



# 05

## **LA IMAGEN DE LA CIENCIA EN ESPAÑA A TRAVÉS DE LA LENTE DEL MODELO PICA**

**Ana Muñoz van den Eynde**

Centro de Investigaciones Energéticas,  
Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)

05

## ■ INTRODUCCIÓN

La relación entre la ciencia y la sociedad es compleja. De acuerdo con la primera acepción del término en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, describir así esta relación significa considerar que está compuesta de distintos elementos. Pero si atendemos a la segunda acepción, equipararíamos complejidad con complicación y, por tanto, la estaríamos definiendo como algo enmarañado o difícil. Cuando se revisa lo hecho hasta ahora en el campo de estudio de esta relación, se observa la tendencia a poner el foco en la segunda acepción del término y, por tanto, hay constantes referencias a las dificultades de la población para aceptar los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos. Así lo señala, por poner un ejemplo, en el informe *Science and Society*, realizado por el comité de expertos sobre ciencia y tecnología de la Cámara de los Lores, la Cámara Alta del Parlamento del Reino Unido, en el año 2000 (*House of Lords Select Committee on Science and Technology*, 2000).

Por este motivo, tanto desde el ámbito académico como desde las instituciones implicadas en la gobernanza de la ciencia, se han dedicado importantes esfuerzos a tratar de entender los términos en los que se desarrolla esta relación con el objetivo de reducir la complejidad así entendida. Este es el contexto en el que surge la investigación en cultura científica, que metodológicamente se sustenta en encuestas de percepción social de la ciencia como la que realiza bianualmente la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) desde el año 2002.

Desafortunadamente, los esfuerzos realizados hasta la fecha en este campo de investigación no han resultado totalmente satisfactorios. Entre otras cosas, porque carecemos de una teoría sobre la cultura científica. Y, como han señalado Wong y Hodson (2009), aunque no hay un único modo de hacer ciencia, no hay investigación científica que sea independiente de una teoría en la que apoyarse, que establezca qué hacer, cómo hacerlo, o cómo interpretar los datos.

Dadas las dificultades para definir la cultura científica, en la Unidad de Investigación en Cultura Científica (UICC) del CIEMAT proponemos que su estudio se aborde en un enfoque de abajo a arriba, desde los datos a la teoría. Puesto que los datos de los que disponemos proceden de las encuestas de percepción social, y teniendo en cuenta que la percepción da lugar a una imagen del objeto percibido, consideramos que lo que estos datos miden es, precisamente, la imagen que las personas tienen de la ciencia. A su vez, como el producto de toda percepción, esa imagen es resultado de, y está determinada por, la relación que mantienen con ella (Muñoz *et al.*, 2017).

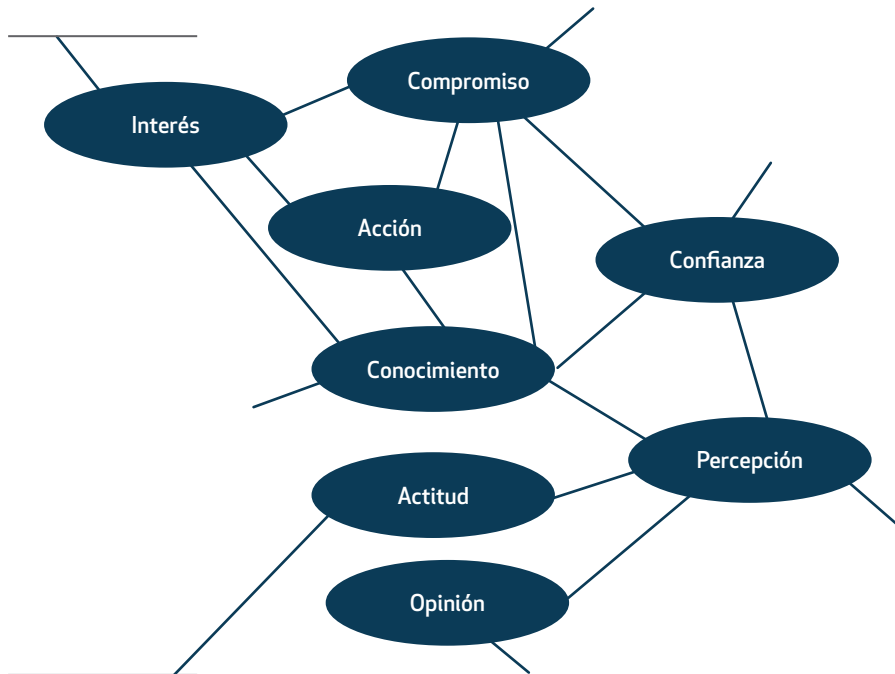
## ■ LA IMAGEN DE LA CIENCIA

Del mismo modo que los científicos que analizan el mundo físico están incorporando el mundo social a sus investigaciones como refleja, por ejemplo, la noción de la homeostasis sociocultural propuesta por el neurocientífico Antonio Damasio, al definir la imagen de la ciencia nosotros intentamos incluir el mundo físico en la investigación sobre el fenómeno social de la cultura científica. Teniendo esto en cuenta, en nuestra tarea nos apoyamos en el trabajo de este neurocientífico. En este proceso, hay que considerar primero que las neuronas se organizan en circuitos, de tal manera que la mente es el resultado de la organización de los circuitos de neuronas en grandes redes que a su vez componen patrones de activación. Estos patrones se encargan de representar en la mente todo lo que ocurre, lo que está fuera del cerebro, pero también los productos de su actividad (Damasio, 2010). Las imágenes son el resultado de esos patrones de activación neuronal y, por tanto, cuando hablamos de la imagen de la ciencia no nos estamos refiriendo a una fotografía, sino a la representación mental que cada uno hemos construido como resultado de nuestro conocimiento y experiencia, pero también de lo que sentimos respecto a ella (Muñoz van den Eynde *et al.*, 2016).

De acuerdo con nuestra traducción del trabajo de Antonio Damasio al estudio de la imagen de la ciencia, consideramos que esta se sustenta en una red neuronal en el cerebro. Los resultados de los trabajos realizados hasta la fecha nos permiten representar un sector de esa red neuronal que incluye seis nodos interconectados: interés, compromiso, acción, confianza, conocimiento

y percepción (gráfico 1). Este último factor incluye, a su vez, dos subfactores: actitud y opinión (Muñoz van den Eynde et al., 2017; Muñoz van den Eynde et al., 2016; Muñoz van den Eynde, 2014).

Gráfico 1. Representación de un segmento de la red neuronal en la que se sustenta la imagen de la ciencia (adaptado de Muñoz van den Eynde et al., 2017).



Fuente: Elaboración propia.

Las personas estamos sometidas a grandes cantidades de información. La cognición es el conjunto de actividades que realizamos para procesar esta información, el modo en que la recibimos, la seleccionamos, la transformamos y la organizamos. Este es un determinante importante de nuestras imágenes mentales y, por tanto, también de la imagen de la ciencia. No obstante, es evidente que las personas estamos en constante interacción unas con otras, expuestas a muchas formas de comunicación y de influencia. Esto hace que la mayor parte de la información y, por tanto, muchos significados, sean compartidos

colectivamente por los miembros de una sociedad, es decir, hay una forma común de procesar la información, una cognición social (Hewestone *et al.*, 1992).

A nuestro modo de ver, la falta de resultados lo suficientemente satisfactorios en la investigación en cultura científica está relacionada con la escasa atención prestada a las personas consideradas de manera individual, que son las que procesan la información social y la transforman en el mapa mental que guía sus acciones. En este sentido, consideramos que los intentos por mejorar la cultura científica de la población deberían complementarse con intentos por mejorar nuestro conocimiento científico del público (Macintyre, 1995), y para eso necesitamos entender qué percibe el público cuando se encuentra con la ciencia (Lewenstein, 1991).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, partimos del supuesto de que la imagen que las personas tienen de la ciencia es el resultado de su interacción con ella en su día a día. Pero esa interacción se produce en un entorno social específico, que define su propia relación con la ciencia y, por tanto, influye en la imagen que se forman los individuos de ella. Además, es evidente que la imagen de la ciencia es enormemente compleja. Por este motivo, para analizarla debemos poner el foco en algunos de los factores que contribuyen a darle forma. Hasta la fecha, los que han recibido más atención son la Percepción, el Interés, el Conocimiento y las Acciones relacionadas con la ciencia. Por tanto, el modelo PICA describe el segmento de la imagen de la ciencia que incluye el conjunto de asociaciones entre estos cuatro factores (Muñoz van den Eynde *et al.*, 2017). Por otro lado, este modelo se basa en la idea de que cada persona tiene una combinación particular de Percepción, Interés, Conocimiento y Acciones relacionadas con la ciencia. No se debe olvidar, sin embargo, que la combinación que caracteriza a cada individuo se genera en un medioambiente social específico que tiene una influencia muy importante en esa combinación. Al mismo tiempo, el medioambiente social se ve influenciado por la suma de las combinaciones de todos los individuos.

En trabajos previos hemos encontrado evidencia a favor de este modelo utilizando datos de las ediciones de 2006 y 2014 de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España, que eran las dos ediciones en las que se han incluido preguntas sobre alfabetización científica entre las realizadas hasta la fecha; en el Eurobarómetro de 2006, que es el último que incluyó la batería sobre alfabetización científica utilizada habitualmente en estos estudios; y en una muestra de estudiantes universitarios españoles que

respondieron a una encuesta diseñada específicamente para medir la imagen de la ciencia por la UICC del CIEMAT, en colaboración con el Grupo CTS de la Universidad de Oviedo, al que pertenece esta unidad, e investigadores de las universidades de Salamanca, Valencia, Valladolid y la Universidad Complutense de Madrid. En estos casos se puso a prueba la hipótesis de que el conocimiento influye en la percepción (que incluye tanto actitudes como opiniones), en el interés y condiciona el desarrollo de acciones relacionadas con la ciencia; esta hipótesis incluye también una vía de influencia directa del interés sobre las acciones (Muñoz van den Eynde *et al.*, 2016 y 2017). También hemos encontrado evidencia a favor de la hipótesis de que los cuatro factores del modelo PICA permiten definir un segmento del constructo de segundo orden "imagen de la ciencia" a partir de los datos de la Encuesta de Percepción de la Ciencia y la Tecnología en Chile (Muñoz van den Eynde, *en prensa*).

## ■ OBJETIVO

En este trabajo queremos alcanzar un nuevo objetivo en relación con el modelo PICA y, por tanto, estamos interesados en hacer "zoom" en el segmento de la imagen de la ciencia que incluye estos cuatro factores para definirlos de manera más detallada identificando algunos de los subfactores que los componen y las relaciones entre ellos. Para ello vamos a recurrir a los Modelos de Ecuaciones Estructurales (MEE). Los MEE son un conjunto de técnicas estadísticas que permiten analizar de manera simultánea las relaciones de dependencia entre un gran número de variables, contrastar la existencia de constructos teóricos e incluir el error de medida en los análisis, que siempre está presente y del que otras técnicas de análisis no pueden dar cuenta. Esto hace que sean capaces de identificar con mayor precisión las asociaciones entre los factores que forman parte del modelo.

En concreto, en esta contribución hemos identificado inicialmente ocho factores: valoración, opinión sobre la utilidad de la formación científicotécnica, opinión sobre la ciencia y la tecnología, interés, información, rechazo de las pseudociencias, conocimiento y acción. La selección de estos factores se ha sustentado en la identificación de las preguntas de la edición 2016 de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia en España que mejor encajan con los cuatro factores de primer orden que definen el modelo PICA.



“Valoración” se define a partir de la pregunta 12 sobre el balance entre beneficios y perjuicios de la ciencia y la tecnología; la pregunta 13, que pide a los encuestados que realicen el mismo balance para valorar el impacto de la ciencia y la tecnología sobre distintos ámbitos de nuestra vida (el desarrollo económico, la calidad de vida en la sociedad, la seguridad y la protección de la vida humana, la conservación del medioambiente y la naturaleza, hacer frente a las enfermedades y epidemias, los productos de alimentación y la producción agrícola, la generación de nuevos puestos de trabajo, el aumento de las libertades individuales, la reducción de diferencias entre países ricos y pobres y la protección de los datos personales y la privacidad); la pregunta 14, en la que deben hacer el mismo balance, pero en este caso sobre aplicaciones concretas de la ciencia y la tecnología (el cultivo de plantas modificadas genéticamente, la clonación, la energía nuclear, la investigación con células madre, el *fracking*, internet, la telefonía móvil, los drones y la inteligencia artificial). Por último, incluye las respuestas a la pregunta 17, en la que se pide a las personas encuestadas que manifiesten hasta qué punto identifican la ciencia y la tecnología con progreso, deshumanización, riqueza, desigualdad, bienestar, riesgos, oportunidades y amenazas.

El factor “opinión sobre la utilidad” recoge la pregunta 21. En ella se pide a las personas encuestadas que opinen sobre la utilidad que ha tenido su formación científico-técnica para diferentes ámbitos de la vida (la profesión, la comprensión del mundo, las relaciones con otras personas, la conducta como consumidor y usuario y la formación de opiniones políticas y sociales).

Por su parte, la “opinión sobre la ciencia y la tecnología” hace referencia a la pregunta 18. En este caso, se trata de conocer hasta qué punto las personas encuestadas están de acuerdo o en desacuerdo con 10 frases que abarcan distintos aspectos de la ciencia y la tecnología. En concreto:

1. No podemos confiar en que los científicos digan la verdad si dependen de la financiación privada.
2. Los científicos no permiten que quienes les financian influyan en los resultados de su trabajo.
3. No deben imponerse restricciones a las nuevas tecnologías hasta que se demuestre científicamente que pueden causar daños graves a los seres humanos o el medioambiente.

4. Si no se conocen las consecuencias de una nueva tecnología, se debería actuar con cautela y controlar su uso para proteger la salud o al medioambiente.
5. Los conocimientos científicos son la mejor base para elaborar leyes y regulaciones.
6. En la elaboración de leyes y regulaciones, los valores son tan importantes como los conocimientos científicos.
7. Es mejor dejar en manos de los expertos las decisiones sobre asuntos de interés general relacionadas con la ciencia y la tecnología.
8. Los ciudadanos deberían tener un papel más importante en las decisiones sobre ciencia y tecnología que les afectan directamente.
9. La ciencia y la tecnología son la máxima expresión de prosperidad en nuestra sociedad.
10. La ciencia y la tecnología son una fuente de riesgos para nuestra sociedad.

A diferencia de lo que hemos hecho en los estudios previos, y teniendo en cuenta nuestro propósito de definir con más detalle el segmento de la imagen de la ciencia definido por el modelo PICA, en este caso hemos separado el interés del nivel de información percibido. Teniendo esto en cuenta, el factor “interés” incluye buena parte de los temas que forman parte de la pregunta 2, diseñada para medir el interés general. En concreto, el interés por la alimentación y el consumo, la ciencia y la tecnología, la medicina y la salud, el medioambiente y la ecología y la educación. El factor “información” incluye la misma selección de temas procedentes de la pregunta 3, en la que las personas encuestadas deben señalar hasta qué punto se consideran muy poco, poco, algo, bastante o muy informadas sobre ellos.

Por lo que respecta al factor “rechazo a las pseudociencias”, hemos decidido incluirlo por tres motivos. En primer lugar, es un tema totalmente de actualidad en nuestro país. De hecho, ha sido una de las cuestiones que más atención ha suscitado tras la presentación de los resultados de la edición 2016 de la encuesta. En segundo lugar, el rechazo a las creencias supersticiosas es un componente de la alfabetización científica para autores como Miller (1983) o

Bauer *et al.*, (2007). Por último, consideramos que tal y como ha sido incluido el tema en el cuestionario de la presente edición de la encuesta nos brinda la oportunidad de estudiar hasta qué punto contribuye a dar forma a la imagen de la ciencia. Por tanto, el factor incluye la pregunta 26, en la que quien contesta a la encuesta debe decir hasta qué punto se identifica con las siguientes 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.
6. Hay números y cosas que dan suerte.

Incluye también los ítems de las preguntas 2 y 3 que reflejan el interés y el nivel de información sobre los fenómenos paranormales.

El factor “conocimiento” está representado por la pregunta 22, que busca conocer hasta qué punto los participantes consideran que el nivel de la educación científica y técnica que han recibido es muy alto, alto, normal, bajo o muy bajo. En los análisis previos hemos encontrado que se trata de un muy buen indicador de conocimiento (Muñoz van den Eynde *et al.*, 2016 y 2017). Aunque en principio podría pensarse (parece que ese fue el objetivo con el que se incluyó en la encuesta) que al responder a esta cuestión las personas están evaluando el sistema educativo, los resultados que hemos obtenido hasta la fecha parecen indicar que en realidad es un indicador de hasta qué punto se sienten conocedoras de la ciencia. También está representado por la batería de preguntas sobre conocimiento de hechos científicos básicos.

En esta edición se ha reducido el número de ítems (se ha pasado de 12 a 6), pero a cambio se ha modificado la manera de preguntar. En lugar de presentar una afirmación para cada ítem con el fin de que quien responde valore si es verdadera o falsa, se han presentado dos enunciados para señalar cuál es el correcto. Este cambio ha estado motivado por el deseo de poner a prueba la hipótesis de que las respuestas obtenidas en ediciones anteriores (sobre todo, ese 25% de la población que, supuestamente, consideraba que el Sol gira alrededor de

la Tierra) son más un resultado del formato de la pregunta que del desconocimiento del hecho por el que se pregunta. Los resultados obtenidos apuntan en esta dirección, pues la cifra de personas que ha respondido erróneamente a ese ítem se ha reducido al 11,7%.

Finalmente, el factor “acción” está también definido a partir de tres preguntas. En la 9 se pregunta por los medios de comunicación a través de los que los participantes en la encuesta se informan sobre ciencia y tecnología. Las opciones son: internet (prensa digital, redes sociales y otras webs), libros, prensa escrita en papel, radio, revistas de divulgación científica o técnica, revistas semanales de información general y televisión. Aunque se da la opción de mencionar hasta tres fuentes, en nuestros análisis hemos incluido solo la primera, básicamente porque es un listado reducido. En la pregunta 10, las personas que han manifestado utilizar internet para informarse tienen que indicar qué medios, dentro de internet, utilizan para ello. En la pregunta 24 se presentan una serie de situaciones que las personas pueden enfrentar a lo largo de su vida para que manifiestan cuál sería su reacción. Las situaciones y posibles reacciones son las siguientes:

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

Una vez identificados los factores y sus indicadores, pondremos a prueba tres modelos teniendo en cuenta que un MEE completo incluye dos elementos: el modelo de medida y el modelo estructural. El primero permite poner a prueba la hipótesis de que los indicadores incluidos son adecuados para identificar los factores propuestos, es decir, analiza las relaciones entre las variables observadas y las no observadas (los constructos teóricos). Con respecto a los modelos estructurales, hay distintas opciones. En esta contribución en concreto

vamos a poner a prueba un modelo que permite analizar si los factores identificados pueden ser correctamente explicados apelando al factor de segundo orden "imagen de la ciencia". Y otro que define las relaciones entre las variables no observadas (en este caso, la relación entre los factores del modelo PICA), el modelo estructural propiamente dicho. Para poner a prueba estos dos modelos, antes debemos asegurar que el de medida se ajusta bien a los datos.

## ■ OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES

En total, hemos creado 24 indicadores que se recogen en la tabla 1. Para llegar a ellos hemos tenido que analizar distintas posibilidades. Una descripción exhaustiva de todas ellas sería demasiado extensa, pero no podemos dejar de explicar algunas cuestiones importantes.

En primer lugar, los MEE requieren que los indicadores sean variables cuantitativas, mientras que las encuestas de opinión generan variables nominales u ordinales. Para resolver este problema podemos sumar las puntuaciones obtenidas en un conjunto de preguntas o de ítems, especialmente si existe consistencia interna entre ellos. Se estima que un indicador tiene una consistencia interna aceptable si el estadístico Alfa de Cronbach tiene un valor de, al menos, 0,70 (Hair et al., 1998). Estos criterios se cumplen en todas las preguntas incluidas en nuestro análisis con la excepción de la pregunta 18 sobre la opinión de la ciencia y la tecnología.

En segundo lugar, los MEE requieren que haya al menos dos indicadores para cada factor. Por tanto, en los casos en los que no se cumple esta condición ha sido necesario incluir los ítems por separado. Esto también requiere algunas aclaraciones. En principio, el factor "opinión sobre la utilidad" se podría considerar un indicador de conocimiento, teniendo en cuenta que se pregunta por la utilidad de la formación científicotécnica para distintos ámbitos de la vida. No obstante, los resultados obtenidos al poner a prueba esta hipótesis nos han hecho descartarla. Este resultado encaja con el obtenido en un trabajo previo a partir de los datos de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia en Chile (Muñoz van den Eynde, en prensa). Y nos hace pensar que se produce un efecto ancla, de tal manera que las personas encuestadas se quedan "enganchadas" a la idea de utilidad mientras se ven condicionadas por el contexto

proporcionado por las preguntas previas, en las que se habla de la ciencia y la tecnología. Por tanto, al responder están pensando, en realidad, en la utilidad de la ciencia y la tecnología. Teniendo esto en cuenta, podría ser un indicador del factor “opinión sobre la ciencia y la tecnología”, en general. Pero los resultados también han sido negativos, lo que indica que ambos factores reflejan cuestiones diferentes.

Por otro lado, la “opinión sobre la ciencia y la tecnología” ha resultado ser un factor algo problemático. No se puede obtener un indicador suma porque solo hay una pregunta que mida esta cuestión (la P.18). Además, como hemos señalado un poco más arriba, no hay consistencia interna. Tampoco es posible incluir los 10 ítems individualmente porque los MEE requieren que se incluya un número no muy alto de indicadores (a ser posible, entre 10 y 20 —Ruiz *et al.*, 2010—).

Teniendo todo esto en cuenta, las distintas pruebas que hemos realizado nos han llevado a incluir los cuatro indicadores que se muestran en la tabla 1. Dos ítems individuales (P.18.3 y P.18.6) y otros dos en los que se combinan las dos afirmaciones sobre un mismo aspecto que no resultan ser incompatibles: P.18.7 y P.18.8 sobre la elaboración de leyes y regulaciones por un lado, y P.18.9 y P.18.10 sobre la toma de decisiones en cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, por otro.

En tercer lugar, al analizar la mejor forma de definir el indicador Valor 4 nos hemos encontrado que solo contribuye significativamente al ajuste del modelo la suma de los cuatro ítems que reflejan una valoración positiva de la ciencia (progreso, riqueza, bienestar y oportunidades).

En cuarto lugar, hemos encontrado que el interés informativo se ve totalmente explicado por el interés general, por lo que los modelos que hemos puesto a prueba solo han tenido en cuenta la pregunta 2 sobre esta cuestión. Respecto a los ítems que componen esta pregunta, los mejores resultados se obtienen mediante dos indicadores. El primero es la suma del interés por los cuatro temas que tienen una relación más directa con la ciencia: alimentación y consumo, ciencia y tecnología, medicina y salud y medioambiente y ecología. Si incluimos cada uno de estos ítems por separado, el peso de los otros temas hace que el peso del interés por la ciencia y la tecnología sea muy débil. Por esa razón, los hemos combinado. Para tener el segundo indicador que el modelo requiere, hemos incluido el interés por la educación, que es el que más relación tiene con los otros ítems. Esta misma estructura la hemos aplicado al factor “información”.

Tabla 2. Resultados de las regresiones logísticas binarias.

FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	NOMBRE
Valoración	P.12. Balance entre beneficios y perjuicios de la ciencia y la tecnología.	Valor1
	P.14. Balance entre beneficios y perjuicios de algunas aplicaciones de la ciencia y la tecnología.	Valor2
	P.13. Balance entre beneficios y perjuicios del impacto de la ciencia y la tecnología para nuestra vida.	Valor3
	P.17. Asociación de la ciencia y la tecnología con los ítems que reflejan una valoración positiva.	Valor4
Opinión sobre la utilidad de la formación científico-técnica	P.21.1. En mi profesión.	OpUtil1
	P.21.2. En mi comprensión del mundo.	OpUtil2
	P.21.3. En mis relaciones con otras personas.	OpUtil3
	P.21.4. En mi conducta como consumidor y usuario.	OpUtil4
	P.21.5. En la formación de mis opiniones políticas y sociales.	OpUtil5
Opinión sobre la ciencia y la tecnología	P.18.3. La ciencia y la tecnología son la máxima expresión de prosperidad en nuestra sociedad.	OpCyT1
	P.18.6. Si no se conocen las consecuencias de una nueva tecnología, se debería actuar con cautela y controlar su uso.	OpCyT2
	Suma de P.18.7 y P.18.8. El papel del conocimiento y los valores en la elaboración de leyes y regulaciones.	OpCyT3
	Suma de P.18.9 y P.18.10. El papel de los ciudadanos y los expertos en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia.	OpCyT4
Interés	Suma de P.2.1, P.2.2, P.2.6 y P.2.7. Interés por la alimentación y el consumo, la ciencia y la tecnología, la medicina y la salud y el medioambiente y la ecología.	Interés1
	P.2.8. Interés por la educación.	Interés2
Información	Suma de P.3.1, P.3.2, P.3.6 y P.3.7. Hasta qué punto se considera informado sobre alimentación y consumo, ciencia y tecnología, medicina y salud y medioambiente y ecología.	Inform1
	P.3.8. Hasta qué punto se considera informado sobre educación.	Inform2

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE →

← VIENE DE LA PÁGINA ANTERIOR

FACTOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	NOMBRE
Rechazo a las pseudociencias	Suma de P.2.9. Interesado en fenómenos paranormales, P.3.9. Informado sobre fenómenos paranormales y P.26.1. Creo en los fenómenos paranormales.	Pseudo1
	Suma de P.26.2. La acupuntura funciona, P.26.4. Los productos homeopáticos son efectivos y P.26.5. Confío en los curanderos.	Pseudo2
	Suma de P.26.3. Sucede lo que pronostican los horóscopos y P.26.5. Hay números y cosas que dan suerte.	Pseudo3
Conocimiento	Suma de P.23. Seis ítems sobre conocimiento de hechos científicos básicos.	Conoc1
	P.22. Nivel de la educación científica recibida.	Conoc2
Acción	Cuantificación y combinación de P9. Acceso a medios de comunicación para informarse sobre ciencia y tecnología y P.10. Acceso a internet.	Acción1
	Suma de P.24. Estrategia para afrontar situaciones de la vida cotidiana.	Acción2

Fuente: EPSCYT 2016, FECYT. Elaboración propia.

Por último, definir el factor “acción” también ha requerido de varias pruebas. Todos los intentos por incluir como indicador la realización de distintas actividades (P.4) han sido infructuosos, motivo por el que la hemos descartado. Para obtener el indicador Acción1 hemos cuantificado las preguntas 9 y 10 sobre acceso a medios de comunicación para informarse sobre ciencia y tecnología.

Con la idea de asignar distinto valor a cada uno de los medios de comunicación incluidos en la pregunta, partiendo del supuesto de que acceder a unos es un indicador de un mayor interés por la ciencia que acceder a otros, hemos contado con la colaboración de la Catedrática de Periodismo Carolina Moreno Castro, de la Universidad de Valencia, en calidad de experta en comunicación de la ciencia. En concreto, le pedimos que respondiera a la siguiente pregunta: “Si quisiéramos utilizar el acceso a los medios de comunicación como indicador



del interés por la ciencia, ¿hasta qué punto considera que consultar información en los siguientes medios refleja interés por la ciencia en una escala de 0 (nada) a 4 (mucho)?". A continuación, hemos creado una variable para cada medio de comunicación a la que asignamos el valor 1 si la persona encuestada lo ha mencionado en la primera opción, y el valor 0 si no ha sido así. Por último, con la valoración de los medios de comunicación recibida de Carolina Moreno hemos creado el indicador Acción1 mediante la siguiente función:

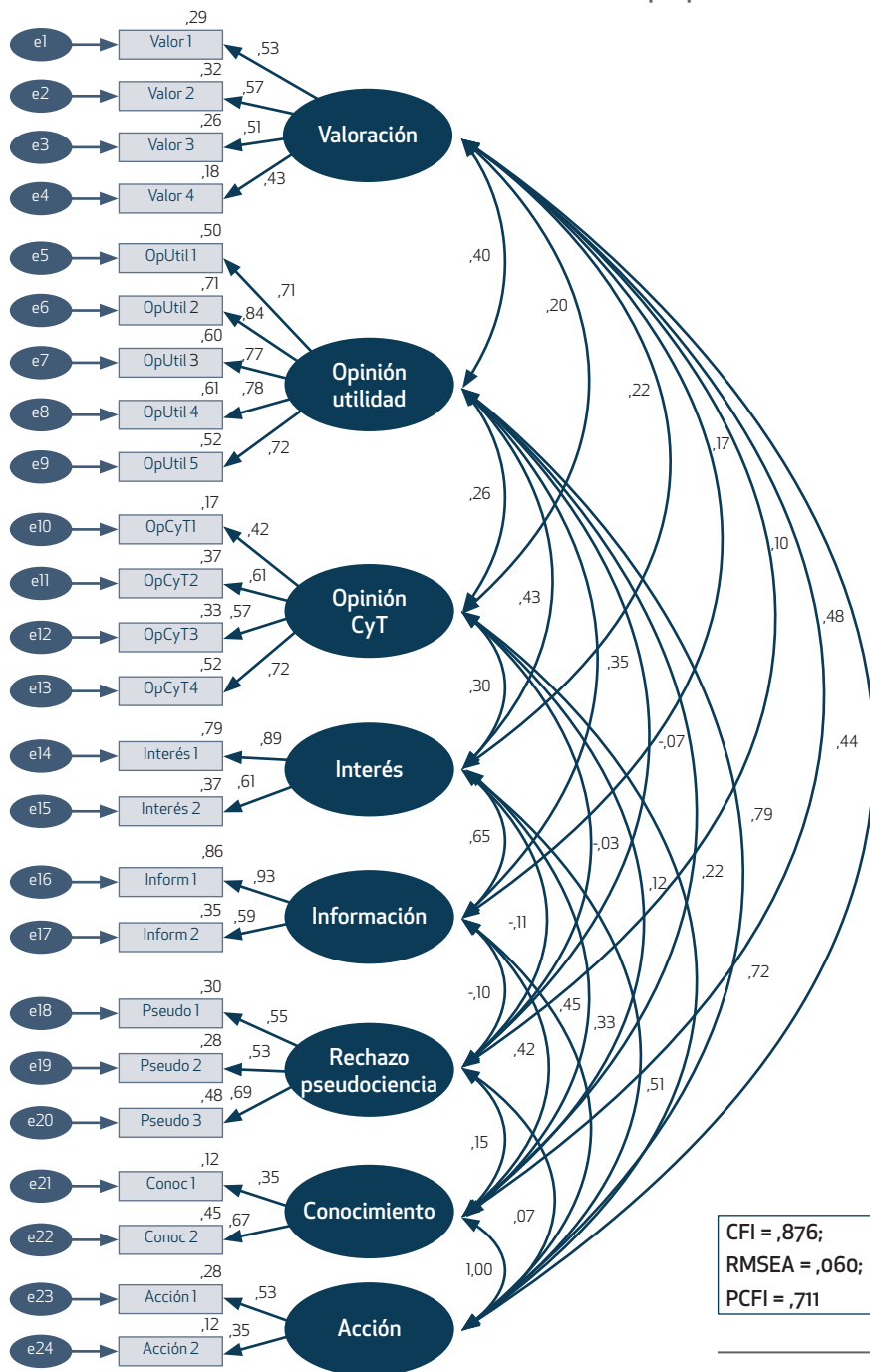
$$\text{Acción1} = 4 * \text{P.10\_1 Blogs} + 3 * \text{P.10\_2 Redes sociales} + 2 * \text{P.10\_3 Prensa general} + 3 * \text{P.10\_4 Prensa específica} + \text{P.10\_5 Radio} + \text{P.10\_6 Youtube} + 2 * \text{P.10\_7 Wikipedia} + \text{P.10\_8 Mensajería} + 4 * \text{Libros} + 2 * \text{Prensa en papel} + \text{Radio} + 3 * \text{Revistas de divulgación} + \text{Televisión}.$$

## ■ EL MODELO PICA SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA

El modelo de medida puesto a prueba inicialmente, incluyendo los 8 factores mencionados, se muestra en el gráfico 2. Para valorar el ajuste del modelo a los datos nos basamos en los tres estadísticos más utilizados: RMSEA (*Root Mean Square Error of Aproximation*), CFI (*Comparative Fit Index*), (MacCallum, y Austin, 2000; Bentler, 1990), y *Parsimony Comparative Fit Index* para analizar la parsimonia del modelo. La parsimonia busca garantizar el máximo ajuste con el mínimo de complejidad, es decir, con el número mínimo de parámetros. Porque se puede alcanzar un ajuste perfecto a base de incluir parámetros hasta el infinito, pero eso no tiene sentido desde un punto de vista teórico. Respecto a los puntos de corte, hemos considerado que el ajuste es aceptable si RMSEA no supera el valor 0,08 (Byrne, 2010), CFI tiene un valor superior a 0,90 (Byrne, 2010) y PCFI no está por debajo de 0,5 (Mulaik et al., 1989).

Atendiendo a esos criterios, es evidente que el modelo inicial no se ajusta bien a los datos. El siguiente paso, entonces, es identificar cuál es la razón de la falta de ajuste. En primer lugar, se observa que, aunque el factor "rechazo a la pseudociencia" está bien definido, hay una asociación muy débil con el factor conocimiento, con el que debería estar fuertemente asociado según la

Gráfico 2. Modelo de medida inicial con los ocho factores propuestos.



Fuente: EPSCYT 2016, FECYT. Elaboración propia.

hipótesis de la que hemos partido, a la vez que no hay relación con el resto de factores. Por tanto, no parece que tenga mucho sentido incluir este factor en el modelo. Al eliminarlo, el ajuste mejora pero continúa sin ser aceptable. El peso de todos los factores sobre los indicadores es significativo (superior a 0,30), por lo que la falta de ajuste debe atribuirse a que el modelo no incluye alguna asociación relevante entre los siete factores que permanecen.

Para identificar esta falta de especificación AMOS calcula los Índices de Modificación (IM). Dado el elevado número de grados de libertad que tiene un modelo real, estos índices permiten establecer cómo se puede mejorar el ajuste añadiendo relaciones que no se han especificado inicialmente. Evidentemente, hay que utilizarlos con mucha cautela y siempre tienen que poderse justificar desde el punto de vista de la teoría. Por tanto, de todos los que ofrece el paquete estadístico, solo tienen sentido dos tipos de IM:

1. Los que reflejan correlaciones entre los términos de error de los indicadores de un mismo factor, que informan de un cierto grado de solapamiento entre ellos. Además, teniendo en cuenta que hacen referencia a una falta de especificación en la medición, las modificaciones que proponen se aplicarán exclusivamente en la fase de testeo del modelo de medida.
2. Los que establecen la influencia de un factor sobre los indicadores de otro factor, que hacen referencia a errores en la especificación de las relaciones entre ellos y, por tanto, son relevantes cuando se trata de alcanzar el ajuste del modelo estructural.

Teniendo esto en cuenta, hemos analizado los IM del modelo de medida que proponen la inclusión de correlaciones entre los términos de error. Para mejorar el ajuste habría que incluir una correlación entre estar interesado y estar informado. Como en el modelo postulado son indicadores de factores distintos, lo que este resultado nos indica es la necesidad de combinar ambos factores en uno. Por tanto, hemos creado el factor "Interés" con dos indicadores: interesado por la ciencia e informado sobre ciencia. Así es como hemos definido este factor en trabajos previos, demostrando lo adecuado de la decisión inicial. La única diferencia con lo que habíamos hecho hasta la fecha es que en este caso hemos creado un indicador que combina el interés y sentirse informado por los cuatro temas presentes en la encuesta que se asocian directamente con la ciencia, como ya hemos explicado. Al actuar así el ajuste es aceptable:

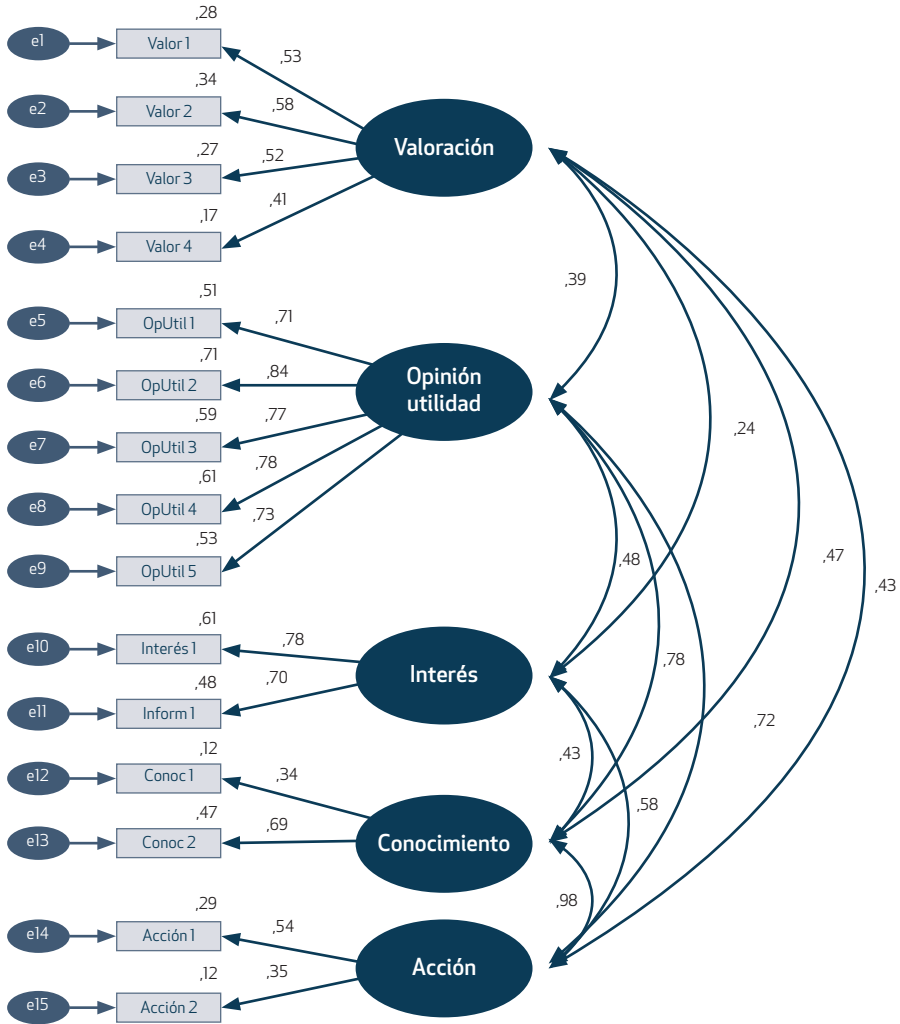
CFI=0,911; RMSEA=0,057 y PCFI=0,730. No obstante, se observa que la asociación del factor "opinión sobre la ciencia y la tecnología" con el resto de factores es significativa, pero muy débil. Teniendo en cuenta que un modelo debe intentar ser parsimonioso, y considerando también las dificultades para definir el factor "opinión sobre la ciencia y la tecnología" que ya hemos mencionado, hemos probado a quitar este factor del modelo. Al hacerlo, el ajuste mejora significativamente (gráfico 3). Para valorar si la mejora en el ajuste es significativa nos hemos basado en el criterio establecido por Cheung y Rensvold (2002). Según estos autores, la diferencia entre los valores del estadístico CFI en los dos modelos que se comparan debe ser superior a 0,01. La diferencia en CFI entre el modelo del gráfico 2 y el del gráfico 3 es igual a 0,022.

A grandes rasgos, este modelo indica que hay cinco factores, definidos conjuntamente por 17 indicadores, que mantienen relaciones significativas entre sí. La más estrecha, casi perfecta, se produce entre el conocimiento, en el que juega un papel determinante la percepción del nivel de la educación científica recibida, y la acción, definida a su vez como resultado de informarse sobre ciencia en los medios de comunicación disponibles y afrontar algunas situaciones que forman parte de la vida diaria de cualquiera de nosotros.

El conocimiento también mantiene una relación estrecha con la opinión sobre la utilidad de la ciencia para diversos ámbitos de la vida. Esta relación tiene mucho sentido si recordamos que esta pregunta, en realidad, hacía referencia a la utilidad de la formación científica recibida. No obstante, el hecho de que la correlación sea alta (0,72), pero claramente inferior a la que hay entre conocimiento y acción (0,98), parece indicar que las personas participantes han pensado en la utilidad de la ciencia y no tanto en la de la formación científica a la hora de elegir su respuesta, como ya hemos señalado. Esto es un indicador de lo acertado de la decisión de considerarlo como un factor separado del conocimiento. Teniendo en cuenta que el ajuste alcanzado es bueno, este será el modelo que utilizaremos para poner a prueba el modelo factorial de segundo orden sobre la imagen de la ciencia. Para hacerlo, solo tenemos que sustituir las flechas bidireccionales entre los factores por el factor de segundo orden "imagen de la ciencia". El resultado obtenido se muestra en el gráfico 4.

Como se puede observar, el ajuste del modelo así definido es bueno, lo que nos indica que los cinco factores incluidos permiten dar cuenta de un segmento de la imagen de la ciencia que pone el foco en su utilidad. Es evidente que con indicadores diferentes podríamos haber analizado otros factores y, en

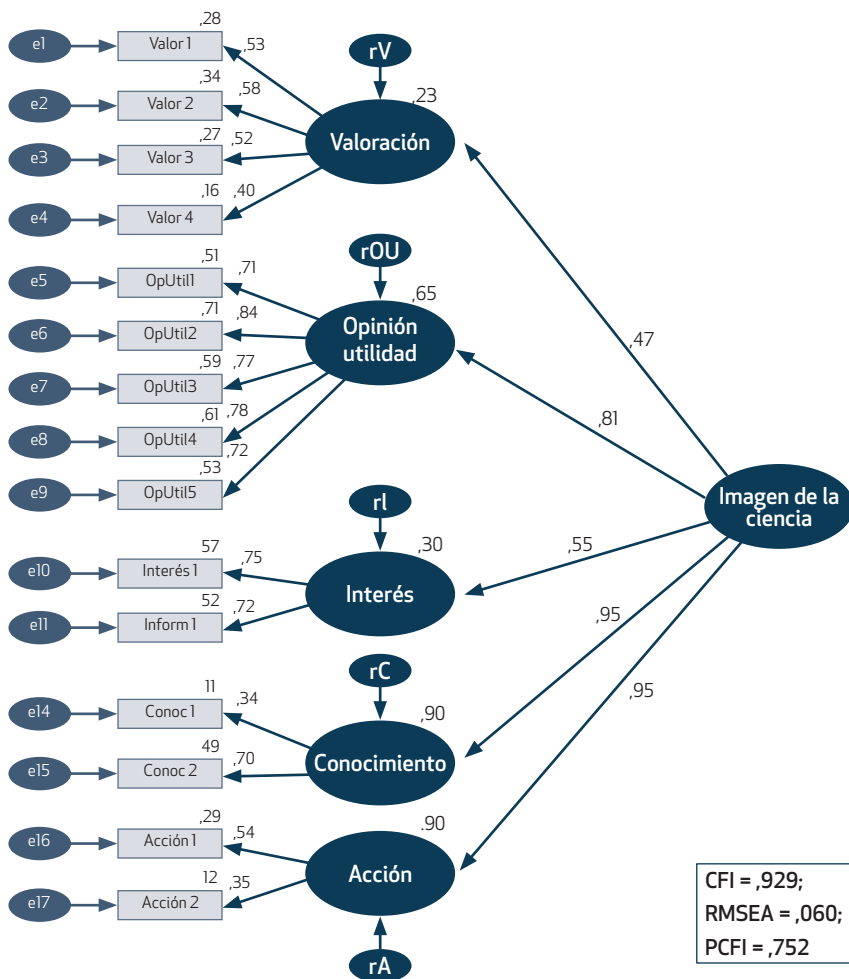
Gráfico 3. Modelo de medida final con los cinco factores que definen la imagen de la ciencia.



CFI = ,933;  
RMSEA = ,060;  
PCFI = ,711

Fuente: EPSCYT 2016, FECYT. Elaboración propia.

Gráfico 4. Modelo factorial de segundo orden. La imagen de la ciencia



Fuente: EPSCYT 2016, FECYT. Elaboración propia

consecuencia, obtendríamos información sobre otro segmento de la imagen de la ciencia. Con los que tenemos, observamos que esta parte de la imagen de la ciencia es capaz de explicar el 90% de la varianza en conocimiento y acción y un 65% de la varianza en la opinión sobre la utilidad de la ciencia. Son porcentajes muy altos y, por tanto, señalan que los indicadores seleccionados focalizan muy bien en la parte de la imagen de la ciencia que tiene que ver con la percepción de que es útil.

Por el contrario, hay un porcentaje muy alto de la varianza en interés y en la valoración de la ciencia que queda por explicar (un 70% para el interés y un 77% en el caso de la valoración). Es evidente que en estos factores influyen otras cuestiones relevantes que no hemos podido identificar con los indicadores disponibles. Por tanto, el modelo del gráfico 5 será el punto de partida para poner a prueba el modelo estructural en sentido estricto, es decir, el que define los vínculos entre los cinco factores que permanecen en el modelo: valoración, opinión sobre la utilidad de la ciencia, interés, conocimiento y acción. En el momento de definir los indicadores de cada factor nos hemos encontrado con algunas dificultades, especialmente porque daba la impresión de que algunos de ellos podrían ser indicadores de más de un factor. Por tanto, la gran ventaja de este modelo frente a los dos anteriores es que nos va a permitir definir de manera detallada todas las asociaciones entre los factores y sus indicadores. Los resultados se presentan en el gráfico 5.

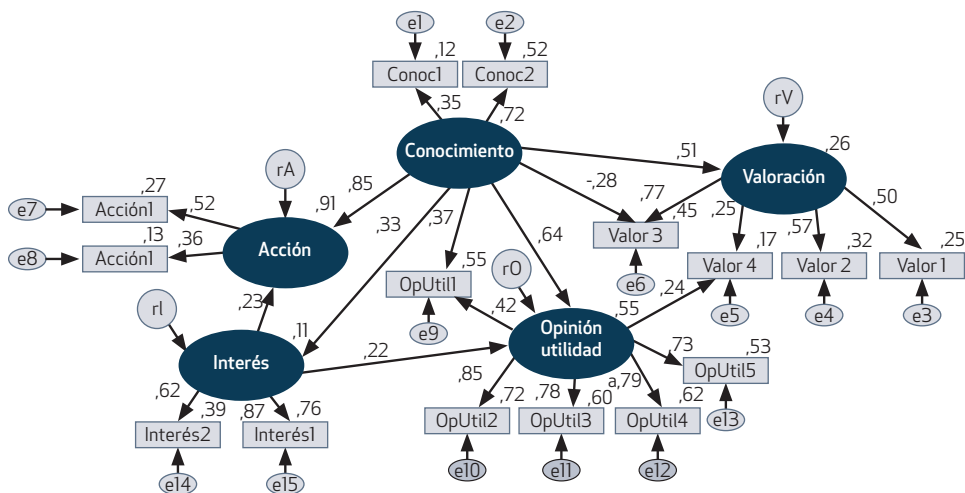
El ajuste del último modelo propuesto es muy bueno gracias a que hemos podido determinar no solo las relaciones entre indicadores y factores, sino también las vías de influencia de unos sobre otros. Esta posibilidad nos ha permitido establecer la influencia cruzada de algunos indicadores que se intuía desde el principio. Tanto el buen ajuste como las interrelaciones entre indicadores y factores son consecuencia directa de que, en esta contribución, hemos aplicado el modelo PICA a un segmento muy concreto de la imagen de la ciencia en el que, como hemos señalado, desempeña un papel central la idea de utilidad del conocimiento de ciencia.

Como viene siendo habitual, hemos encontrado que el conocimiento influye en el resto de factores, especialmente en lo que respecta a la acción y a la opinión sobre la utilidad de la ciencia. El gráfico 5 muestra también la importancia que desempeña el interés cuando se trata de llevar a cabo acciones relacionadas con la ciencia. No podemos olvidar que en este factor el mayor peso corresponde al indicador que hemos construido al cuantificar los distintos medios de información de tal manera que su acceso refleje el interés por la ciencia.

Además se observa que la opinión sobre la utilidad de la ciencia influye en un indicador concreto de la valoración de la ciencia, la pregunta en la que las personas participantes tenían que valorar hasta qué punto asocian la ciencia con ciertas cualidades positivas. Además, el indicador que mejor define la valoración de la ciencia es el que establece el balance entre los aspectos positivos y negativos del impacto de la ciencia y la tecnología sobre distintos ámbitos de

la vida. Adicionalmente, hemos encontrado que la influencia del conocimiento sobre la valoración de la ciencia va acompañada de una influencia directa (aunque con signo negativo) del conocimiento sobre el indicador anterior, de tal manera que más conocimiento se asocia con una valoración más negativa de esta cuestión. Esto constituye una evidencia en contra del modelo del déficit y a favor del supuesto de que un mayor conocimiento de la ciencia (o, al menos, una mayor percepción de capacitación en relación con esta cuestión) se asocia con una perspectiva más crítica, en la que las personas son conscientes de que la ciencia se asocia con beneficios, pero también con riesgos. Recordemos que en esta pregunta se analiza la percepción del impacto de la ciencia y la tecnología sobre cuestiones como el aumento de las libertades individuales, la generación de nuevos puestos de trabajo, la reducción de diferencias entre países ricos y pobres o la protección de los datos personas y la privacidad.

Gráfico 5. Modelo estructural sobre la imagen de la ciencia.



CFI = ,966; RMSEA = ,042; PCFI = ,745

Fuente: EPSCYT 2016, FECYT. Elaboración propia.



## ■ CONCLUSIONES

Los estudios sobre la comprensión pública de la ciencia analizan la relación entre ciencia y sociedad con la finalidad de informar, evaluar y guiar las políticas públicas de ciencia y tecnología. En este campo, las encuestas de percepción se han constituido en una herramienta metodológica fundamental. No obstante, en el análisis de los resultados obtenidos se ha prestado gran cantidad de atención a identificar el poder explicativo de las variables socioestructurales y muy poca al análisis del modo en que las personas interaccionan con la ciencia en su vida cotidiana. Y, como resultado de ello, lo que saben, desean, pueden, quieren o se sienten capaces de hacer en su relación con la ciencia continúa sin ser bien conocido.

Este desconocimiento tiene importantes consecuencias prácticas. Una de las más relevantes, a nuestro modo de ver, es que, a pesar de las críticas al modelo del déficit, que han llevado a eliminar, o al menos a dejar en un segundo plano, el conocimiento sobre la ciencia como variable explicativa, continúa estando presente la idea de que la población no está capacitada para comprender adecuadamente la complejidad de la ciencia. Como señaló Martin Bauer en el editorial del número de mayo de 2016 de la revista *Public Understanding of Science*: "Tras más de 20 años de polémicas y argumentos en contra de la idea de déficit, parece que tiene una capacidad de permanencia inusual. Tiende a regresar de una manera u otra, incluso en formas diferentes" (Bauer, 2016: 398).

La consecuencia directa es obvia: las estrategias puestas en marcha para implicar a la población con la ciencia no han ido dirigidas a capacitarla para hacer frente a los desafíos que esta plantea, sino a simplificarla para hacerla fácilmente accesible creando lo que Helga Nowotny ha llamado realidades de bajo coste. Se trata de realidades muy baratas de consumir, ya que dependen de la experiencia inmediata del flujo de imágenes y sonidos; son, además, un producto comercial de enorme éxito en nuestra sociedad. A cambio, presentan una imagen de la ciencia simplificada al máximo, desprovista incluso de algunos de los elementos que la definen (como la disensión) con el único fin de hacerla más cómoda para los ciudadanos.

En una curiosa contradicción, esta forma de concebir a la población convive con el desarrollo de estrategias dirigidas a promover la implicación de los ciudadanos con la ciencia (el *engagement*, en inglés) incluso en la toma de decisiones que tienen que ver con la gestión de la ciencia. No obstante, la demanda

de compromiso a la ciudadanía, si no va acompañada de capacitación, la pone ante una situación difícil. En primer lugar, para comprometerse, las personas necesitan recursos, siendo la información y el conocimiento algunos de los más importantes (Delli Carpini, 1999). En segundo lugar, tienen que querer hacerlo. Y la evidencia apunta a que, aunque los ciudadanos demandan un papel en la toma de decisiones sobre cuestiones relacionadas con la ciencia, no suelen participar cuando se les ofrece la posibilidad de hacerlo (Dijkstra et al., 2010).

En este contexto, el modelo PICA sobre la imagen de la ciencia que aplicamos en esta contribución parte de cuatro premisas básicas. Primera, que es imprescindible aumentar el conocimiento científico sobre el público para evitar estas inconsistencias y contradicciones. Segunda, que el constructo “imagen de la ciencia” es de gran utilidad para alcanzar este objetivo, pues representa el mapa mental que cada uno de nosotros tenemos de la ciencia. Es este mapa el que determina cómo la percibimos y cómo actuamos en relación con ella. Tercera, que la imagen de la ciencia está definida por multitud de elementos y factores que se relacionan entre sí. Cuarta, que la “forma” de esa imagen está muy influida por el conocimiento que cada persona tiene de la ciencia. Es evidente que los resultados que obtengamos al analizarla estarán condicionados por los indicadores que utilicemos para definirla. Y eso depende de cuáles están disponibles. Según sean estos, estaremos poniendo la lente sobre un segmento u otro de esta imagen.

Los resultados obtenidos en esta contribución nos indican que cuando se pone el foco en la percepción que las personas tienen del nivel de conocimiento científico del que disponen, los elementos que contribuyen a definir la imagen de la ciencia están directamente relacionados con la idea de que la ciencia es útil para desenvolverse en el día a día, por un lado, y con las acciones que implican incorporar esta percepción en la búsqueda de información científica y aplicarla a la resolución de situaciones cotidianas, por otro. Hemos encontrado que la percepción de que el conocimiento sobre ciencia ayuda a desenvolverse en el día a día es un factor determinante para que las personas se impliquen con ella. Por este motivo, los modelos puestos a prueba en esta contribución muestran una asociación casi perfecta entre conocimiento y acción.

A diario, y a todos los niveles, el desarrollo de la ciencia y la tecnología enfrenta a los ciudadanos a nuevos desafíos. Es de esperar que las elecciones que realizan y las decisiones que tomen estén orientadas por la necesidad percibida de basarse en la mejor información disponible. Eso requiere de ellos capacidad

para valorar la calidad de las fuentes y la consistencia de la evidencia. Para hacerlo necesitan disponer de las herramientas adecuadas y, algo que resulta fundamental, necesitan percibir que tienen capacidad para utilizarlas.

Creemos que esta es una conclusión importante que, además, tiene una gran utilidad para el diseño de medidas dirigidas a hacer más fluida la relación de la ciudadanía con la ciencia: las acciones que se pongan en marcha para conseguir este objetivo serán más eficaces cuanto más se orienten a capacitar a los ciudadanos para que incorporen una orientación hacia la ciencia, una actitud científica, a desenvolverse en el mundo actual, definido en gran medida por los desarrollos científicos y tecnológicos.

Es de esperar que con esta actitud general la población sea menos vulnerable a los mensajes que, intencionadamente o no, solo contribuyen a distorsionar la relación de la sociedad con la ciencia.

Hay constantes noticias que apuntan a la necesidad de actuar en este sentido. A modo de ejemplo, tras la presentación de los resultados de la edición 2016 de la encuesta realizada por FECYT, la noticia más destacada ha sido el hallazgo de que algo más del 50% de la población española cree que la homeopatía es eficaz. Uno de los elementos clave en esta afirmación, a nuestro modo de ver, es el verbo "creer". No hay evidencia científica de que la homeopatía sea eficaz. Sin embargo, señalar este hecho (porque es un hecho), genera importante controversia y enorme rechazo por parte de quienes, por encima de todo, creen en la homeopatía. Las creencias son personales y deben ser respetadas. Aunque no es lo deseable, si alguien cree en la homeopatía y decide utilizarla como terapia complementaria, está en libertad de hacerlo, por supuesto. Sin embargo, cuando esta creencia lleva a rechazar el tratamiento adecuado, como ha ocurrido en el caso de un niño italiano que murió en 2016 como consecuencia de una otitis que los padres insistieron en tratar únicamente con homeopatía, la creencia en esta pseudoterapia entra de lleno en el terreno de lo peligroso.

Esta realidad es la que hace necesario que las autoridades responsables pongan manos a la obra y se esfuercen por conseguir que los ciudadanos sean cada vez más capaces de incorporar el conocimiento de la ciencia a la gestión de su vida cotidiana. Una vez alcanzado este objetivo, es posible que después quieran comprometerse a ser parte activa de la toma de decisiones sobre política científica. Pero, a nuestro modo de ver, este segundo propósito tiene

sentido si, y solo si, hemos alcanzado antes el primero. Los resultados de esta contribución nos indican que hacer hincapié en la utilidad del conocimiento de ciencia para desenvolvemos en nuestro día a día puede ser una estrategia eficaz si lo que se busca es lograr el compromiso de la ciudadanía.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

Bauer, Martin (2016). "Results of the essay competition on the 'deficit concept'", *Public Understanding of Science*, 25(4): 398-399.

Bauer, Martin 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, Peter M. (1990). "Comparative fit indexes in structural models", *Psychological Bulletin*, 107: 238-246.

Byrne, Barbara M. (2010). *Structural Equation Modeling with AMOS*. New York: Routledge.

Cheung, Gordon G. y Roger B. Rensvold (2002). "Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance", *Structural Equation Modelling*, 9(2): 233-255.

Comisión Europea (2013). *Green Paper on Citizen Science. Citizen Science for Europe. Towards a better society of empowered citizens and enhanced research (en línea)*. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/green-paper-citizen-science-europe-towards-society-empowered-citizens-and-enhanced-research>, último acceso 8 de junio de 2017.

Damasio, Antonio. (2010). *Y el Cerebro Creó al Hombre*. Barcelona: Ediciones Destino.

Delli Carpini, Michael X. (1999). "In search of the information citizen: What Americans know about politics and why it matters", *The Communication Review*, 4: 129-164.

Dijkstra, Anne M. et al. (2010). "Public participation in genomics research in the Netherlands: Validating a measurement scale", *Public Understanding of Science*, 21(4): 465-477.

EC (2012). *Responsible Research and Innovation. Europe's Ability to Respond to Societal Challenges*. Research and Innovation. European Union.

González García, Marta I., José Antonio López Cerezo y José Luis Luján López (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid: Editorial Tecnos.

Hair, Joseph F. et al. (1998). *Multivariate data analysis*. 5th ed., Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Hewstone, Miles et al. (1992). *Introducción a la Psicología Social*. Barcelona: Editorial Ariel.

House of Lords Select Committee on Science and Technology (2000). *Science and Society: Third Report*. London: Her Majesty's Stationery Office.

Lewenstein, Bruce (1991). *When Science Meets the Public*. Proceedings of a Workshop Organized by the American Association for the Advancement of Science Committee on Public Understanding of Science and Technology, Washington D.C., February 17.

MacCallum, Robert C. y James T. Austin (2000). "Applications of structural equation modeling in psychological research", *Annual Review of Psychology*, 51: 201-226.

Macintyre, Susan (1995). "The public understanding of science or the scientific understanding of the public? A review of the social context of the 'new genetics'", *Public Understanding of Science*, 4(3): 223-232.

Miller, John (1983). "Scientific literacy: A conceptual and empirical review", *Daedalus*, 112(2): 29-48.

Mulaik, Stanley A. et al. (1989). "Evaluation of goodness-of-fit indices for structural equation models", *Psychological Bulletin*, 105: 430-445.

Muñoz van den Eynde, Ana (2014). "Conocimiento, confianza y compromiso. A vueltas con el modelo del déficit". En: Ana Muñoz van den Eynde y Emilia 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. (2015). "Factores que contribuyen a construir la imagen pública de la ciencia. La relación entre percepción, interés y conocimiento". En: FECYT, *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2014*. Madrid: FECYT.

Muñoz van den Eynde, Ana (en prensa). "La imagen de la ciencia en Chile: aportes del Modelo PICA al análisis de los resultados".

Muñoz van den Eynde, Ana; Belén Laspra e Irene Díaz García (2016). *El estudio de la cultura científica. El cuestionario PICA sobre Percepción, Interés, Conocimiento y Acciones relacionadas con la ciencia*, Colección Documentos Ciemat, Madrid: Ciemat.

Muñoz van den Eynde, Ana; Belén Laspra e Irene Díaz García (2017). "Exploring the image of science: Neural nets and the PIKA model, *Advances in Research*, 9(5): 1-19.

Nowotny, H. (2005). High and low-cost realities for science and society, *Science*, 308, 1117-1118.

Pardo, Rafael y Félix Calvo (2002). "Attitudes toward science among the European public: a methodological analysis", *Public Understanding of Science*, 11: 155-195.

Ruiz, Miguel Ángel; Antonio Pardo y Rafael San Martín (2010). "Modelos de ecuaciones estructurales", *Papeles del Psicólogo*, 31 (1): 34-45.

Shapin, Steven (1990). "Science and the public". En: Robert C. Olby et al. (eds.), *Companion to the History of Modern Science*, London: Routledge.

Wong, Siu Ling y Derek Hodson (2009). "From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge", *Science Education*, 93: 109-130.