avanzan. Da la impresión de que en la búsqueda de soluciones para acercar la ciencia a la sociedad se ha adoptado esta última estrategia y, por tanto, se presenta una imagen de ella simplificada al máximo, desprovista incluso de elementos esenciales con el fin de hacerla más «cómoda» para los ciudadanos, como muestra el modo en que se está abordando la supuesta incomodidad de la ciudadanía ante la falta de consenso científico (De Melo-Martín e Intemann, 2013). Detrás de esta manera de actuar sigue estando agazapado el modelo del déficit. Parece que se sigue pensando que la sociedad no es capaz de entender adecuadamente la ciencia. Este planteamiento resulta contradictorio con la idea de investigación e innovación responsables (RRI, en sus siglas en inglés), la última propuesta de la Unión Europea para hacer frente a la complejidad de la relación entre ciencia y sociedad (EC, 2012). Es evidente que una sociedad científicamente culta puede ser, en muchos sentidos, más incómoda, porque tendrá la capacidad de oponerse a aquellos desarrollos científicos y tecnológicos que puedan dar lugar a una visión del mundo que vaya en contra de lo que la ciudadanía considera importante y deseable. Sin embargo, con una sociedad así estaríamos más cerca de conseguir la mejor ciencia posible para todos. Si optamos por seguir simplificando y banalizando la ciencia para conseguir la aquiescencia de la población, podemos estar cometiendo un error de graves consecuencias. Porque los desafíos son cada vez más importantes, y todos debemos estar en condiciones de afrontarlos. Los resultados obtenidos en esta contribución indican que, a pesar de tener una imagen poco elaborada de la ciencia, los ciudadanos tienen claro cuál debe ser su papel y, por tanto, podrían estar en condiciones de asumirlo con un poco de ayuda. Esto debería llevarnos a pensar que el camino para conseguir una relación fluida entre ciencia y sociedad pasa por abandonar, de una vez por todas, la visión paternalista de los ciudadanos en su interacción con la ciencia.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

Bauer, M. W. *et al.* (2007). «What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda». *Public Understanding of Science*, 16: 79-95.

Bentler, P. M. (1990). «Comparative fit Indexes in structural models». *Psychological Bulletin*, 107: 238-246.

- Byrne, B. M. (2010). *Structural Equation Modeling with AMOS*. Nueva York: Routledge.
- Caulfield, T. (2004). «Biotechnology and the popular press: Hype and the selling of science». *TRENDS in Biotechnology*, 22(7): 337-339.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for Behavioral Sciences*, 2.ª ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Delli Carpini, M. X. (1999). «In search of the information citizen: What Americans know about politics and why it matters». *The Communication Review*, 4: 129-164.
- Delli Carpini, M. X. y S. Keeter (1993). «Measuring political knowledge: Putting first things first». *American Journal of Political Science*, 37(4): 1.179-1.206.
- De Melo-Martín, I. y K. Intemann (2013). «Scientific dissent and public policy». *EMBO reports*, 14(3): 231-235.
- Dijkstra, A. M. et al. (2010). «Public participation in genomics research in the Netherlands: Validating a measurement scale». *Public Understanding of Science*, 21(4): 465-477.
- Durant, J. R.; G. A. Evans y G. P. Thomas (1989). «The public understanding of Science». *Nature*, 340: 1.114.
- EC (2012). *Responsible Research and Innovation. Europe's Ability to Respond to Societal Challenges*. Research and Innovation. European Union.
- Eysenck, M. (1996). *Symply Psychology*. East Sussex: Psychology Press.
- Fishbein, M. e I. Ajzen (1975). *Beliefs, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading: Addison-Wesley.
- Hoelter, W. (1983). «The analysis of covariance structures: Goodness-of-fit indices». *Sociological Methods and Research*, 11: 325-344.
- Hox, J. J. (1997). «From theoretical concept to survey question». En: E. Lars Lyberg et al. (eds.), *Survey Measurement and Process Quality*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Kahneman, D. (2011). *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona: Debate.
- Laspra, B. (2014). «De las medidas de alfabetización científica a las medidas de cultura científica». En: A. Muñoz van den Eynde y E. H. Lopera Pareja (coords.), *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Luskin, R. C. (1987). «Measuring political sophistication». *American Journal of Political Science*, 31(4): 856-899.
- Mather, G. (2006). *Foundations of Perception*. East Sussex: Psychology Press.

- MacCallum, R. C. y J. T. Austin (2000). «Applications of structural equation modeling in psychological research». *Annual Review of Psychology*, 51: 201-226.
- Miller, J. D. (2010). «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*. Cambridge: American Academy of Arts and Sciences.
- Mulaik, S. A. et al. (1989). «Evaluation of goodness-of-fit indices for structural equation models». *Psychological Bulletin*, 105: 430-445.
- Muñoz van den Eynde, A. (2013). «10 años de encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología en España: ¿ha cambiado la actitud de la población?». En: *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2012*. Madrid: FECYT.
- Muñoz van den Eynde, A. (2014a). «Reflexión cognitiva. Implicaciones para la validez de las encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología». En: A. Muñoz van den Eynde y E. H. Lopera Pareja (coords.), *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Muñoz van den Eynde, A. (2014b). «Conocimiento, confianza y compromiso. A vueltas con el modelo del déficit». En: A. Muñoz van den Eynde y E. H. Lopera Pareja (coords.), *La percepción social de la ciencia. Claves para la cultura científica*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Muñoz van den Eynde, A. y J. L. Luján (2009). «Valoración social de la ciencia y la tecnología». En: *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2008*. Madrid: FECYT.
- Muñoz van den Eynde, A. y J. L. Luján (2014). «Sobre los determinantes de la percepción social de la ciencia. Una propuesta metodológica». En: B. Laspra y E. Muñoz (coords.), *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*. Buenos Aires: Eudeba.
- Núñez, J. C. (2009). *Motivación, aprendizaje y rendimiento académico* (en línea). <http://www.educacion.udc.es/grupos/gipdae/documentos/congreso/Xcongreso/pdfs/cc/cc3.pdf>, último acceso 1 de septiembre de 2015.
- Pardo Avellaneda, A. y M. Á. Ruiz (2002). *SPSS 11. Guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Quintanilla, M. Á. et al. (2011). «La actitud global hacia la ciencia en las comunidades autónomas». En: *Percepción social de la ciencia y la tecnología 2010*. Madrid: FECYT.
- Rubba, P. A. y H. O. Anderson (1978). «Development of an instrument to assess secondary school students' understanding of the nature of scientific knowledge». *Science Education*, 62(4): 449-458.

Sturgis, P.; N. Allum e I. Brunton-Smith (2009). «Attitudes over time: The psychology of panel conditioning». En: P. Lynn (ed.), *Methodology of Longitudinal Surveys*. Chichester: John Wiley & Sons.

Thurstone, L. L. (1931). «The measurement of social attitudes». *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 26: 249-269.

Wong, S. L. y D. Hodson (2009). «From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge». *Science Education*, 93: 109-130.