

# EL PROYECTO PICA SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA: INFORME DE RESULTADOS



ANA MUÑOZ VAN DEN EYNDE



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA, INNOVACIÓN  
Y UNIVERSIDADES

**Ciemat**

Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas



**EL PROYECTO PICA SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA:  
INFORME DE RESULTADOS**

**ANA MUÑOZ VAN DEN EYNDE**

Es propiedad:

EDITORIAL CIEMAT  
Avda. Complutense, 40  
28040-MADRID  
2018

Catálogo general de publicaciones oficiales  
<http://www.060.es>

Depósito Legal: M-29672-2018  
ISBN: 978-84-7834-797-1  
NIPO: 058-18-018-X

El CIEMAT no comparte necesariamente las opiniones y los juicios expuestos en este documento, cuya responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

Publicación incluida en el programa editorial del suprimido Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y editada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (de acuerdo con la reestructuración ministerial establecida por Real Decreto 355/2018, de 6 de junio

## **EL PROYECTO PICA SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA**

### **Informe de los resultados obtenidos al testar la versión 2 del cuestionario PICA en una muestra de personas interesadas por la ciencia**

Ana Muñoz van den Eynde

Unidad de Investigación en Cultura Científica (UICC) – CIEMAT

#### **RESUMEN**

En la Unidad de Investigación en Cultura Científica (UICC) del CIEMAT analizamos la relación de la sociedad con la ciencia con el fin de contribuir a que la sociedad se apoye en ella en la gestión de su vida cotidiana en un contexto en el que dependemos cada vez más de los desarrollos científicos y tecnológicos. Para alcanzar este objetivo es necesario fomentar en la población el desarrollo de una actitud científica en la toma de sus decisiones cotidianas. Pero es necesario actuar también en la otra dirección, desde la ciencia hacia la sociedad, contribuyendo a que la primera cuente con la segunda. Para ello, como han dicho reputadas voces en el campo de los estudios sociales de la ciencia, hace falta aumentar nuestro conocimiento científico de la sociedad que interacciona con la ciencia. Con esta finalidad, en la UICC hemos propuesto el modelo PICA sobre la imagen de la ciencia, que representa el segmento de esta imagen definido por la interacción entre la Percepción, el Interés, el Conocimiento y las Acciones que las personas llevan a cabo en relación con ella. Para ponerlo a prueba, estamos desarrollando el cuestionario PICA, una herramienta metodológica diseñada para hacer frente a algunas de las dificultades que han limitado hasta la fecha la investigación sobre la relación entre ciencia y sociedad. En esta contribución presentamos los resultados de administrar la versión 2 del cuestionario PICA a una muestra de personas interesadas por, y conocedoras de la ciencia, que tuvieron acceso a él a través de una aplicación online. Los resultados obtenidos proporcionan evidencia a favor de la hipótesis de que el conocimiento sobre ciencia influye de manera directa en la percepción y el interés. A diferencia de lo esperado, no hemos encontrado que influya de manera directa en las acciones, sino que lo hace de forma indirecta a través del interés. Hemos utilizado los datos de la edición 2016 de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia realizada por FECYT para poner a prueba el modelo PICA en una muestra representativa de la población española y hemos encontrado como principal diferencia que en la población general el conocimiento tiene una influencia directa sobre el desarrollo de acciones relacionadas con la ciencia, y otra indirecta mediada por el interés. Por último, hemos encontrado evidencia de que es necesario que haya conocimiento sobre ciencia para que se produzca interés.

## ABSTRACT

In the Research Unit on Scientific Culture (UICC, for its acronym in Spanish) of CIEMAT we analyse the relationship of society with science with the aim of contributing to society count on science in the management of their daily life in a context growingly dependent on the scientific and technological developments. In achieving this aim there is the need to foster in the population the development of a scientific attitude in decision making in their daily life. But it is also necessary to act in the other direction, contributing to science counting on society. For doing this, as some reputed voices in the field of social studies of science have said, it is necessary to increase our scientific knowledge of the society that interacts with science. With this purpose, in the UICC we have proposed the PIKA model about the image of science. This model defines the section of the image of science shaped by the interaction of the factors Perception, Interest, Knowledge and Actions related to science. In order of testing the model we are developing the PIKA questionnaire, a methodological tool designed for tackling some of the difficulties that have hampered the research on the relationship of society with science. In this contribution we present the results obtained after distributing the online link to the second version of the PIKA questionnaire to a sample of people interested in, and knowledgeable about science. We found evidence in favour of the hypothesis that knowledge about science directly influences perception and interest. Contrary to the expected, we did not find evidence of the direct influence of knowledge in actions, but only of its indirect influence through interest. We used the data from the 2016 edition of the Survey of Social Perception of Science of FECYT to test the PIKA model in a representative sample of the Spanish population. As the main difference between the two samples, we found that in the general population knowledge influences directly action, and has an indirect effect mediated by interest. Finally, we found evidence that knowledge about science is a prerequisite for interest.

## AGRADECIMIENTOS

En el desarrollo del Proyecto PICA tenemos mucho que agradecer a muchas personas, así que debemos aprovechar todas las posibilidades que se nos presenten para darles el reconocimiento que se merecen. Irene Díaz García y Belén Laspra participaron activamente en el diseño de las dos versiones disponibles hasta la fecha del cuestionario PICA. Sin su contribución quizá también habría sido posible, pero desde luego habría sido diferente. Y los resultados obtenidos hasta la fecha nos indican que hemos ido por el buen camino. Belén Laspra fue, además, la principal promotora del cambio en el nombre (y, por tanto, en el enfoque) del modelo PICA. A ella le debemos prestar cada vez más atención a la dimensión conductual (las Acciones) en la relación de la sociedad con la ciencia. Las circunstancias de la vida han hecho que nuestros caminos se separen, pero siempre estarán asociadas a los orígenes de este proyecto.

Gracias a la Unidad de Desarrollo de Aplicaciones y Sistemas Informáticos del CIEMAT disponemos de una herramienta magnífica para distribuir el cuestionario PICA a través de Internet. En su diseño y desarrollo les hemos presentado múltiples e importantes retos, y no podemos más que estar agradecidos por su disposición a afrontarlos y su capacidad para encontrar una buena solución.

Una iniciativa como esta no tiene sentido si no conseguimos obtener datos fiables y válidos. Eso requiere un importante esfuerzo de difusión y distribución del enlace. En esta tarea hemos recibido siempre apoyo de los y las colegas con los que colaboramos desde hace más de diez años. Queremos destacar de manera especial a José Antonio López Cerezo y Carolina Moreno Castro por haber conseguido involucrar a los equipos rectorales de las Universidades de Oviedo y Valencia, respectivamente, en la distribución del enlace a todos los y las alumnos. Por parte de la Universidad Complutense de Madrid obtuvimos la inestimable colaboración de Jose Manuel Pingarrón Carrazón (Vicerrector de Transferencia de Conocimiento y Emprendimiento) y Julio Contreras Domínguez (Vicerrector de Estudiantes). Y desde la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) nos proporcionaron todo su apoyo Ricardo Mairal Usón (Vicerrector de Profesorado y Planificación), Esther Souto Galván (Vicerrectora de Investigación e Internacionalización) y María Ángeles González Galán (Vicerrectora de Estudiantes).

No podemos tampoco olvidarnos de la ayuda que nos han proporcionado Marta I. González García y Natalia Fernández Jimeno (Universidad de Oviedo), Francisco Javier Gómez González, Guillermo Aleixandre Mendizábal y Santiago Cáceres Gómez (Universidad de Valladolid), Montaña Cámara Hurtado (Universidad Complutense), Ana García Laso y Domingo A. Martín Sánchez (ETSI de Minas y Energía – Universidad Politécnica de Madrid), Santiago M. López García e Irene López Navarro (Universidad de Salamanca), Jesús Rey Rocha (CSIC), Gonzalo

Remiro Ródenas (FECYT), Fermín Serrano y Mari Carmen Ibáñez (Fundación Ibercivis) y el programa de Televisión Española “La Aventura del Saber”.

Gracias a todos ellos hemos conseguido involucrar en la tarea de ofrecer respuestas de calidad al cuestionario PICA a casi 1.600 personas. Como la participación es anónima, no tenemos opción de darles las gracias de manera personalizada, pero eso no debe ser óbice para mostrar nuestro reconocimiento. Sin ellos, este trabajo no habría sido posible. Además, hemos tenido la oportunidad de generar una red de más de 200 personas interesadas y motivadas que no solo nos han ayudado en esta investigación, sino que han colaborado con nosotros en otras que hemos realizado posteriormente y cuyos resultados están a la espera de que dispongamos de la oportunidad de dedicarles el tiempo y el esfuerzo que se merecen.

Es posible que se nos haya olvidado alguien. Si es así, lo sentimos de corazón.



## ÍNDICE

<b>El problema de investigación</b> .....	<b>6</b>
<b>Marco conceptual: el Modelo PICA sobre la imagen de la ciencia</b> .....	<b>9</b>
<b>El Cuestionario PICA</b> .....	<b>13</b>
<b>La recogida de datos</b> .....	<b>16</b>
<b>La muestra</b> .....	<b>18</b>
<b>Obtención de los indicadores</b> .....	<b>21</b>
Indicadores del factor P (Percepción) .....	<b>22</b>
Indicadores del factor I (Interés) .....	<b>29</b>
Indicadores del factor C (Conocimiento).....	<b>32</b>
Indicadores del factor A (Acciones).....	<b>39</b>
<b>Análisis descriptivo de los indicadores</b> .....	<b>43</b>
<b>Análisis de la calidad de los datos</b> .....	<b>47</b>
<b>El consumo de salmón modificado genéticamente como indicador de actitud hacia la ciencia</b> .....	<b>50</b>
<b>Evidencia a favor del modelo PICA: el modelo estructural</b> .....	<b>54</b>
<b>Comparación de la muestra PICA con la población española</b> .....	<b>57</b>
<b>¿Qué es antes, el interés por la ciencia o el conocimiento?</b> .....	<b>61</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>65</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>73</b>
<b>Anexo</b> .....	<b>77</b>

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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, Durant, Evans y Thomas atribuyen al interés el papel de factor desencadenante de la comprensión de la ciencia porque, dicen ellos, hace falta interés para querer conocer y para llegar a tener actitudes. Los resultados obtenidos al preguntar por estas cuestiones a una muestra de ciudadanos americanos y a otra de ciudadanos británicos los llevó a concluir que las personas encuestadas estaban muy interesadas en la ciencia pero tenían un conocimiento muy pobre del tema. Es decir, el desencadenante estaba, pero el elemento desencadenado no. A pesar de este resultado, la mayor parte de los esfuerzos realizados desde entonces para acercar la ciencia a la sociedad han seguido poniendo el foco en fomentar el interés de la población por la ciencia y la tecnología a cualquier precio, creando lo que Helga Nowotny (2005) ha llamado realidades de bajo coste. Estas realidades son muy “baratas” de consumir, ya que dependen de la experiencia inmediata del flujo de imágenes y sonidos, por lo que son un producto comercial de enorme éxito en nuestra sociedad. Como es de esperar, esta manera de actuar ha dejado huella en la población. Por un lado, los resultados de las encuestas muestran que las cifras de interés aumentan de una edición a otra. Por otro, al tratar de establecer qué significa que alguien manifieste estar interesado por recibir noticias de ciencia y tecnología en competición con otros temas, como educación, cine y espectáculos, política o deportes, por mencionar algunos, hemos encontrado una relación, cuando menos, preocupante. La ciencia se asocia con el ocio y el cine, posteriormente con cuestiones más relacionadas con la actualidad, como la política. Y solo en última instancia se vincula con la educación, que debería ser su aliado natural (Muñoz van den Eynde, 2015). Esto significa que casi treinta años después del estudio de Durant, Evans y Thomas nos encontramos en el punto de partida. De aquí llegamos a la conclusión de que la investigación sobre la relación de la sociedad con la ciencia se encuentra metida en una especie de círculo vicioso del que convendría extraerla.

Hay muchos indicios de esta circularidad. Así, se critica la ausencia de un marco teórico que ayude a interpretar los datos que se obtienen, pero sigue sin formularse uno. Se critican las preguntas de las encuestas de percepción de la ciencia, pero no se cambia ninguna (al menos de manera significativa) apelando a la necesidad de garantizar la posibilidad de comparar los resultados e indicadores que se obtienen. Pero, ¿qué resultados, si no estamos seguros de lo que significan? ¿Y qué indicadores, si no está claro a qué hacen referencia? Se critica el modelo del déficit (la idea de que la relación de la población con la ciencia está determinada por sus dificultades para comprenderla), pero en realidad sigue vigente, como ha señalado Martin Bauer (2016) en el editorial del monográfico sobre el modelo del déficit de la revista *Public Understanding of Science*. Por último, la crítica al modelo

del déficit, combinada con las dificultades para medir el conocimiento, ha hecho que este deje de ser considerado una variable relevante en el análisis de la relación de la sociedad con la ciencia. Pero, ¿tiene algún sentido pensar que el conocimiento no influye en el modo en que nos relacionamos con la ciencia? Nosotros creemos que no.

La realidad que acabamos de presentar es consecuencia de varios problemas. Desde el punto de vista de la investigación sobre la relación de la sociedad con la ciencia cabe destacar dos. En primer lugar, la situación nos hace pensar en las diferencias entre lo que se ha dado en llamar ciencia básica y ciencia aplicada. En este sentido, se puede considerar que la investigación en este campo ha estado dirigida por la necesidad de la política y, por tanto, se ha abordado con la finalidad de obtener información práctica que pueda aplicarse al diseño y desarrollo de medidas para acercar la ciencia a la sociedad. Esto ha generado una especie de huida hacia delante, la tendencia a hacer nuevas propuestas sin revisar lo hecho hasta entonces, sin dedicar el suficiente tiempo y espacio a la reflexión. En segundo lugar, aunque es evidente que no hay un único método de hacer ciencia, también es cierto que hay una serie de consideraciones a tener en cuenta para obtener conocimiento válido y fiable de manera que, según John Ziman (1998/2003), los científicos comparten una cultura de la ciencia. En esta contribución partimos del supuesto de que la investigación sobre la relación de la sociedad con la ciencia no ha estado suficientemente embebida en esta cultura. Aunque en ella la teoría es crucial, se ha identificado la falta de una teoría sobre la relación entre ciencia y sociedad como una de las principales debilidades de la investigación en este campo (p. e. Pardo y Calvo, 2002). Por otro lado, en la cultura de la ciencia los instrumentos desempeñan un papel fundamental, pues se asume que los datos obtenidos con un instrumento fiable son objetivos y permiten avanzar en el conocimiento. El desarrollo de instrumentos fiables necesita basarse en un diálogo entre conceptualización y operativización. La realidad es que en este campo de investigación los instrumentos (las encuestas de percepción social) se han desarrollado sin tener en cuenta un marco conceptual que defina qué se quiere medir y, por tanto, cuál es la mejor forma de hacerlo. Otro rasgo esencial de la cultura de la ciencia es el deseo de comprender el mundo por medio del análisis de los datos obtenidos. Sin embargo, los datos de las encuestas de percepción pública de la ciencia se han analizado primordialmente de manera descriptiva. Un análisis de ese tipo nos permite saber, por ejemplo, cuántas personas están poco, algo o muy interesadas por la ciencia y la tecnología, pero no nos permite averiguar qué significa realmente que las personas digan que lo están poco, algo o mucho, es decir, ¿en qué piensan cuando contestan?. Finalmente, la investigación sobre la relación de la sociedad con la ciencia ha olvidado que son las personas las que responden a las encuestas de percepción pública de la ciencia manifestando sus opiniones, que son juicios individuales y, por tanto, están influidas por el modo en que cada una de ellas procesa la información.

Con el fin de romper este círculo vicioso hemos desarrollado un marco conceptual focalizado en el constructo “imagen de la ciencia” y un instrumento de medida diseñado expresamente para obtener información sobre algunos de los elementos que contribuyen a darle forma. En este informe presentamos los resultados de poner a prueba la versión 2 del instrumento de medida, el cuestionario PICA, en una muestra de personas interesadas por la ciencia.

## MARCO CONCEPTUAL: EL MODELO PICA SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA

En los años finales del siglo XX la psicología empezó a profundizar en la investigación sobre los procesos biológicos que pueden ser causa y consecuencia de los procesos psicológicos. Como resultado, ha ido cobrando cada vez más importancia la investigación sobre los procesos biológicos implicados en el procesamiento cognitivo y afectivo, dando lugar, dentro de la psicología, a los campos de la neurociencia cognitiva y afectiva (Harmon-Jones e Inzlicht, 2016).

Este interés se ha trasladado también a la rama de la psicología que busca comprender al individuo en sociedad. Tomó cuerpo a finales del siglo XIX, momento en que se acuñó el término “psicología social”. En las primeras etapas, el objeto de estudio era el comportamiento individual influido por el contexto social y estructural (Hewstone *et al.*, 1992). La importancia cada vez mayor que ha cobrado la cognición dentro de la psicología ha acabado calando en la rama social de la disciplina hasta el punto de que, a finales de la década de 1980, los procesos cognitivos pasaron a ser concebidos como la “dinámica subyacente a la conducta social” (Zajonc, 1968, p. 391). En una fase posterior se ha cambiado el peso de la conducta social hacia los procesos cognitivos que la preceden, la acompañan y tienen lugar a posteriori. La cognición puede ser calificada como social por tres razones. Primero, tiene origen social pues se crea y se mantiene en el curso de la interacción con otras personas. Segundo, el objeto de análisis es “lo social”. Tercero, es socialmente compartida por las personas que conforman una sociedad o un grupo social (Hewstone *et al.*, 1992).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la psicología social se ha apoyado también en las aportaciones de la neurociencia para mejorar la comprensión de los procesos sociales, dando lugar al campo de la neurociencia social (Cunningham *et al.*, 2007; Harmon-Jones e Inzlicht, 2016). Esta es la perspectiva desde la que abordamos la investigación sobre la imagen de la ciencia.

Partimos del supuesto de que las personas elaboramos una imagen de la ciencia como resultado de nuestra interacción con ella en nuestra vida cotidiana, que tiene lugar en un entorno social específico. Como hemos señalado un poco más arriba, esta imagen se ve influida por la forma en que interaccionan con la ciencia las personas que viven en el entorno social concreto en el que cada uno nos desenvolvemos, es decir, se conforma socialmente. A la hora de definir esta imagen nos vamos a apoyar en el trabajo del neurocientífico Antonio Damasio. Para ello hay que tener en cuenta 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. Las imágenes son el resultado

de esos patrones de activación neuronal (Damasio, 2010) 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, Laspra y Díaz García, 2016).

Por otro lado, las imágenes mentales contribuyen a dirigir nuestras acciones, por lo que nuestra imagen de la ciencia determina nuestra interacción con ella. Para explicar cómo, Damasio apunta a que existen dos espacios cerebrales, el de las imágenes propiamente dichas, y el de las disposiciones. En el espacio de las imágenes se construyen mapas de los objetos y acontecimientos durante la percepción y se reconstruyen durante el recuerdo. Los contenidos presentes en el espacio de las imágenes son explícitos, es decir, podemos acceder a ellos de manera consciente cuando lo necesitamos. El espacio de las disposiciones incluye toda nuestra memoria, tanto la que hemos heredado en el proceso evolutivo, como la que adquirimos a través del aprendizaje. La memoria constituye la base de nuestro conocimiento e incluye también los dispositivos para reconstruir ese conocimiento en el proceso de recordar. Por tanto, las disposiciones producen dos tipos de resultados: las imágenes que se generan en el proceso de imaginación y razonamiento y los patrones de activación que se traducen en las acciones que llevamos a cabo. Nunca somos conscientes del conocimiento necesario para obtener los productos de las disposiciones, ni somos conscientes de los pasos intermedios que ha sido necesario dar. Solo somos conscientes de los resultados. Por lo tanto, las disposiciones son, necesariamente, inconscientes, existen de manera codificada, latente, no podemos acceder a ellas. Nuestra mente funciona generando imágenes, motivo por el que los resultados de las disposiciones se traducen en imágenes aunque no seamos conscientes de ellas (Damasio, 2010).

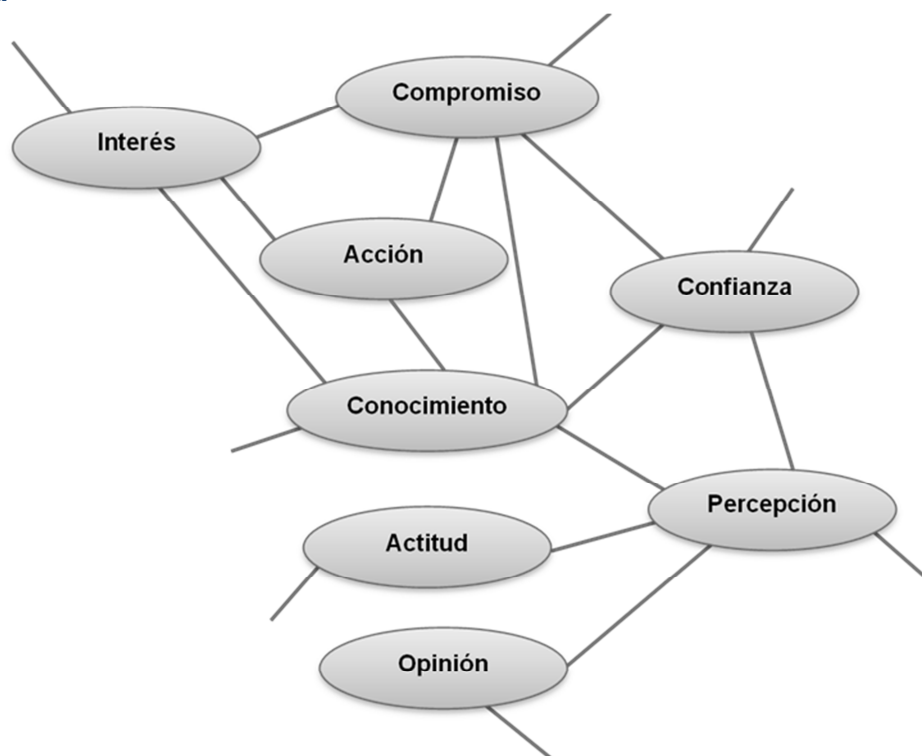
La imagen de la ciencia, por tanto, se puede representar visualmente como un mapa mental compuesto por nodos entrelazados entre sí. Es evidente que el número de nodos que la definen es enorme, de manera que para analizarla hay que focalizar en algunos de ellos. Los trabajos realizados hasta la fecha nos permiten representar en la figura 1 el segmento que recoge la interacción entre el interés, el compromiso, la acción, la confianza, el conocimiento y la percepción de la ciencia.

Las relaciones entre estos seis nodos son a su vez muy complejas, por lo que el modelo PICA se centra en analizar la interacción entre cuatro de ellos: la percepción que las personas tienen sobre la ciencia (P), su interés por el asunto (I), el conocimiento del que disponen (C) y las acciones que llevan a cabo en relación con ella (A).

La **percepción** es el proceso cognitivo por el que transformamos la información procedente de nuestro entorno en representaciones, estados mentales, imágenes que reflejan en nuestro cerebro la información procedente del exterior procesada a

partir del conocimiento y la experiencia pasada (Eysenck, 1996; Mather, 2006; Damasio, 2010). El mundo externo no se imprime automáticamente en el cerebro, sino que este trabaja de manera activa para generar modelos o predicciones que utiliza como moldes o esquemas internos que orienten la percepción y la acción. Los moldes son generados por el cerebro y en gran medida se aprenden a partir de la experiencia en un determinado contexto social. En ellos se encaja la señal procedente del exterior. Este encaje opera en todo el proceso de la percepción. Por eso la experiencia personal tiene una gran relevancia, a menudo decisiva, en cómo percibimos el mundo (Viosca, 2018). Con respecto a la ciencia, la percepción implica procesar la información científica disponible en el entorno social en el que nos desenvolvemos, interpretándola a partir de nuestro mapa mental.

Figura 1. Representación de un sector del mapa mental que define la imagen de la ciencia



Adaptado de Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2017

El modelo PICA considera que el **conocimiento** desempeña un papel esencial en conformar la imagen de la ciencia, aunque esta asunción no está libre de controversia precisamente por las críticas al modelo del déficit. Sin embargo, ambas cuestiones son independientes. Considerar que el conocimiento es un factor clave no significa defender su importancia desde una posición de superioridad en la que se niega la capacidad de los ciudadanos para comprender la ciencia (una de las críticas esenciales que se le hacen al modelo del déficit). Por el contrario, significa señalar que el conocimiento fortalece y enriquece los mapas mentales que

las personas poseen sobre la ciencia. Como consecuencia, la imagen que los ciudadanos tienen de ella es más rica y contribuye mejor a dirigir sus acciones (Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2017).

El **interés** es un constructo motivacional que se diferencia de otros de este tipo en su especificidad de contenido, es decir, siempre se dirige hacia algún objeto, actividad, campo de conocimiento u objetivo; además mantiene un estrecho vínculo con el conocimiento sobre el objeto que lo genera (Krapp y Prenzel, 2011). De este modo, el modelo PICA define el interés como una disposición general hacia la ciencia que depende del conocimiento que se tiene de ella. Como tal disposición motivacional, se considera que influye directamente en las acciones que las personas ponen en marcha en relación con la ciencia (participar en actividades de divulgación, informarse y, en última instancia, tomar decisiones incorporando la perspectiva de la ciencia).

El último componente del modelo son las **acciones** relacionadas con la ciencia. En un contexto en el que cada vez dependemos más de ella, sería deseable que todos fuéramos capaces de “practicarla”, es decir, de integrarla en nuestra vida diaria para que nos ayude a tomar decisiones y elegir cursos de acción (Cámara Hurtado y López Cerezo, 2007). No obstante, se trata de un elemento de la imagen de la ciencia que ha recibido poca atención en las encuestas de percepción social, que son la principal herramienta de la que disponemos para analizarla. Las preguntas que miden esta cuestión abordan casi de manera exclusiva la participación en actividades de divulgación científica. También se cuestiona sobre las fuentes de información científica que se consultan, o si quienes responden hablan sobre ciencia y tecnología con sus amigos. Desafortunadamente, no se han diseñado preguntas que permitan conocer si los individuos son capaces de asignar valor al conocimiento, a la información que reciben y a las fuentes que los proporcionan; si son capaces de adquirir de manera eficiente la información necesaria para resolver un problema o alcanzar un objetivo; o si buscan y exploran los conocimientos asociados con su dominio o dominios de interés personal (Pardo, 2014).



## EL CUESTIONARIO PICA

Como señaló en 2012 Máire Geoghegan-Quinn, por entonces Comisaria Europea para la Investigación, la Innovación y la Ciencia, en este punto de la historia de la especie humana debemos hacer frente a importantes retos, tarea en la que van a desempeñar un papel fundamental la ciencia, la investigación y la innovación. Por otro lado, para garantizar el mejor resultado posible las respuestas a esos desafíos deben implicarnos a todos, tener en cuenta las necesidades y ambiciones de la sociedad, reflejar sus valores, y ser responsables<sup>1</sup>.

Para poder cumplir este objetivo, necesitamos conocer en profundidad qué factores condicionan el modo en que las personas se relacionan con la ciencia. Se han realizado gran cantidad de estudios y encuestas diseñados con el objetivo de proporcionar información útil sobre esta cuestión; no obstante, presentan varias limitaciones que han acortado el alcance de los resultados obtenidos. En este sentido, hay tres cuestiones que queremos destacar.

En primer lugar, es importante prestar atención al diseño del cuestionario. Antes de pensar en cómo medir algo hay que tener claro qué se quiere medir; después hay que plantear cuál es el mejor modo de hacerlo. Para ello, debemos tener en cuenta cómo influyen las estrategias de procesamiento de la información en las respuestas de las personas que participan en el estudio. Cada uno de nosotros está sometido de forma constante a grandes cantidades de información de muchos tipos. Se llama cognición al conjunto de actividades a través de las cuales se procesa esta información. Este proceso no depende totalmente de las características *objetivas*, es más bien la reconstrucción mental de lo que es real realizada por los individuos a partir de su experiencia pasada, sus necesidades, deseos e intenciones y se realiza por los sistemas de procesamiento de la información. Disponemos de dos. El sistema de procesamiento asociativo es antiguo desde un punto de vista evolutivo, automático, y rápido. El sistema de procesamiento analítico trabaja con algoritmos y reglas que deben aprenderse de forma explícita. Es más lento y requiere esfuerzo y control continuos (Kahneman, 2011). A diferencia de lo que se suele dar por supuesto, la situación de responder a una encuesta pone en marcha el sistema de procesamiento cognitivo intuitivo, rápido y en paralelo. De hecho, se ha encontrado que las personas dedican apenas unos segundos a proporcionar una respuesta a las preguntas que se les formulan; se ha encontrado también que el enunciado de la pregunta es fundamental, ya que condiciona el procesamiento de la información incluida en él y, por tanto, la respuesta que se obtiene (Tourangeau et al., 2000). Por otro lado, cuando se pregunta explícitamente por el tema de interés se ponen en marcha dos sesgos cognitivos: la deseabilidad social y la saliencia. El primero representa la tendencia a proporcionar la respuesta que creemos que da una mejor imagen de nosotros

---

<sup>1</sup> <http://ec.europa.eu/research/science-society>

mismos. El segundo, la mayor accesibilidad cognitiva de la información contenida en las preguntas. A la hora de diseñar el cuestionario PICA se ha tenido en cuenta la necesidad de centrar la atención de los sujetos en los temas de interés y la de evitar la influencia de estos sesgos (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014).

En segundo lugar, en los diseños con encuestas la estrategia de muestreo es una cuestión metodológica básica. Si se busca generalizar los datos de la muestra a la población que se quiere estudiar hay que garantizar que la primera sea representativa de la segunda. Para conseguirlo hay que utilizar algún método de muestreo probabilístico. Pero garantizar la representatividad tiene consecuencias importantes: resulta muy costoso (en términos económicos, de recursos y de logística) y la necesidad de obtener una tasa de respuesta aceptable influye en la elaboración del cuestionario. Si es muy complejo o extenso, puede haber muchas personas que no contesten o no lo completen, de modo que al final se busca un cuestionario accesible y fácil de responder y esto limita la calidad de la información que se obtiene. Otra estrategia es utilizar un muestreo no probabilístico. Esta opción es habitual en los estudios exploratorios, en los que está por definir el conjunto de variables relevantes. En estos casos suele ser más importante el contenido del cuestionario (que proporcione información de calidad y permita profundizar en el análisis), que la representatividad. Por ellos, se suele recurrir a lo que se llama muestras de conveniencia: se obtienen datos de aquellas personas a las que se tiene fácil acceso y que deciden responder al cuestionario de forma voluntaria. Cuando se realiza un estudio de este tipo hay que tener presente la falta de representatividad de la muestra en la descripción de los resultados y en las conclusiones que se deriven del análisis de los datos. Esta es la estrategia que hemos utilizado en el análisis de la imagen de la ciencia. Por un lado, porque realizar una encuesta poblacional, como hemos dicho, resulta muy costoso. Por otro, porque el cuestionario PICA es largo y requiere mucho esfuerzo cognitivo y, en consecuencia, es evidente que solo participarán en el estudio aquellas personas que tengan una alta motivación y, además, sientan que están en condiciones de responder adecuadamente a las preguntas.

Una última cuestión a tener en cuenta es el modo de hacerla llegar a los participantes. En el desarrollo del Proyecto PICA hemos optado por utilizar una herramienta informática que permite el acceso a la encuesta a través de la Web. Se ha encontrado que es una vía de administración útil que permite obtener una buena tasa de respuesta, especialmente en personas jóvenes que están habituadas a utilizar internet (Heerwegh y Loosveldt, 2008). Por otro lado, la visión es seguramente el sentido que más afecta a nuestra mente. Gran parte de nuestro pensamiento es visual, hasta el punto de que más del 50% de la corteza cerebral humana está dedicada a este sentido (Viosca, 2018). Por tanto, hemos partido del supuesto de que será más probable que las personas que decidan formar parte del estudio inviertan el suficiente esfuerzo cognitivo en responder al cuestionario si leen las preguntas (estímulos visuales) que si las escuchan (estímulos auditivos). A

la vez, al distribuir la encuesta a través de Internet se ofrece a los participantes la opción de decidir en qué momento quieren o pueden responder. Finalmente, una encuesta online puede ser distribuida de manera masiva. Esta estrategia es fundamental para obtener una muestra lo suficientemente grande para garantizar la calidad de los resultados que se obtengan.

En 2014 se puso a prueba la primera versión en una muestra de 2.138 estudiantes pertenecientes a las universidades de Valencia, Oviedo, Complutense de Madrid, Valladolid, Salamanca, las Islas Baleares y la ETSI de Minas y Energías de la Universidad Politécnica de Madrid. Los principales resultados se recogieron en el libro “Percepción Social de la Ciencia. Claves para la Cultura Científica” (Muñoz van den Eynde y Lopera Pareja, 2014). En esa primera versión, la A del nombre hacía referencia a las actitudes. Sin embargo, tras un análisis profundo de los fundamentos teóricos del concepto de actitud, pasamos a identificarlo como un elemento de la percepción, mientras que se nos hizo cada vez más evidente que era necesario incorporar la dimensión comportamental (Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016). En la segunda versión que aquí presentamos y que hemos vuelto a poner a prueba con una muestra de estudiantes universitarios, la A hace referencia ya a esta última dimensión.

La segunda versión del cuestionario PICA está compuesta por tres secciones. La primera incluye 23 preguntas, formadas por 114 ítems, diseñadas para medir los cuatro factores del modelo (ver Anexo). La sección 2 incluye lo que hemos llamado preguntas indicador, tres cuestiones generales que miden la orientación hacia la ciencia, el interés y el nivel de conocimiento percibido; cuatro preguntas para medir la tendencia a responder con la primera idea que viene a la cabeza o, por el contrario, a invertir esfuerzo cognitivo en elaborar la respuesta (reflexión cognitiva) y un pequeño test de razonamiento verbal y visual (sofisticación cognitiva). Hemos considerado que estos dos conjuntos de preguntas son una buena herramienta para identificar el esfuerzo cognitivo que han invertido los participantes en responder. El Test de Reflexión Cognitiva ya demostró su utilidad en la versión 1 del cuestionario PICA (Muñoz van den Eynde, 2014). Por último, la sección 3 recoge las preguntas sobre las variables sociodemográficas (sexo, edad, nivel de estudios, área de los estudios y universidad de pertenencia para la muestra de universitarios). Estimamos que hacían falta unos 40 minutos para completar el cuestionario.

## LA RECOGIDA DE DATOS

El cuestionario PICA se distribuyó entre los estudiantes de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad de Valencia y la Universidad de Oviedo gracias a la colaboración e implicación de los equipos rectorales. También se distribuyó entre alumnos de las universidades de Valladolid y Salamanca y en la ETSI de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid gracias a la colaboración de nuestro grupo de colegas.

La recogida de datos se realizó entre el 24 de abril y el 31 de julio de 2017. Tras la distribución del enlace entre los alumnos de las universidades que participaron en el estudio se produjeron 5.507 clics. De ellos, 2.439 fueron acompañados de al menos la respuesta a una pregunta. Eso significa 3.068 clics (55,7% del total) que no fueron acompañados de respuesta a ninguna pregunta. Hay dos posibilidades: que se trate de personas que se han visto desanimadas al leer las instrucciones y hayan decidido no seguir; o bien que, vistas las instrucciones, hayan decidido volver a entrar en otro momento. El patrón observado hace pensar en una respuesta mixta y, por tanto, parece factible que la segunda opción sea la explicación a buena parte de estos casos: se han detectado bloques entre las respuestas en los que había gran cantidad de este tipo de clics y por el seguimiento realizado durante el proceso de recogida, nos da la impresión (aunque no podemos asegurarlo porque no hay constancia de la fecha) de que han coincidido con los distintos lanzamientos y recuerdos en las universidades que han formado parte del estudio. Por tanto, parece que ha habido un número alto de participantes que han dejado aparcado el mensaje para contestar en un momento posterior. Esto es un dato a favor de la estrategia de administración adoptada.

De los 2.439 que empezaron a responder, 540 (22,1%) lo dejaron en las 5 primeras preguntas (Acciones). De los 1.899 restantes, 249 lo dejaron en las preguntas 6 a 11 (Conocimiento). Esto supone el 13,1% de los que llegaron a este bloque de preguntas. De los 1.444 que quedaron, hubo otros 15 que no terminaron de contestar a las tres preguntas de Interés (21 a 23). Por tanto, 1.429 personas continuaron hasta el final. Esto significa que la tasa de respuesta sobre el total de clics fue del 26% y del 58,6% considerando los que iniciaron la encuesta. No obstante, aunque no sabemos exactamente el número de alumnos a los que se les distribuyó el enlace al cuestionario, sí sabemos que esa cifra excede los 100.000, por lo que la tasa global de respuesta posiblemente no llega ni al 1%. Se trata de una cifra muy baja, bastante inferior a la que obtuvimos con la primera versión del cuestionario PICA. La razón principal hay que atribuirla a la fecha en la que se realizó la recogida de datos, que coincidió con el periodo de exámenes y entrega de trabajos final de curso. Esto es algo a tener en cuenta en el futuro.

También quisimos explorar la utilidad de las redes sociales como herramienta para el estudio de la opinión pública, por lo que distribuimos un enlace entre los

contactos de la UICC en Twitter y nuestros contactos personales en Facebook. La recogida de datos se realizó en el mismo periodo y se produjeron 358 clics en el enlace a la encuesta. Hubo 223 de ellos que fueron acompañados de al menos la respuesta a una pregunta y 135 clics (37,7%) que no. De los 223 que empezaron, 41 (18,4%) lo dejaron en las 5 primeras preguntas (Acciones). De los 182 restantes, 13 (7,14%) lo dejaron en las preguntas 6 a 11 (Conocimiento). De los 169 que continuaron, 22 (13%) abandonaron en las preguntas 12 a 20 (Percepción). De los 147 restantes, hubo 2 más que no terminaron de contestar a las tres preguntas de Interés (21 a 23). En consecuencia, hemos obtenido 145 respuestas completas. Esto supone una tasa de respuesta del 41 % sobre el total de clics y del 80,8% sobre los que empezaron la encuesta. Los resultados obtenidos al distribuir el cuestionario en redes sociales fueron poco prometedores si pensamos en las cifras globales, pero no se puede olvidar que no es un tema que genere tendencia y, por otro lado, nuestra red es muy limitada. Sin embargo, hubo significativamente más personas contactadas por esta vía que completaron el estudio. Esto es una buena noticia, que nos sugiere, además, que en un futuro sería interesante comprobar el alcance y la calidad de los datos obtenidos cuando se realiza una aproximación más sistemática y profesional a la potencialidad de las redes sociales como fuente de acceso a personas interesadas en participar en el estudio de la imagen de la ciencia.

## LA MUESTRA

Como hemos señalado, la recogida de datos se saldó con la obtención de una muestra de 1.429 estudiantes universitarios y otra por 145 personas con las que contactamos a través de las redes sociales. Tanto para ver si podemos integrar ambas en una sola, como para analizar si ha influido el modo de contactarlas o el hecho de pertenecer a poblaciones de referencia algo diferentes (estudiantes de universidad vs. la población general), es conveniente compararlas. Hay dos elementos que nos resultan de interés primordial para este objetivo. Por un lado, hay que ver si ambas muestras difieren en la percepción de la ciencia. Por otro, hay que ver si hay diferencias en la calidad de las respuestas obtenidas.

En el análisis de las diferencias debidas a los factores que influyen en la imagen de la ciencia nos vamos apoyar en las tres preguntas indicador: orientación hacia la ciencia, autopercepción del nivel de conocimiento sobre ciencia e interés. Para compararlas vamos a utilizar la prueba  $\chi^2$  para una muestra. Se trata de comprobar si la distribución de las respuestas en la muestra “Universidad” se ajusta a la distribución de las respuestas en la muestra “Redes sociales”, que es la que utilizamos como referencia. Los resultados se muestran en las tablas 1 a 3. Como se puede apreciar en la primera, hay diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ) en la orientación hacia la ciencia. No obstante, la relación que muestran no es lineal; es decir, no podemos decir que los de una muestra muestren una mayor orientación hacia la ciencia que los de otra. En cambio, se observa que en la muestra “Redes sociales” los participantes han tendido en mayor medida a optar por las opciones intermedias, mientras que los estudiantes han distribuido sus respuestas a lo largo de toda la escala, destacando en el porcentaje que manifiesta dedicar mucho esfuerzo a informarse antes de enfrentarse a un problema o tomar una decisión.

Tabla 1 Comparación de las muestras “Universidad” y “Redes sociales” en el indicador 1: Orientación hacia la ciencia. Porcentajes

	Universidad	Redes sociales
<b>Indicador 1: Cuando tienes que enfrentarte a un problema o tomar una decisión, ¿hasta qué punto buscas información, te preocupas por analizar la situación, reflexionas sobre ello?</b>		
Sinceramente, no mucho. No me considero una persona especialmente reflexiva	1,3	0
Me gustaría hacerlo, pero me cuesta. Me parece que requiere mucho esfuerzo	5,7	4,8
Suelo hacerlo. Me gusta entender el porqué de las cosas y dedico algo de tiempo a investigar sobre ello, aunque sin pasarme	54	58,6
Dedico mucho esfuerzo a hacerlo. Me parece necesario analizar bien las cosas	38,2	35,2
	$\chi^2 = 229924,6$ (3 g.l.), $p < 0,01$	

En la tabla 2 incluimos los resultados de comparar ambas muestras en la autopercepción del nivel de conocimiento científico. Las diferencias son también estadísticamente significativas y muestran que las personas que se incorporaron al estudio a través de redes sociales consideran que saben más sobre ciencia que los integrantes de la muestra “Universidad”.

Tabla 2 Comparación de las muestras “Universidad” y “Redes sociales” en el indicador 2: Autopercepción del conocimiento sobre ciencia. Porcentajes

<b>Indicador 2: En tu opinión, ¿cuánto sabes de ciencia?</b>		
	<b>Universidad</b>	<b>Redes sociales</b>
Nada	1,5	0,7
Poco	51,9	40
Bastante	37,4	44,8
Mucho	7,8	14,5
<b><math>\chi^2 = 128,06</math> (3 g.l), <math>p &lt; 0,01</math></b>		

Al comparar ambas muestras en el indicador 3 sobre interés, volvemos a encontrar diferencias estadísticamente significativas, de tal manera que las personas de la muestra “Redes sociales” superan a las de “Universidad” en esta cuestión (tabla 3).

Tabla 3 Comparación de las muestras “Universidad” y “Redes sociales” en el indicador 3: Interés por la ciencia. Porcentajes

<b>Indicador 2: ¿Te consideras una persona interesada en la ciencia y la tecnología?</b>		
	<b>Universidad</b>	<b>Redes sociales</b>
Nada	0,6	0,7
Poco	13	8,3
Bastante	45,6	36,6
Mucho	39,5	54,5
<b><math>\chi^2 = 130,53</math> (3 g.l), <math>p &lt; 0,01</math></b>		

Para analizar las posibles diferencias en la calidad de los datos, vamos a utilizar los resultados obtenidos en los test de reflexión cognitiva (que mide la tendencia a responder de manera automática) y de sofisticación cognitiva. Otro indicador de calidad es el índice de diferenciación, que hace referencia al uso de diferentes valores en la escala de respuesta por parte de quienes responden (Heerwegh y Loosveldt, 2008). A mayor diferenciación, mayor calidad, pues indica que las personas no responden a todas las preguntas de manera automática, sino que las piensan bien y eligen la opción de respuesta que mejor se ajusta a su opinión. La tabla 4 recoge los resultados de comparar ambas muestras en este parámetro.

Los resultados indican que no hay diferencias en la calidad de los datos. Aunque sí las hay en el modo en que ambas muestras se “acercan” a la ciencia, esto no es

impedimento para combinarlas en una con el objetivo de analizar el segmento de la imagen de la ciencia definido por el modelo PICA.

Tabla 4 Comparación de la calidad de las respuestas de las muestras “Universidad” y “Redes sociales”. Promedios

<b>Calidad de las respuestas</b>		
	<b>Universidad</b>	<b>Redes sociales</b>
Reflexión cognitiva	2,40	2,42
	<b>T-Test = -0,172; p &gt; 0,01</b>	
Razonamiento	3,42	3,42
	<b>T-Test = 0,017; p &gt; 0,01</b>	
Índice de diferenciación	0,65	0,64
	<b>T-Test = 1,427; p &gt; 0,01</b>	



## OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES

Para definir el segmento de la imagen de la ciencia que da cuenta de la asociación entre percepción, interés, conocimiento y acciones nos apoyamos en los Modelos de Ecuaciones Estructurales (MEE). Se trata de 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.

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). El modelo estructural propiamente dicho define las relaciones entre las variables no observadas (en este caso, la relación entre los factores del modelo PICA).

Para obtener los indicadores hay que tener varias cuestiones en cuenta. 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). En segundo lugar, cuanto mayor es el número de variables, mayores son las dificultades para reproducir correctamente las relaciones entre ellas. Por este motivo, los MEE requieren que este número se sitúe entre las 10 y las 20 (Ruiz, Pardo y San Martín, 2010). Al combinar los ítems del cuestionario PICA en indicadores, cumplimos con ambos condicionantes. Por último, los MEE requieren que haya al menos dos indicadores para cada factor. Como veremos a continuación, este requisito ha condicionado especialmente la selección de los indicadores del factor Conocimiento.

Para definir el modelo de medida de cada factor, es decir, crear los mejores indicadores posibles, hemos seguido dos estrategias que se han desarrollado en paralelo. Por un lado, como hemos señalado, hemos tenido en cuenta la consistencia interna medida mediante el estadístico alfa de Cronbach. Además de obtener el estadístico global, el procedimiento incluido en el paquete estadístico SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) permite obtener la correlación biserial puntual, que es la correlación de Pearson entre el ítem y la puntuación en el resto de ítems. Este estadístico es un indicador de la capacidad de

discriminación de cada ítem. Un valor inferior a 0,19 se considera bajo, entre 0,19 y 0,27, medio y por encima de 0,27, alto (Echeburúa *et al.*, 2010). Por otro, hemos utilizado los MEE para realizar el análisis factorial de la contribución de los ítems a cada indicador.

#### *INDICADORES DEL FACTOR P (PERCEPCIÓN)*

Tras los análisis realizados, el factor P está definido por cuatro indicadores: opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, opinión sobre la ciencia, valoración de la ciencia y valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología.

El indicador “Opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología” está formado por cuatro ítems. El valor del estadístico alfa de Cronbach es 0,78. El índice de discriminación es muy bueno, pues se sitúa entre 0,67 y 0,8. Los ítems son:

P17.4. Nivel de preocupación respecto a la frase: “Al tomar decisiones sobre cuestiones relacionadas con la ciencia que tienen repercusiones para todos, no se pregunta a los ciudadanos cuál es su punto de vista”.

P19.2. Nivel de desacuerdo con la frase: “Las decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología que nos afectan a todos es mejor dejarlas en manos de los expertos”.

P19.3. Nivel de acuerdo con la frase: “Es necesario desarrollar algún mecanismo de participación para que los ciudadanos puedan contribuir a tomar decisiones sobre el funcionamiento de la ciencia como, por ejemplo, qué proyectos de investigación reciben financiación pública”.

P19.7. Nivel de acuerdo con la frase: “Los ciudadanos tienen que participar en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología en asuntos que les afecten directamente como, por ejemplo, la regulación de los alimentos modificados genéticamente”.

El indicador “Opinión sobre la ciencia” está formado por 9 ítems. El estadístico alfa de Cronbach es 0,75 y todos los ítems muestran un índice de discriminación muy alto, con valores comprendidos entre 0,71 y 0,75:

P17.1. Preocupación por: “La incertidumbre es un rasgo esencial de la ciencia”.

P17.3. Preocupación por: “La investigación científica depende cada vez más de intereses comerciales”.

P17.5. Preocupación por: “Cada día dependemos más de la ciencia y la tecnología para desenvolvemos en nuestro día a día”.

P17.7. Preocupación por: “Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología están disponibles para que cualquiera las use, sea cual sea su intención”.

P17.9. Preocupación por: “Los avances científicos y tecnológicos se producen con tanta rapidez que es difícil que las autoridades puedan controlarlos adecuadamente”.

P17.11. Preocupación por: “Los desarrollos científicos y tecnológicos pueden tener efectos secundarios inesperados”.

P17.12. Preocupación por: “La mayor parte de las veces los científicos están en desacuerdo unos con otros”.

P19.6. Acuerdo con: “La ciencia y la tecnología resuelven problemas, pero también los crean”.

P19.10. Acuerdo con: “Hay tanta información contradictoria sobre la ciencia que me resulta difícil saber a cuál hacer caso y a cuál no”.

Por lo que respecta al indicador “Valoración de la ciencia”, está formado por 7 ítems. El alfa de Cronbach es igual a 0,7, y el índice de discriminación es alto, pues se sitúa en el intervalo comprendido entre 0,59 y 0,7. En todo caso, estos resultados muestran que es un indicador menos homogéneo que los anteriores. Es lógico si pensamos que incluye una combinación de ítems que reflejan una valoración positiva y negativa de la ciencia. Hemos probado a separar la dimensión positiva de la negativa, pero los resultados no fueron satisfactorios. Los ítems son los siguientes:

P13. Valoración de los beneficios del desarrollo científico y tecnológico en los próximos 20 años.

P14. Valoración de los riesgos del desarrollo científico y tecnológico en los próximos 20 años.

P16.1. Identificación de la ciencia con riesgo.

P16.4. Identificación de la ciencia con aburrimiento.

P16.6. Identificación de la ciencia con desconfianza.

P16.7. Identificación de la ciencia con progreso.

P16.8. Identificación de la ciencia con controversia.

El último indicador del factor percepción hace referencia a la valoración en términos de riesgos y beneficios de seis aplicaciones de la ciencia y la tecnología: los alimentos transgénicos, la clonación, la energía nuclear, la investigación con células madre, la robótica y la inteligencia artificial y la exploración del espacio. El

alfa de Cronbach es 0,74. El índice de discriminación es alto, pues se sitúa entre 0,66 y 0,73.

### Opinión y valoración

¿Por qué diferenciamos entre opinión y valoración? Aunque es un tema complejo, vamos a proporcionar algunos apuntes. Las encuestas de percepción social de la ciencia suelen incluir preguntas que hacen referencia al interés, el conocimiento y las actitudes relacionados con la ciencia (e. g. Durant *et al.*, 1989; Evans y Durant, 1995; Bauer *et al.*, 2000). Si las comparamos con el cuestionario PICA, el factor percepción, la P, se correspondería con las actitudes. Sin embargo, a pesar de que se ha considerado que la actitud es “el concepto más distintivo e indispensable para la psicología social americana” (Allport, 1968, p. 59), presenta un alto grado de confusión y ambigüedad que se puede atribuir, por una parte, a su utilización como concepto explicativo en diversas áreas de investigación; y, por otra, a que en la literatura sobre las actitudes se han utilizado una amplia variedad de procedimientos de medida (Fishbein y Ajzen, 1975).

Aunque hay multitud de definiciones sobre las actitudes, buena parte de ellas coinciden en señalar que su característica fundamental es la evaluación (e. g. Thurstone, 1931; Fishbein y Ajzen, 1975). Como han señalado Eagly y Chaiken (1993), tener una actitud implica evaluar una entidad en términos de aprobación o desaprobación. Teniendo también en cuenta la definición que hace Antonio Damasio de imágenes y disposiciones, definimos las actitudes como imágenes dispositivas con carga valorativa (Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016). Es importante recordar en este punto que las disposiciones son las precursoras de las imágenes mentales. Las primeras son inconscientes, más básicas y guían la acción de manera inconsciente; las segundas son más complejas y elaboradas y guían las acciones de manera proposicional.

Por lo que respecta a la carga valorativa, volvemos a adoptar la perspectiva de Antonio Damasio. Él considera que asignamos un valor a prácticamente todo lo que tenemos a nuestro alrededor porque el valor está directa o indirectamente relacionado con la supervivencia. En el caso de los seres humanos, además, está relacionado con la “calidad” de esa supervivencia en forma de bienestar. Damasio propone la hipótesis de que los objetos y los procesos a los que nos enfrentamos en el curso de la vida cotidiana adquieren valor tomando como referencia la función que tienen para el organismo sujeto a selección natural. Aquello que hemos llegado a designar como valor, en términos de bienes o de actos, está relacionado de manera directa o indirecta con la posibilidad de conservar un intervalo homeostático en el interior de los organismos vivos. En los seres humanos los intervalos óptimos se expresan como sensaciones agradables o placenteras mientras que los peligrosos se expresan como sensaciones desagradables o incluso dolorosas (Damasio, 2010).

Por otro lado, este mismo autor define dos tipos de homeostasis, la básica y la sociocultural. La primera hace referencia al proceso dinámico de la regulación biológica. La segunda surge como consecuencia de la importancia que tiene la cultura para definir quiénes y cómo somos, de manera que sus dispositivos de regulación han dado lugar a los sistemas de justicia, las organizaciones políticas y económicas, las artes, la medicina, la ciencia o la tecnología. Las variedades básica y sociocultural de la homeostasis están separadas por millones de años de evolución y, sin embargo, tienen el mismo objetivo, la supervivencia de los organismos vivos, aunque lo hacen en nichos ecológicos diferentes. En el caso de la homeostasis sociocultural, ese objetivo se amplía hasta abarcar la búsqueda deliberada del bienestar. Por supuesto, necesitamos ambos tipos (Damasio, 2010).

Por último, los modelos psicológicos sobre las actitudes suelen hacer también referencia a las creencias, que se definen como la información que la persona tiene acerca de un objeto. No obstante, este es un término con muchas connotaciones y significados distintos en función del contexto o de la disciplina desde la que se aborda su estudio. Por tanto, consideramos más adecuado sustituirlo por el término “opinión”, mucho más neutral. Teniendo esto en cuenta, asumimos que una opinión asocia un objeto a un atributo. Los términos “objeto” y “atributo” se utilizan en sentido general, y hacen referencia a cualquier aspecto del mundo del individuo que se puede discriminar. El objeto de una opinión puede ser una persona, un grupo de personas, una institución, un comportamiento, una política, un acontecimiento, etc., y el atributo asociado puede ser cualquier objeto, rasgo, propiedad, cualidad, característica, resultado o acontecimiento (Fishbein y Ajzen, 1975).

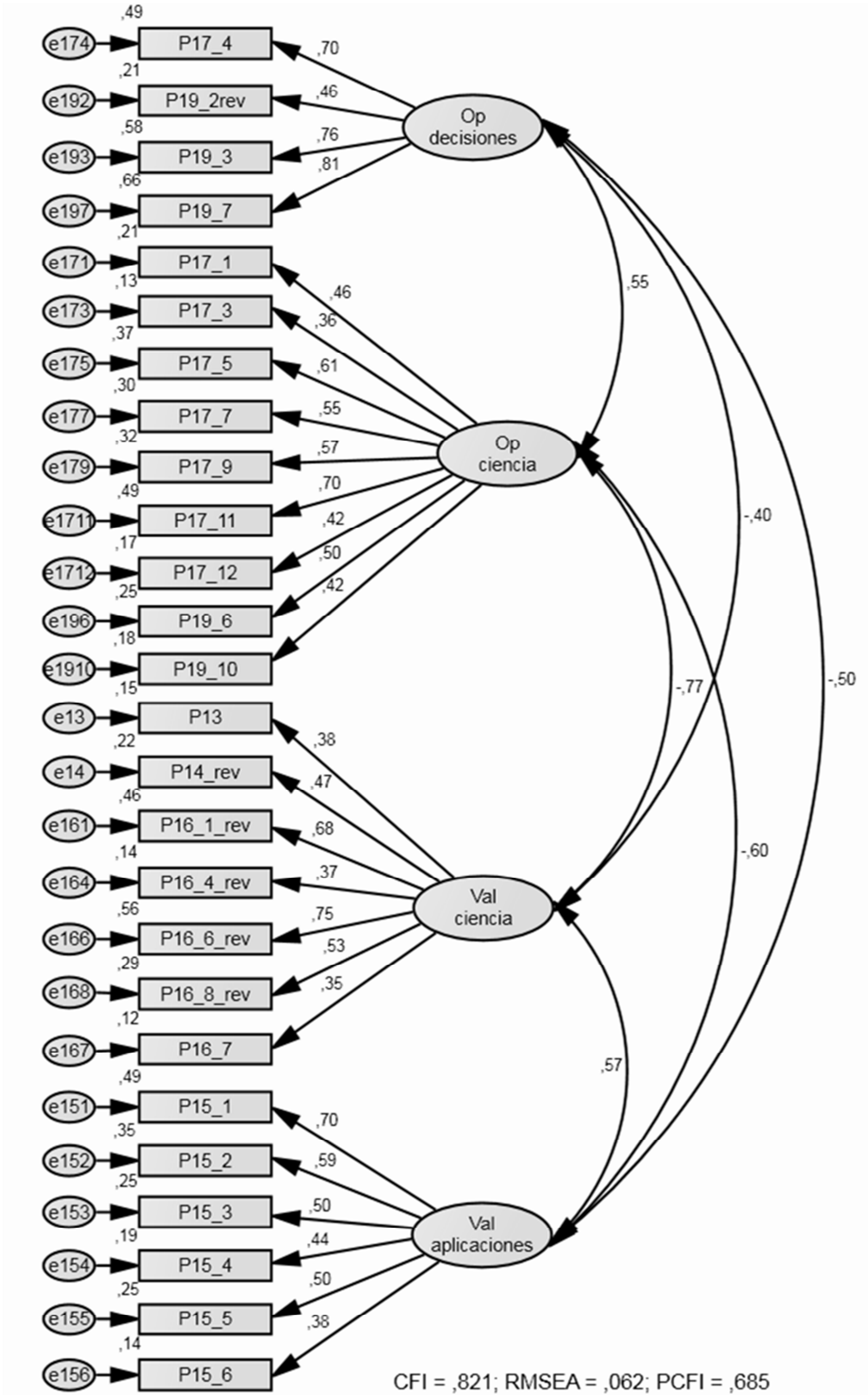
En la medición de actitudes y opiniones, como resultado de la falta de un marco teórico aceptado, suele haber mucho solapamiento. Como ya hemos señalado, se ha comprobado que la forma en que se formula o expresa una pregunta determina a menudo la respuesta (Tourangeau *et al.* 2000). Por tanto, para diferenciar bien entre ambos conceptos y la manera de medirlos, y teniendo en cuenta lo señalado al definir la actitud, de acuerdo con Fishbein y Ajzen (1975) partimos del supuesto de que en los casos en los que la pregunta utilizada sitúa al individuo en una dimensión de probabilidad subjetiva, relacionando un objeto cualquiera con un atributo específico, se están evaluando opiniones. En consecuencia, manifestar el grado de acuerdo-desacuerdo con una afirmación sobre un objeto es una forma de medir opiniones. Porque este formato de respuesta refleja hasta qué punto las ideas del que responde coinciden con las expresadas en la frase sobre la que debe opinar, o hasta qué punto lo que sabe del tema en cuestión le permite mostrarse de acuerdo o en desacuerdo. Es decir, con ese tipo de preguntas no se está pidiendo a los sujetos que hagan un juicio de valor o utilidad, no se les está pidiendo que proporcionen una evaluación sobre el objeto y, por tanto, no se están midiendo actitudes (Muñoz van den Eynde, 2012; Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016). Por el contrario, las preguntas que incluyen 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, hacen que las personas encuestadas realicen una evaluación de la ciencia o sus aplicaciones en términos positivos o negativos y, por tanto, estarían midiendo actitudes. No obstante, teniendo en cuenta las dificultades para definir este constructo y el hecho de que nuestra definición no ha sido puesta a prueba, preferimos hablar de valoración. Por tanto, tenemos preguntas que miden la valoración de la ciencia y preguntas que miden opiniones sobre ella. Ambas contribuyen a determinar cómo percibe la ciencia la población.

Hecha la aclaración, en la figura 2 se representa el modelo de medida obtenido para el factor “Percepción”. Para comprender bien el significado de esta figura es necesario proporcionar algunas aclaraciones. Los rectángulos hacen referencia a los ítems del cuestionario. Se trata de variables observadas, es decir, disponemos de datos para representarlas. Las elipses que se sitúan a la derecha, por el contrario, son los indicadores que vamos a obtener a partir de los datos disponibles. Se trata de variables teóricas, no observadas. A la izquierda de la figura, unidas a las variables observadas por una flecha, hay otra serie de elipses más pequeñas. Representan el error de medida, es decir, la varianza en la puntuación de los ítems del cuestionario que no es explicada por los factores. La cifra que aparece en cada esquina izquierda de las variables observadas expresa el porcentaje de varianza en el ítem que es explicado por el factor. Obviamente, cuanto más alta es esa cifra, mayor es la capacidad del factor de dar cuenta de la varianza obtenida en el ítem. Las cifras sobre las flechas que van desde los indicadores (variables teóricas) sobre los rectángulos (variables observadas) representan el peso o cargas factoriales de los indicadores sobre los ítems. Cuanto más altos, mayor es la correlación entre el factor y el ítem y, por tanto, más importante es el segundo para definir el primero. En la parte inferior están los estadísticos de bondad de ajuste.

Para valorar la calidad de un MEE hay que tener en cuenta el ajuste del modelo a los datos. Los estadísticos más utilizados para esta tarea son: RMSEA (*Root Mean Square Error of Aproximation*), CFI (*Comparative Fit Index*) y PCFI (*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).

Figura 2. Modelo de medida del factor “Percepción”



Con independencia del criterio de la significación estadística, se considera que en los modelos factoriales las cargas de los factores sobre las variables con valores inferiores a 0,30 muestran en realidad asociaciones irrelevantes (Hair *et al.*, 1998).

Tomando este criterio como referencia, podemos señalar que todos los ítems seleccionados contribuyen de manera significativa a explicar los factores. Algunos de ellos tienen, de hecho, unos pesos muy altos. Concretamente, la mayor parte de los que definen el factor “Opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología”, el ítem 17.11 acerca de la preocupación porque “los desarrollos científicos y tecnológicos pueden tener efectos secundarios inesperados” para definir la opinión sobre la ciencia, la falta asociación de la ciencia con desconfianza (el ítem está revertido, como explicaremos a continuación) en la valoración de esta actividad, o la atribución de beneficios a los alimentos transgénicos a la hora de valorar las aplicaciones de la ciencia y la tecnología.

En la figura 2 se observa también que hay correlaciones altas entre los distintos factores (las flechas bidireccionales situadas en el extremo derecho de la figura). Esto significa que los cuatro indicadores (los factores) tienen una relación lo suficientemente fuerte para pensar que definen un elemento común (la percepción), pero no tanto como para pensar que en realidad están midiendo lo mismo.

Para poder interpretar adecuadamente este modelo y el modelo global, es importante prestar atención al signo de los coeficientes. De cara a la consistencia interna, todos los elementos deben ir en la misma dirección. Es decir, en el indicador “Valoración de la ciencia” combinamos valoraciones negativas y valoraciones positivas (atribución de riesgos y atribución de beneficios o asociación de la ciencia con atributos negativos y con atributos positivos). Para garantizar la consistencia interna, la escala de respuesta de las preguntas negativas se ha revertido. Es decir, en la pregunta 13 sobre los beneficios, la escala va de pocos a muchos, y en la pregunta 14 sobre riesgos va de muchos a pocos; en las preguntas sobre la asociación de la ciencia con distintos atributos, el único atributo positivo que muestra una asociación significativa con el resto es “progreso”. La escala de este atributo va de nada (0) a mucho (5). En los demás, la escala va de mucho (0) a nada (5). En cualquier caso, que en las valoraciones positivas solo permanezca el atributo “progreso” significa que asociar la ciencia con este atributo da cuenta de toda su dimensión positiva, actúa como una valoración global.

Por lo que respecta a la opinión, estos dos indicadores combinan ítems de las preguntas 17 y 19. La primera mide la preocupación (o la falta de ella) por la ciencia. La escala está definida de menos preocupación a más preocupación. Precisamente por medir preocupación, los 12 ítems hacen referencia a cuestiones negativas. La pregunta 19 mide el grado de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones. Las que tienen que ver con las decisiones sobre ciencia se centran mayoritariamente en la adopción de un papel activo por parte de los ciudadanos, con la excepción del ítem 19.2, por eso este se ha codificado a la inversa. Por tanto, la correlación negativa entre valoración y opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología implica que las personas que tienen una



valoración positiva están en desacuerdo con la participación activa de los ciudadanos en la toma de decisiones sobre cuestiones como qué proyectos de investigación reciben financiación pública o sobre la regulación de los alimentos modificados genéticamente, están de acuerdo con la idea de que las decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología es mejor dejarlas en manos de los expertos y, en consecuencia, no les preocupa que no se pregunte a los ciudadanos cuál es su punto de vista antes de tomar decisiones sobre cuestiones relacionadas con la ciencia que tienen repercusiones para todos. En cambio, la correlación negativa entre valoración y opinión sobre la ciencia se asocia con escasa preocupación por las repercusiones de la ciencia y la tecnología o algunas características adversas como, por ejemplo, la idea de incertidumbre, la dependencia de intereses comerciales, la dependencia de la ciencia y la tecnología para desenvolvernos en nuestro día a día o los posibles efectos secundarios inesperados de los desarrollos científicos y tecnológicos.

Una última cuestión a tener en cuenta es la falta de ajuste del modelo de medida del factor "Percepción". En términos generales, puede deberse a la presencia de elementos que no se asocian con el resto, aunque también puede deberse a la ausencia de elementos y factores relevantes. Puesto que, como hemos señalado, los pesos de los factores y los porcentajes de varianza explicada son altos, es evidente que a la hora de definir este factor faltan elementos relevantes. Es lógico si tenemos en cuenta que solo hemos podido cubrir una parte muy pequeña de los factores que condicionan la percepción que las personas tienen de la ciencia. Por otro lado, como hemos señalado al describir los MEE, estos requieren de un número reducido de variables y este criterio no se cumple. Por tanto, la falta de ajuste puede deberse también a que el modelo incluye un número elevado de ítems. De hecho, si separamos el modelo en 2, uno con los dos indicadores de opinión y otro con los de valoración, el ajuste de estos modelos es bastante bueno. En definitiva, no hay ningún elemento que lleve a rechazar el modelo de medida del factor P descrito en la figura 2.

#### *INDICADORES DEL FACTOR I (INTERÉS)*

El interés es un elemento que suele estar presente en las encuestas de percepción pública de la ciencia. Se suele medir a partir de dos preguntas, una en la que las personas encuestadas deben señalar hasta qué punto se sienten interesadas por la ciencia y otra en la que deben valorar hasta qué punto se sienten informadas sobre ella. Sin embargo, con la pregunta general no se puede saber qué significa que alguien manifieste estar muy, algo, poco o nada interesado por la ciencia. Para tratar de abordar esta cuestión la primera versión del cuestionario PICA incluyó, además de la pregunta general, otra sobre manifestaciones de interés que recogía las siguientes cuestiones: visitar museos y exposiciones, estar pendiente de los nuevos desarrollos tecnológicos, leer noticias sobre nuevos descubrimientos científicos, estar pendiente de las noticias sobre las consecuencias negativas de la

ciencia y la tecnología, querer conocer cómo trabajan los científicos, disfrutar viendo series de ficción en las que se enseña cómo trabajan estos profesionales y querer dedicarse profesionalmente a la ciencia. Los resultados obtenidos señalaron que el mejor indicador de interés por la ciencia es querer estar informado sobre ella, más sobre los avances científicos y tecnológicos que sobre las consecuencias negativas. Por otro lado, el peor es el interés por las series de ficción en las que la profesión científica es “protagonista”. Se decidió incluir esta última pregunta por las distintas noticias aparecidas en los medios en las que se señalaba cómo había contribuido la serie CSI a aumentar las vocaciones científicas. Por otro lado, la visita a museos y exposiciones de ciencia y tecnología ha mostrado ser un indicador mediocre. Este resultado es importante si tenemos en cuenta que se suele valorar la implicación o el compromiso de la población con la ciencia a partir de la asistencia a museos y exposiciones sobre el tema. En cualquier caso, es posible que se deba, precisamente, a la alta implicación con la ciencia de la muestra que ha respondido a la encuesta PICA (Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016).

Para tratar de acotar mejor este factor, PICA 2 incluyó la pregunta general como pregunta indicador, la pregunta de PICA 1 sobre el significado de estar interesado por la ciencia (pregunta 23 del cuestionario), aunque con algunas opciones diferentes, y dos preguntas nuevas. La pregunta 21 presenta cuatro noticias de ciencia aparecidas en la prensa y las personas encuestadas deben decir si leerían o no la noticia completa. La pregunta 22 está adaptada del estudio PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, *Programme for International Student Assessment*). En ella se señala que la detección de las ondas gravitacionales ha sido identificada como uno de los hallazgos científicos más importante de los últimos tiempos y se pide a los participantes que digan hasta qué punto les gustaría saber más sobre el Universo, aprender más sobre este tipo de ondas, o comprender mejor las repercusiones del descubrimiento. Tenemos, por tanto, tres preguntas con 13 ítems en total, que dan lugar a tres indicadores: interés informativo, interés por conocer y significado del interés.

El indicador “Interés informativo” está compuesto por tres de los cuatro titulares presentados en la pregunta 21:

P21.1. “Al cerebro no solo le atrae el físico, también las emociones”. Según un estudio publicado en la revista PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*), la atracción entre dos personas aumenta cuando se entienden las emociones del otro.

P21.2. “Recrean en el laboratorio la ‘chispa’ que originó la vida en nuestro planeta”. Investigadores dispararon contra una especie de sopa química un potentísimo láser equivalente a la emisión de un par de plantas de energía nuclear.

P21.3. “El origen del párkinson puede estar en el intestino”. Científicos del Instituto de Tecnología de California han detectado un vínculo entre las bacterias intestinales y el párkinson.

El alfa de Cronbach muestra que la fiabilidad no es muy buena (0,55). Sin embargo, los tres ítems contribuyen a la fiabilidad y el índice de discriminación es alto, se sitúa entre 0,34 y 0,4. El coeficiente alfa de Cronbach aumenta al hacerlo el número de ítems. Por tanto, la baja fiabilidad parece deberse más a la falta de ítems y no tanto a la ausencia de consistencia interna entre los que hay.

El indicador “Interés por conocer” está formado por los tres ítems de la pregunta 21 que ya hemos mencionado. A pesar de ser solo tres ítems, están muy relacionados entre sí, por lo que el índice de consistencia interna es alto (0,84). Los índices de discriminación también son elevados (0,7, 0,72 y 0,78).

Respecto al indicador “Significado del interés”, los seis ítems incluidos fueron:

P23.1. Visitar museos y exposiciones de ciencia y tecnología.

P23.2. Estar pendiente de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos.

P23.3. Leer noticias sobre nuevos descubrimientos científicos.

P23.4. Estar pendiente de las noticias sobre las consecuencias negativas de la ciencia y la tecnología.

P23.5. Querer conocer cómo trabajan los científicos, de qué herramientas disponen.

P23.7. Querer entender el mundo, cómo funciona y por qué.

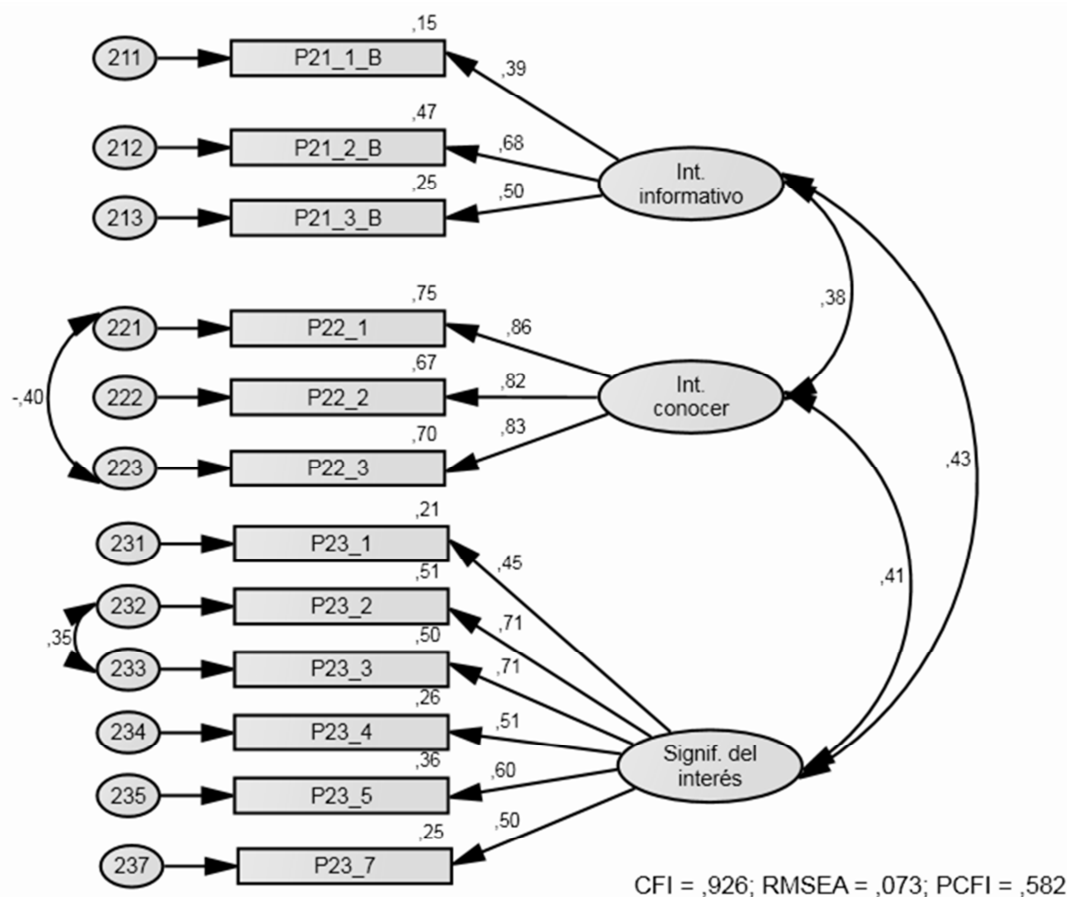
El coeficiente alfa de Cronbach tiene un valor aceptable (0,75), mientras que los índices de discriminación son altos, con valores comprendidos entre 0,37 y 0,65. El modelo de medida para este factor se representa en la figura 3.

Por lo que respecta al indicador “Interés informativo”, los dos titulares que más peso tienen son los que más se asocian con las ciencias “duras” (P21.2 y P21.3). De hecho, el que se ha quedado fuera es un representante de la investigación realizada desde las humanidades: P21.4: “El padre de Alejandro Magno sale de su tumba”. Una herida de lanza en un cadáver del siglo IV a.C. permite identificar el cadáver de Filipo II, rey de Macedonia.

Por otro lado, todos los ítems contribuyen de manera bastante similar a definir el factor “Interés por conocer”. En el caso de lo que significa sentir interés por la ciencia, los dos ítems que más contribuyen a definir este factor son los que se asocian más directamente con interés informativo (P23.2 y P23.3). El ajuste del

modelo es bastante razonable. No obstante, para alcanzarlo ha sido necesario incluir dos correlaciones entre los términos de error (las flechas bidireccionales más a la izquierda de la figura): uno entre los ítems P22.1 y P22.3 en el factor “Interés por conocer” y otro entre los ítems P23.2 y P23.3 en el factor “Significado del interés”. Estas correlaciones están indicando que hay mucho solapamiento entre los ítems, es decir, que en buena parte miden lo mismo. Este resultado es interesante de cara a reducir ítems en futuras ediciones del cuestionario.

Figura 3 Modelo de medida del factor “Interés”



### INDICADORES DEL FACTOR C (CONOCIMIENTO)

Tanto las críticas al modelo del déficit como la falta de un trabajo teórico previo han dificultado la investigación acerca del papel desempeñado por el conocimiento en la construcción de la imagen pública de la ciencia. De hecho, la única referencia a algo parecido a un criterio a tener en cuenta al diseñar las preguntas para medir esta cuestión es el apunte a la existencia de dos dimensiones: conocimiento de conceptos y tesis elementales (contenido) y formas de adquirir y validar el conocimiento científico (método), aunque ya en 1983 Miller planteó la necesidad de incluir otro elemento relacionado con la dimensión política de la ciencia (Pardo y Calvo, 2002), mientras que Durant y sus colaboradores propusieron una tercera dimensión sobre la familiaridad del público con la ciencia como institución, de manera que pudiera dar cuenta de todo lo que va desde el conocimiento de las

organizaciones en las que se realiza la ciencia o el papel de las políticas públicas en el establecimiento de objetivos de investigación, hasta los procedimientos de comunicación, aceptación y revisión del nuevo conocimiento (Evans y Durant, 1995; Bauer *et al.*, 2000; en: Laspra, 2015).

En cualquier caso, la mayor parte de la investigación ha utilizado, con escasas variaciones, las preguntas desarrolladas inicialmente en EEUU y Reino Unido. Se trata de 12 ítems diseñados para evaluar conocimiento científico de contenidos que preguntan por conocimientos de libro de texto que entran en la categoría de las ciencias físicas y naturales (biología, geología, física o química) y se enseñan en primaria y secundaria. Se combinan cuestiones relacionadas con aspectos básicos de determinadas teorías científicas con otros centrados en cuestiones más especializadas (Pardo y Calvo, 2002; Allum, Sturgis y Tabourazi, 2008).

La primera versión del cuestionario PICA se caracterizó, entre otras cuestiones, por abordar el estudio del conocimiento sobre ciencia de forma novedosa, de tal manera que se incluyeron cinco bloques de preguntas, cada uno sobre un tema concreto. Los participantes en el estudio tuvieron que contestar a las preguntas de dos bloques seleccionados de forma aleatoria. El primero incluía las células madre, la energía nuclear y las redes sociales; el segundo, la clonación y el Bosón de Higgs. La estructura se replicaba para todos los temas e incluía una pregunta orientada a evaluar el conocimiento de ciencia escolar sobre cada tema en general, seguida de una pregunta más concreta sobre el mismo tema, una pregunta destinada a evaluar los conocimientos de una controversia científica asociada con la cuestión abordada, una pregunta sobre actitud y otra sobre disposición a la acción. Se suponía que este formato permitía mantener cierta comparabilidad con las preguntas de alfabetización de otros estudios y, al mismo tiempo, evaluar la relación entre el conocimiento científico, las actitudes y la disposición a la acción (Laspra, 2014).

Los resultados obtenidos por los participantes en el estudio fueron buenos, algo que seguramente se puede atribuir al hecho de que la encuesta PICA se administró a una muestra de estudiantes universitarios interesados por la ciencia (Muñoz van den Eynde, Laspra y Díaz García, 2016). No obstante, desde el punto de vista metodológico, el diseño de las preguntas para medir este factor no resultó totalmente satisfactorio. En primer lugar, como se presentaron solo dos bloques a cada persona para reducir la carga cognitiva, la medición del conocimiento se basó en un número muy reducido de ítems. En segundo lugar, la tasa de aciertos fue diferente para distintos bloques y como no todos los participantes fueron evaluados en los mismos, se introdujo una variable extraña, no controlada. En tercer lugar, las preguntas para medir actitudes y disposición a la acción, específicas para cada tema, no aportaron nada a la explicación de los resultados. Por todos estos motivos, al diseñar el cuestionario PICA 2 se optó por realizar una modificación sustantiva de esta sección del cuestionario. En total se incluyeron seis

preguntas, cada una de ellas con tres ítems, lo que hace un total de 18 ítems. Se mantuvo en parte la estructura de PICA 1, por lo que en cada pregunta había un ítem sobre conocimiento de conceptos básicos de carácter general, otra más específica y una última centrada en evaluar los conocimientos sobre alguna controversia científica asociada con la cuestión abordada o más centrada en la aplicación del conocimiento a temas concretos (ver Anexo).

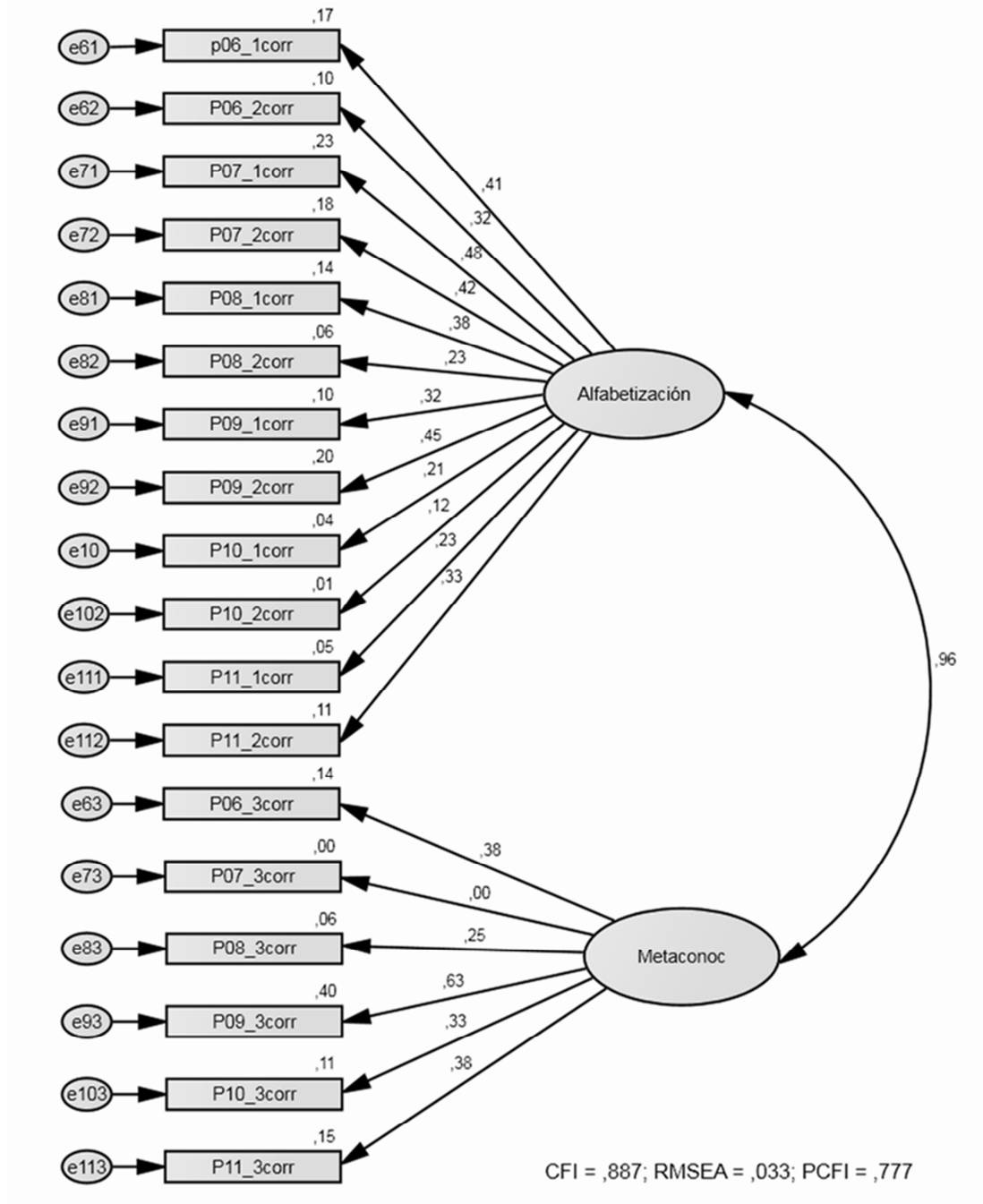
Por otro lado, como hemos señalado, los MEE requieren que haya al menos dos indicadores de cada factor. En el proceso de obtener distintos indicadores del factor Conocimiento hemos realizado diversas pruebas. En primer lugar, teniendo en cuenta la perspectiva ya desarrollada en la versión 1 de PICA de que el conocimiento sobre ciencia puede descomponerse en alfabetización (conocimiento de conceptos básicos) y meta-conocimiento (conocimiento sobre la ciencia en el contexto de la vida diaria como, por ejemplo, la existencia de controversias sobre cuestiones científicas), hemos puesto a prueba esta posibilidad. Los resultados se muestran en la figura 4.

Hay tres cuestiones a destacar a partir de esa figura. La primera, que el ajuste del modelo no es bueno. La segunda, que hay varios ítems que no contribuyen a definir este factor. La tercera, y la más importante, que hay una correlación prácticamente perfecta entre alfabetización y meta-conocimiento. Esto significa que nuestro supuesto de partida no es correcto y ambas dimensiones miden, en realidad, lo mismo.

En la figura 5 mostramos el modelo de medida del indicador alfabetización ya depurado. En este caso el ajuste es aceptable. Incluye 12 ítems, que es un número muy razonable desde el punto de vista tanto de tener un número lo suficientemente alto de ítems para realizar una medición con unas mínimas garantías, como de no generar una carga excesiva en los participantes.

El alfa de Cronbach para los 12 ítems que contribuyen a definir el indicador alfabetización no es muy alto (0,68). No obstante, el índice de discriminación de los ítems es medio-alto, se sitúa entre 0,26 y 0,49 y, lo que es más importante, todos ellos contribuyen a la consistencia interna (su presencia la aumenta). Por tanto, la falta de consistencia interna es atribuible a la ausencia de elementos relevantes. Es un resultado esperable si tenemos en cuenta que disponemos solo de 12 ítems para medir el conocimiento sobre ciencia, que es muy amplio e incluye distintas dimensiones. Por ejemplo, a diferencia de lo que ocurrió con la primera versión del cuestionario PICA, no hemos incluido ninguna pregunta sobre la comprensión del proceso de la práctica científica. Es algo a considerar para posteriores versiones.

Figura 4 Modelo de medida del factor “Conocimiento”. Versión inicial

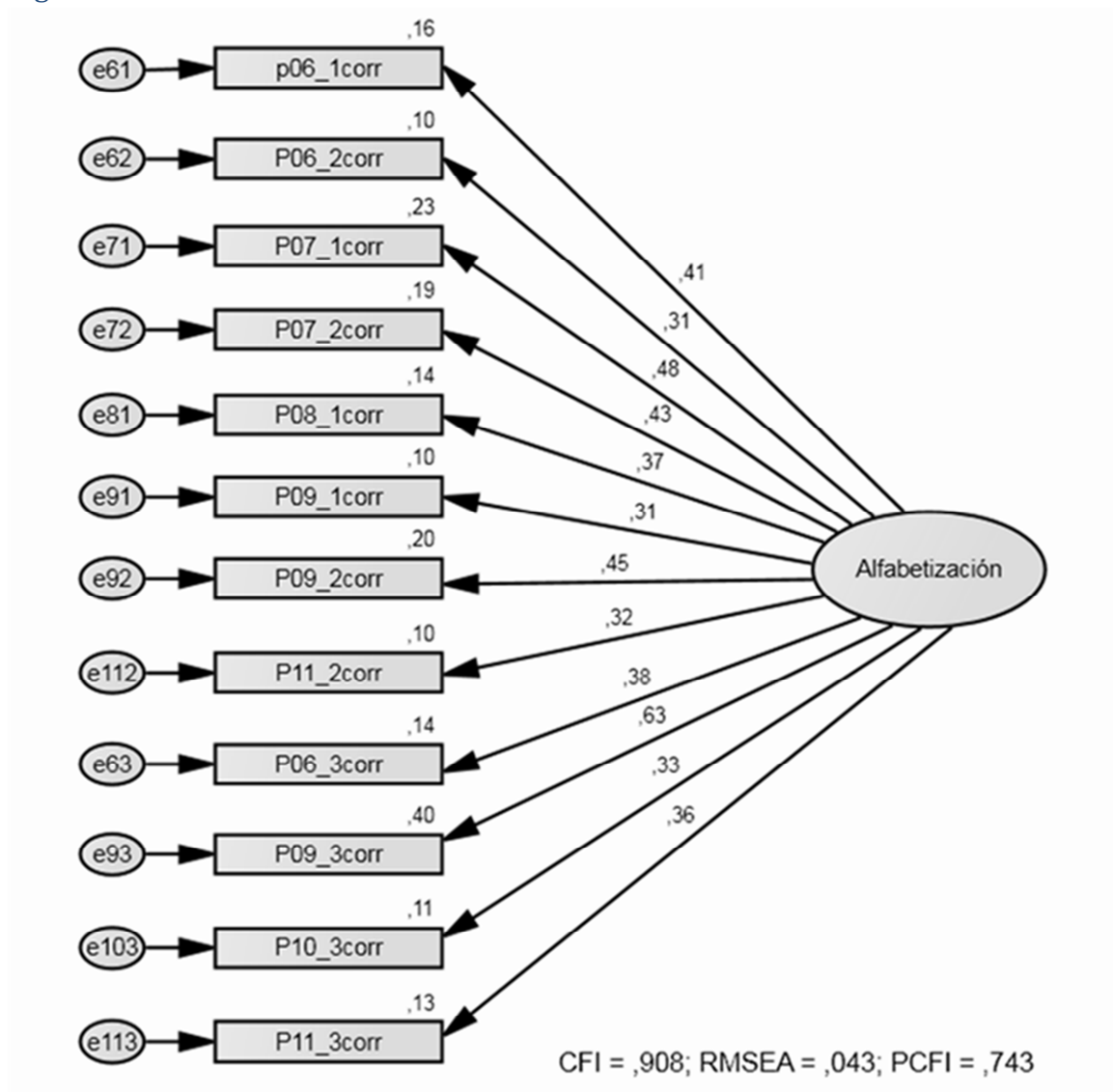


Otro indicador habitualmente utilizado para medir el conocimiento (sobre cualquier tema) es el nivel de estudios. Sin embargo, no es aplicable a este caso porque en nuestra muestra el nivel de estudios en lugar de una variable es una constante.

En la investigación sobre encuestas se define la sofisticación cognitiva como la habilidad para realizar operaciones mentales complejas (Krosnick y Alwin, 1987; Schuman y Presser, 1996). Consideramos que puede ser un buen indicador del conocimiento entendido como la capacidad para desenvolverse de manera adecuada con la ciencia. Como ya hemos mencionado, las preguntas de

razonamiento verbal y visual incluidas en la sección dos del cuestionario son indicadores de sofisticación cognitiva.

Figura 5 Modelo de medida del elemento “Alfabetización”



Por otro lado, hay una ley general del “mínimo esfuerzo” que guía tanto la actividad física como la cognitiva. De acuerdo con ella, si hay varias opciones para lograr un mismo objetivo, la persona elegirá la pauta de acción menos exigente (Kahneman, 2011). Se ha acuñado el adjetivo *satisficiente*, combinación de satisfactorio y suficiente, para describir la estrategia de optimizar recursos cognitivos (Krosnick, 1991). De acuerdo con esta estrategia, al responder a una encuesta no se invierten los recursos necesarios para proporcionar respuestas óptimas. Al contrario, se buscan pistas en las preguntas que señalen respuestas razonables que seleccionar rápidamente. Evidentemente, todos estos efectos son más relevantes cuanto menor sea el esfuerzo cognitivo que podemos solicitarle a las personas encuestadas. Como han demostrado multitud de trabajos sobre cognición social, las estrategias utilizadas por las personas a la hora de formular

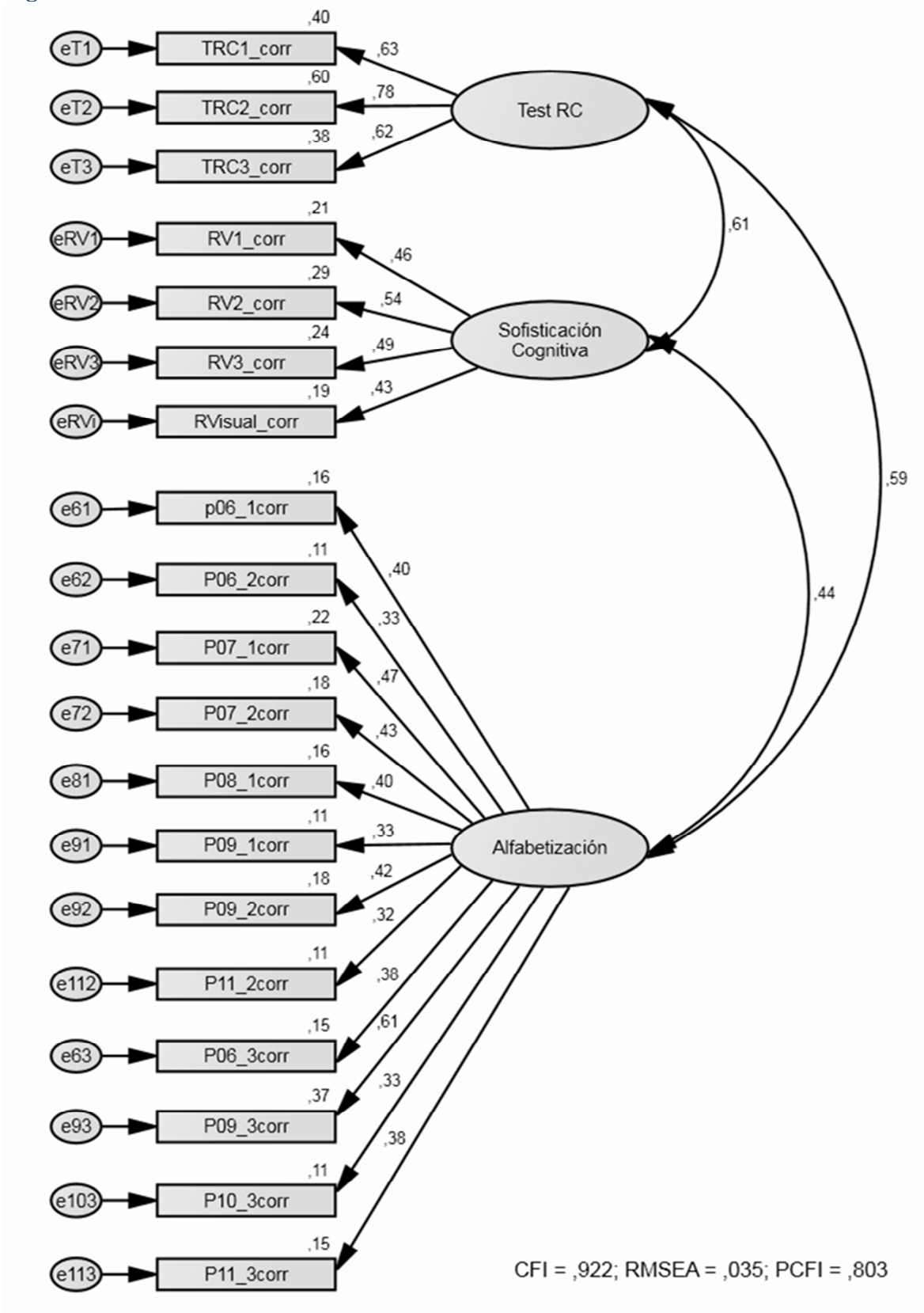


juicios sobre sus opiniones dependen de la motivación para afrontar la tarea. Cuanto más implicados se sientan hacia ella, mayor es la probabilidad de que adopten una estrategia sistemática de procesamiento. Por el contrario, cuando las personas se sienten poco implicadas, mayor es la probabilidad de utilizar estrategias de procesamiento heurísticas, prestando toda la atención a la información que viene rápidamente a la mente (Schwarz y Vaughn, 2002). Las preguntas de reflexión cognitiva son indicadores de la tendencia a dejarse llevar por la estrategia de procesamiento rápida y asociativa. Consideramos que también pueden servir como indicador del conocimiento. Los resultados de poner a prueba estas hipótesis se muestran en la figura 6.

El modelo de medida del factor “Conocimiento” definido a partir de los indicadores de Alfabetización, Sofisticación Cognitiva y Reflexión Cognitiva ajusta bastante bien (CFI es mayor de 0,9, RMSEA es inferior a =0,05 y PCFI está por encima de 0,5). Además, las correlaciones entre los tres indicadores muestran que hay una asociación significativa y alta entre ellos, pero no tanto como para señalar que en realidad están midiendo lo mismo. Podemos considerar, por tanto, que es un buen modelo de medida de este factor.

Como se observa en la figura 6, todos los ítems seleccionados tienen una buena asociación con el indicador correspondiente. En cualquier caso, tanto las cargas de los factores en los ítems como, por tanto, la varianza en estos ítems explicada a partir del indicador es más baja que la obtenida en el caso de los factores de Percepción e Interés. El ítem que más se asocia con la alfabetización es el P09.3, en el que se pregunta por el modo en el que se descubrió el Bosón de Higgs. Otros ítems que también contribuyen bien a explicar la alfabetización científica en esta muestra son el P07.1, en el que se pide a los participantes que señalen el significado de la frase “La energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma”. Y, en el mismo bloque, el P07.2 sobre la producción de energía en las centrales nucleares.

Figura 6. Modelo de medida del factor “Conocimiento”



## *INDICADORES DEL FACTOR A (ACCIONES)*

Las acciones son el factor peor caracterizado en las encuestas de percepción pública de la ciencia. Aparte de por posibles consideraciones teóricas que hayan llevado a otorgar poca atención a la dimensión comportamental en la relación de la sociedad con la ciencia, este hecho se ha sustentado también en las dificultades para medirlas. Son las mismas que nos han obligado a realizar diversas pruebas para obtener los mejores indicadores posibles.

Las encuestas de percepción social de la ciencia suelen medir las acciones preguntando por los hábitos de consumo de información y la participación en actividades de difusión. Como ya hemos señalado, la versión 1 del cuestionario PICA planteó un abordaje diferente a la medición de las acciones, de tal manera que se incluyeron preguntas específicas vinculadas a los temas sobre los que versaron las preguntas para medir el conocimiento. Este enfoque, no obstante, no produjo los resultados esperados. Por tanto, en la versión 2 rediseñamos totalmente la medición de este factor. Aparte de la pregunta sobre consulta de distintas fuentes para informarse sobre ciencia, el cuestionario incluyó tres más sobre la frecuencia de realización de distintas acciones (P2), la disposición a participar en distintas actividades relacionadas con la ciencia (P3) y otra para medir la frecuencia con que se realizan comportamientos de la vida diaria en los que está presente la ciencia (P4).

La pregunta sobre consulta de fuentes para informarse sobre ciencia está formada, en realidad, por dos. Una sobre las fuentes en general, que incluye: amigos, familia, libros, prensa, radio, televisión, e internet. Y otra, para los que han mencionado internet, que ha sido una mayoría, algo lógico si tenemos en cuenta cómo se ha contactado con la muestra y de qué muestra se trata, que desglosa distintas fuentes dentro de internet (Wikis, webs institucionales, blogs, buscadores, redes sociales o información remitida por personas conocidas). Todos los intentos por construir un indicador del factor “Acción” a partir de estas dos preguntas han resultado del todo infructuosos. Por un lado, porque solo tres ítems han mostrado una relación significativa (consulta de libros, televisión y webs institucionales). Por otro, porque el ajuste del modelo tras incluir las otras preguntas que miden acciones ha sido muy malo.

Al mismo tiempo, hemos encontrado que la correlación entre la pregunta 2 (realización de actividades informativas) y la pregunta 4, sobre acciones de la vida diaria centradas en la ciencia, era casi perfecta. Esto, como ya hemos señalado, es un indicador de que ambas preguntas están midiendo realmente lo mismo. Por tanto, hemos obtenido dos indicadores, uno sobre participación, que incluye los ítems de la pregunta 2 y de la pregunta 4 que han mostrado ser buenos integrantes del indicador, y otro sobre disposición a participar, que incluye los ítems de la

pregunta 3 que han mostrado contribuir significativamente. El modelo de medida que recoge la interacción entre estos dos indicadores se representa en la figura 7.

En concreto, el indicador “Participación” incluye los siguientes ítems:

P02.1. Frecuencia con la que solicita o proporciona información técnica, científica o académica en foros, chats, redes sociales y otras herramientas similares.

P02.2. Frecuencia con la que realiza búsquedas en Internet para comprender correctamente noticias o informaciones sobre ciencia y tecnología.

P02.3. Frecuencia con la que retuitea o comparte en otras redes sociales noticias sobre ciencia y tecnología.

P02.5. Frecuencia con la que desarrolla contenidos específicos para blogs o webs de carácter técnico, científico o académico.

P04.1. Frecuencia con la que habla de ciencia con los amigos cuando surge en las noticias algún descubrimiento importante, como el Bosón de Higgs o la comprobación de que las ondas gravitacionales existen.

P04.2. Frecuencia con la que busca información para saber qué hacer cuando se produce alguna noticia relacionada con la ciencia y la tecnología que le afecta personalmente (por ejemplo, la alerta de la Organización Mundial de la Salud sobre los riesgos de comer carne roja).

P04.3. Frecuencia con la que participa en recogidas de firmas o manifestaciones sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología (por ejemplo, energía nuclear, biotecnologías, medio ambiente...).

La consistencia interna de los ocho ítems es aceptable (alfa de Cronbach = 0,73), la capacidad de discriminación es buena (el índice de discriminación se sitúa entre 0,35 y 0,48) y todos los ítems contribuyen a la consistencia interna.

Los ítems que componen el indicador “Disposición a participar” son:

P03.1. Acudir a un espectáculo de monólogos sobre ciencia.

P03.2. Asistir a una conferencia de divulgación científica.

P03. Acudir a una exposición itinerante sobre los avances más destacados del año en ciencia y tecnología.

P03.4. Participar en una consulta ciudadana para decidir qué proyectos de ciencia deben recibir financiación pública.

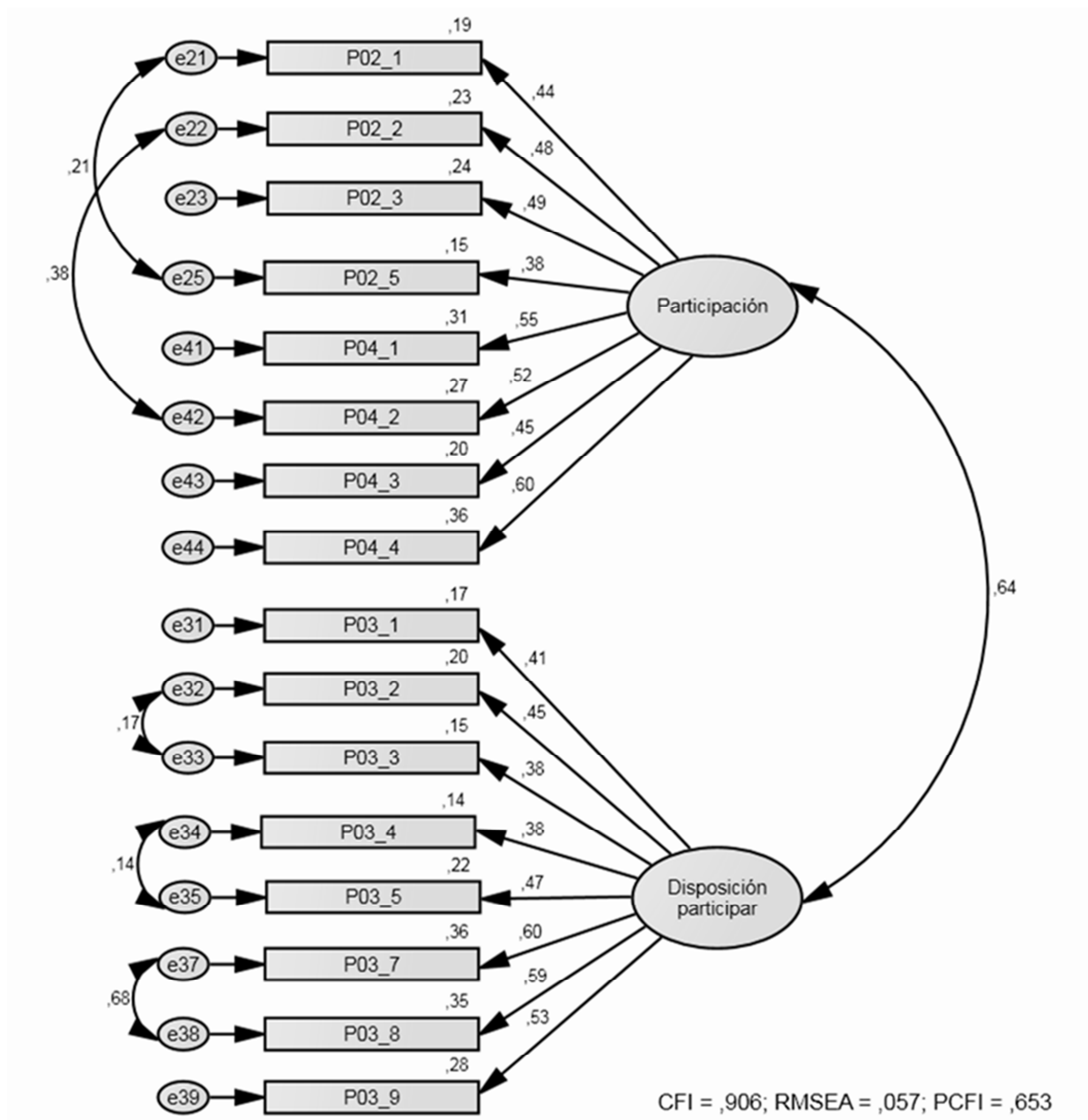
P03.5. Acudir a una manifestación para reclamar más fondos públicos para la investigación científica.

P03.7. Participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos para tratar temas relacionados con el funcionamiento de la ciencia.

P03.8. Participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos para tratar temas relacionados con las consecuencias de los desarrollos científicos para los ciudadanos.

P03.9. Participar en una actividad de ciencia ciudadana, es decir, prestar algún tipo de ayuda a los científicos en el desarrollo de sus investigaciones.

Figura 7. Modelo de medida del factor “Acción”



Como viene siendo habitual, el indicador de consistencia interna es solo aceptable (alfa de Cronbach = 0,73). El índice de discriminación de los ítems es bueno (está comprendido entre 0,34 y 0,59). Los ítems que mejor discriminan son los que se asocian más directamente con la esfera política de la ciencia (participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos)

El ajuste del modelo es razonable (todos los estadísticos de bondad de ajuste se sitúan dentro de los límites considerados aceptables), aunque no es óptimo. Como todos los ítems contribuyen significativamente al ajuste del modelo, es evidente que el problema es que faltan elementos relevantes. Por otro lado, las flechas bidireccionales situadas a la izquierda de la figura hacen referencia, como ya hemos explicado, a la existencia de correlaciones entre los errores de medida, es decir, al solapamiento entre ítems. Sin estas correlaciones el ajuste del modelo no es bueno. En cualquier caso, se han podido incluir porque el propio enunciado de los ítems refleja la varianza compartida. Por ejemplo, los ítems P03.7 y P03.8 hacen referencia, ambos, a la disposición a participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos.

Hay una cuestión que nos parece especialmente destacable. Si nos fijamos en los pesos de los indicadores sobre los ítems, podemos ver que los que mejor discriminan en el indicador “Disposición a participar”, que mide, por tanto, una intención, son los que reflejan un mayor compromiso con la ciencia; en cambio, discriminan peor los que expresan una menor implicación, como es la participación en actividades de divulgación. En el indicador “Participación” ocurre a la inversa.

## ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS INDICADORES

En total hemos obtenido 12 indicadores, cuatro de Percepción, tres de Interés, tres de Conocimiento y dos para las Acciones. Los estadísticos descriptivos (número de personas que ha respondido a todos los ítems del indicador, valor mínimo, valor máximo, media y desviación típica) de los 12 se recogen en la tabla 5. Si nos centramos en la columna N (número de personas que ha respondido a todos los ítems), podemos observar que los participantes que llegaron hasta el final del cuestionario (los que forman parte de la muestra analizada) han tenido más dificultades con las preguntas que miden la percepción de la ciencia (opinión y valoración, sobre todo valoración de la ciencia), pues es en los que más participantes se pierden. No obstante, hay que tener también en cuenta que en las preguntas sobre conocimiento, reflexión cognitiva y sofisticación cognitiva, la falta de respuesta se ha puntuado como respuesta incorrecta.

Tabla 5 Análisis descriptivo de los indicadores de los factores PICA

<b>Indicador</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>DT</b>
<b>Opinión sobre decisiones</b>	1515	0	12	6,23	3,03
<b>Opinión sobre ciencia</b>	1500	0	27	14,56	4,55
<b>Valoración de la ciencia</b>	1425	0	31	21,63	4,62
<b>Valoración de aplicaciones</b>	1569	6	24	18,19	3,58
<b>Interés informativo</b>	1558	3	12	9,75	1,72
<b>Interés por conocer</b>	1565	0	9	6,97	1,95
<b>Significado del interés</b>	1553	0	18	13,89	3,05
<b>Reflexión cognitiva</b>	1569	0	3	1,84	1,16
<b>Sofisticación cognitiva</b>	1569	0	4	3,42	0,91
<b>Alfabetización</b>	1569	0	12	9,53	2,12
<b>Participación</b>	1539	0	24	12,84	4,29
<b>Disposición a participar</b>	1524	0	7	4,83	1,88

Si nos centramos en los valores máximo y mínimo, encontramos que en todos los indicadores ha habido algún participante que ha seleccionado la opción de respuesta mínima (0 en todos los casos excepto valoración de aplicaciones e interés informativo, en los que la escala va de 1 a 4). Esta tendencia se repite también en el valor máximo, aunque en este caso hay dos excepciones: valoración de la ciencia y disposición a participar. Que existan estos valores en los indicadores es una prueba de que algunas personas no han diferenciado sus respuestas. Como hemos apuntado, esto se considera una prueba de falta de calidad, atribuible a falta de interés, deseabilidad social en el caso del valor máximo, o actitud negativa en el del valor mínimo. No obstante, se ha encontrado en la literatura que las personas con más experiencia en el proceso de responder a una encuesta o cuestionario, cuando se enfrentan a baterías con varios ítems, como es el caso del cuestionario PICA, tienden a seleccionar un patrón de respuesta variable precisamente para evitar dar la sensación de falta de interés o implicación. Como hemos apuntado repetidamente, las personas que han participado en este estudio han dado

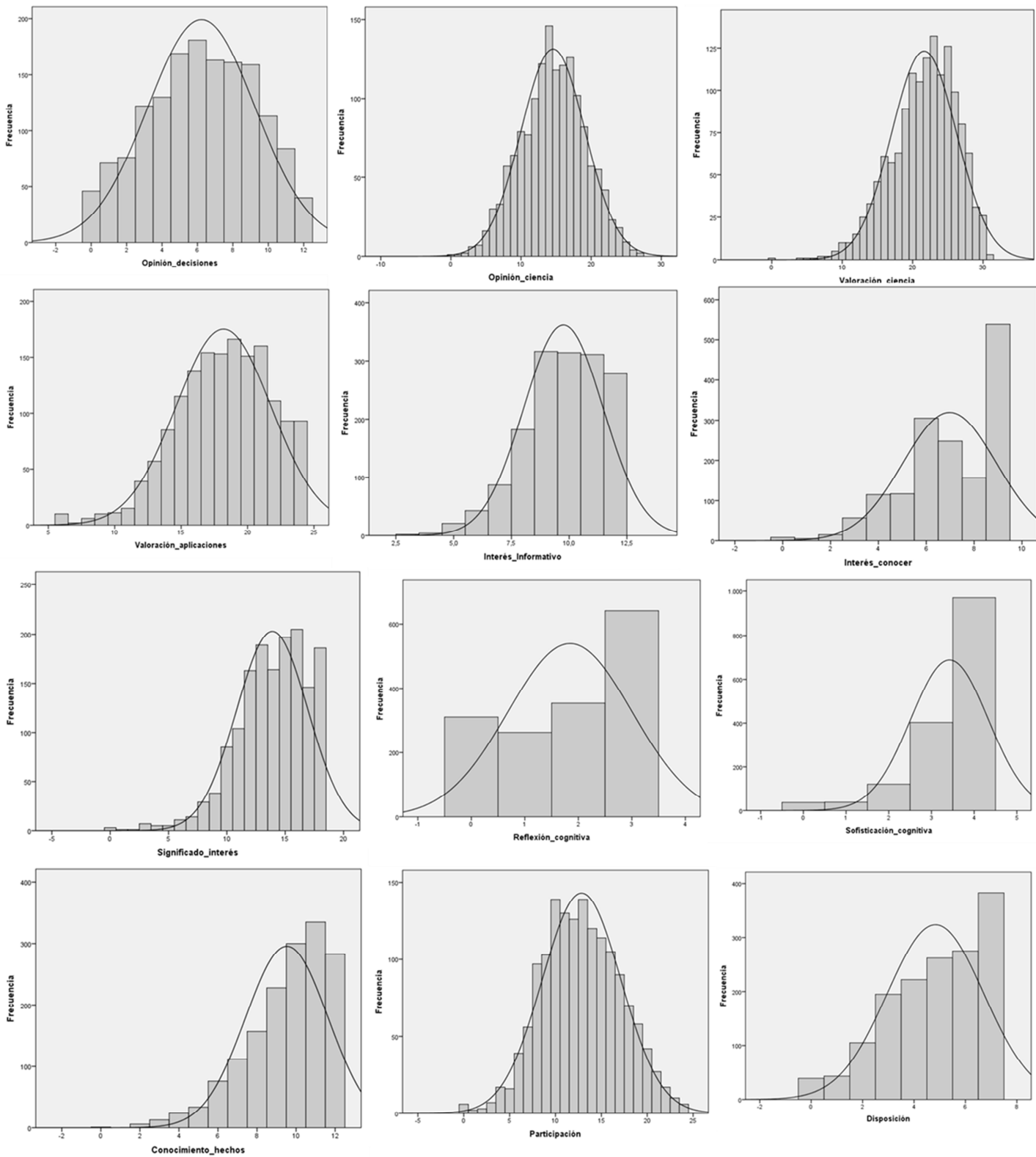
evidentes muestras de interés y motivación. Es posible, entonces, que la falta de diferenciación sea, al contrario de lo que suele pensarse, una señal de consistencia y firmeza en las respuestas, es decir, el deseo de no dejarse llevar por la tendencia a responder de manera diferente pero haciéndolo “a ojo de buen cubero”.

Si prestamos atención a la media y a la desviación típica (una medida de la dispersión de los datos), observamos en primer lugar que la mayor parte de los indicadores están sesgados hacia los valores más altos, pues la media se sitúa por encima del punto medio de la amplitud definida por los valores mínimos y máximos. Esto es especialmente patente en el caso de los indicadores de interés, conocimiento y disposición a participar, pues la media más una desviación típica se sitúa en torno al valor máximo de la distribución. Y se ve todavía más claro en la figura 8, que recopila los histogramas de los 12 indicadores junto con la curva normal. El histograma es una representación gráfica de la distribución de frecuencias de una variable en la que los rectángulos representan los valores de la variable y la altura representa el número de casos para cada valor.

Como hemos apuntado, en la figura se aprecia aún mejor la distribución sesgada hacia la derecha con la excepción de los indicadores “Opinión sobre las decisiones”, “Opinión sobre la ciencia”, “Valoración de la ciencia” y “Participación”. A nuestro modo de ver, un resultado destacable es la diferencia entre la distribución de este último indicador y la de “Disposición a participar”, visiblemente sesgada hacia la derecha. Esto puede estar indicando un sesgo de deseabilidad social, o la intención real de participar en actividades relacionadas con la ciencia si se brinda a las personas que han participado en el estudio la oportunidad de hacerlo. En este sentido, es importante destacar las diferencias en el formato de respuesta de las preguntas que miden acciones y la pregunta que mide disposición a participar. Las dos preguntas sobre participación utilizan una escala de frecuencia con cuatro opciones: nunca, muy pocas veces, de vez en cuando y con frecuencia. La pregunta sobre disposición a participar solo ofrece la opción sí o no. Es evidente que la primera permite que haya mucha más variabilidad. Por otro lado, el histograma muestra una distribución muy ajustada a la curva normal, indicando que la mayor parte de las personas realizan varias de estas acciones con una frecuencia moderada, o alguna de ellas con mucha frecuencia. En todo caso, los resultados reflejan que se trata de una muestra participativa. La distribución del indicador “Disposición a participar”, en cambio, es discreta puesto que solo puede tomar los valores 1 a 7. Sería recomendable, por tanto, incluir también un formato de respuesta que permita más variabilidad para medir la disposición a participar. Esto es lo mismo que ocurre con las distribuciones del resto de indicadores: cuanta más variabilidad se ofrece en el formato de respuesta, mayor es la dispersión de los resultados obtenidos, incluso en una muestra sesgada como esta.



Figura 8. Histogramas de los indicadores



Independientemente de las diferencias debidas a la variabilidad del formato de respuesta y/o el número de ítems que forman parte del indicador, el análisis visual de la distribución de los indicadores apunta a que la actitud positiva hacia la ciencia de las personas que han participado en el estudio se combina con una

mayor variabilidad en la opinión sobre la ciencia, la toma de decisiones y la participación.

## ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LOS DATOS OBTENIDOS

A tenor de la información proporcionada por el análisis descriptivo nos parece oportuno tratar de identificar los factores que subyacen a la falta de diferenciación en la selección de las opciones de respuesta a los ítems. Para ello nos vamos a centrar en los indicadores en los que hay un mayor número de personas que han optado por el valor mínimo o el valor máximo en todos los ítems que lo componen, en concreto, la opinión sobre las decisiones y la disposición a participar. A continuación vamos a crear tres grupos, uno formado por quienes han elegido el valor mínimo en todos los ítems, otro con los que han elegido el valor máximo en todos los ítems, y otro formado por el resto. Por último, vamos a comparar estos tres grupos en las siguientes variables: reflexión cognitiva para ver si es resultado de que se los participantes en el estudio han respondido de manera rápida, sin dedicar el suficiente esfuerzo cognitivo; el indicador general de interés para ver si se ha debido a poco interés en el tema del cuestionario; y el indicador general de nivel de conocimiento percibido para contrastar la posibilidad de que esa tendencia de respuesta sea atribuible a la sensación de que no se domina lo suficiente el tema por el que se pregunta.

El siguiente paso es utilizar el Análisis de varianza (ANOVA) para comparar la media de los tres grupos creados en las variables seleccionadas. Los resultados respecto a la opinión sobre las decisiones que tienen que ver con la ciencia indican que las personas que han optado por el valor mínimo en todos los ítems de este indicador obtienen mejores resultados en el test de reflexión cognitiva, están más interesadas en la ciencia y consideran que saben más del tema que las personas de los otros dos grupos. A su vez, no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los otros dos grupos. En concreto, los resultados indican que hay un número pequeño de personas que han obtenido buen resultado en el test de reflexión cognitiva, manifiestan estar interesadas por la ciencia y conocerla que, al mismo tiempo, están en desacuerdo con la idea de que los ciudadanos deban participar en la toma de decisiones sobre ciencia.

Pero, ¿qué es lo que lleva a estas personas supuestamente interesadas y conocedoras de la ciencia a considerar que los ciudadanos no deben participar en las decisiones sobre ciencia? Si comparamos estos tres grupos en el índice de diferenciación (la tendencia a elegir distintas opciones de respuesta en los ítems del cuestionario), observamos también que quienes tienden a elegir el valor mínimo en este indicador tienen un índice de diferenciación significativamente menor en comparación con el grupo intermedio, pero no hay diferencias significativas con el tercer grupo. Por tanto, atendiendo a este criterio, este resultado podría deberse a algún factor externo, más relacionado con la manera en que las personas afrontan el proceso de responder al cuestionario que a la imagen de la ciencia. Pero también podría ser resultado de una actitud especialmente positiva hacia la ciencia. Al comparar estos tres grupos en las preguntas 13 y 14

sobre el balance de beneficios y riesgos de la ciencia, respectivamente, y en la pregunta 5a, en la que se les pide que, teniendo en cuenta que en EEUU se acaba de autorizar el cultivo de salmón transgénico para consumo humano, digan qué harían si se encontraran con ese salmón en la pescadería que, como veremos un poco más adelante, ha demostrado ser un buen indicador de actitud, observamos que no hay diferencias entre los grupos en la atribución de riesgos, pero sí en la de beneficios y en la actitud hacia el salmón transgénico. En concreto, las personas que tienden a rechazar la participación de los ciudadanos en las decisiones sobre ciencia y tecnología muestran una actitud más positiva hacia la ciencia que el resto. Este es el mismo resultado que obtenemos al comparar su puntuación en el resto de indicadores. En concreto, hay diferencias estadísticamente significativas con los indicadores “Opinión sobre la ciencia”, “Valoración de la ciencia” y “Valoración de las aplicaciones”. En este caso, además, sí encontramos una relación lineal. Es decir, los que seleccionan siempre la opción mínima muestran una menor preocupación por la ciencia que los otros dos grupos, y valoran mejor la ciencia y sus aplicaciones. El grupo intermedio obtiene un resultado intermedio entre los otros dos grupos, y el grupo que selecciona la opción máxima es el que muestra más preocupación y peor valoración de la ciencia y sus aplicaciones. En cualquier caso, no debemos olvidar que el primer grupo está compuesto por 46 personas (un 2,9% del total de la muestra) y el último por 40 (el 2,5% de la muestra).

Al repetir el proceso en el otro indicador, la disposición a realizar acciones relacionadas con la ciencia, lo primero que podemos observar es que el grupo que no se manifiesta dispuesto a participar en ninguna acción relacionada con la ciencia es también muy pequeño (39 personas, 2,5% de la muestra), el que estaría dispuesto a participar en todas las acciones propuestas está compuesto por 383 personas (24% de la muestra) y el que incluye diferentes opciones está formado por 1.147 personas. En este caso, hay una relación lineal entre el grupo de pertenencia y el indicador general de interés, de tal manera que el grupo de los que no están dispuestos obtiene valores más bajos, el grupo intermedio obtiene valores intermedios y el grupo que participaría en todas las actividades obtiene las puntuaciones más altas. En relación con la reflexión cognitiva, el grupo que no participaría en ninguna actividad obtiene un valor más bajo en comparación con los otros grupos, que no se diferencian entre sí. Por otro lado, el grupo que participaría en todas las actividades manifiesta saber más de ciencia en comparación con los otros dos grupos, que no se diferencian entre sí. Por último, el grupo que muestra un patrón de respuesta diferenciado en el indicador “Disposición a participar” obtiene también un índice de diferenciación mayor en el total de ítems del cuestionario en comparación con los otros dos grupos. En este caso no hay relación con la actitud hacia la ciencia (la atribución de beneficios y riesgos y la actitud hacia el salmón modificado genéticamente), pero sí hay diferencias en el resto de indicadores. En concreto, cuanto mayor es la disposición a participar, menor es la preocupación por la ciencia, más positiva es la valoración

de la ciencia y sus aplicaciones, el interés por conocer, el interés informativo y la alfabetización. Respecto a la opinión sobre la participación ciudadana en las decisiones relacionadas con la ciencia, el grupo que estaría dispuesto a participar en todas las actividades es más contrario a la participación ciudadana, mientras que no hay diferencias entre los otros dos grupos. Por último, las personas que no participarían en ninguna actividad puntúan peor en sofisticación cognitiva, sin que haya diferencias entre los otros dos grupos.

La combinación de los resultados obtenidos en ambos indicadores apunta claramente en el sentido de que, en esta muestra, la falta de diferenciación no es tanto debida a un déficit en la calidad de las respuestas como un reflejo de una opinión más extrema o cristalizada en algunas de las personas que han participado en el estudio. De hecho, al cruzar las dos variables creadas para definir los tres grupos de participantes con los indicadores “Opinión sobre decisiones” y “Disposición a participar” no encontramos asociación entre ellas. Esto significa que los participantes no han seleccionado una opción de respuesta de manera generalizada en el cuestionario sino, como máximo, dentro de una misma pregunta (un conjunto de ítems). Por lo tanto, los resultados reflejan la calidad de las respuestas. Hemos obtenido evidencia adicional en esta dirección tras analizar las posibles diferencias en el índice de diferenciación media en función de los resultados obtenidos en el test de reflexión cognitiva, teniendo en cuenta que, al analizar los datos de la versión 1 del cuestionario PICA encontramos que este test se asociaba positivamente con la tendencia a seleccionar la primera opción de respuesta disponible. Por tanto, si la falta de diferenciación fuera un indicador de la tendencia a responder de manera rápida y automática, tendría que haber una asociación entre el test de reflexión cognitiva y el índice de diferenciación, y los resultados obtenidos indican que no la hay.

## EL CONSUMO DE SALMÓN MODIFICADO GENÉTICAMENTE COMO INDICADOR DE ACTITUD HACIA LA CIENCIA

La versión 2 del Cuestionario PICA incluyó una pregunta sobre la disposición a comprar un salmón modificado genéticamente para crecer al doble de velocidad, teniendo en cuenta que en EEUU este es el primer animal transgénico que se considera apto consumo humano (P5). La pregunta consta de tres ítems. En el primero (P5a) se pregunta sobre la disposición a comprar este salmón si lo encontraran en la pescadería. En el segundo (P5b) se pregunta si necesitarían más información para tomar la decisión. Y en el tercero (P5c) se pregunta si realmente buscarían esa información a quienes contestaron afirmativamente al segundo ítem. Por otro lado, en la pregunta 18 se aborda la opinión sobre la necesidad de tener información adecuada para rechazar las aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología que se asocian con riesgos para los seres humanos como, por ejemplo, los alimentos modificados genéticamente o la energía nuclear. Como bien indica la numeración de las preguntas, la pregunta general fue posterior a la específica.

El análisis de la interacción de la pregunta P5a con la P5b y la P18 resulta muy interesante, fundamentalmente porque muestra claramente la diferencia entre actitudes y opiniones. Centrándonos en el análisis descriptivo, la tabla 6 muestra la distribución de las respuestas a las tres preguntas. Hay varias cuestiones relevantes. Por un lado, se observa que una quinta parte de las personas que han formado parte del estudio no soporta la idea de comer un animal modificado genéticamente. Si combinamos las que muestran reservas, el porcentaje se sitúa en torno al 60 %. Por otro lado, el 25 % tiene tan clara cuál es su decisión que no cree necesario disponer de más información para tomarla. Pero si nos fijamos en la pregunta 18, encontramos un resultado muy diferente. El 70 % de los participantes considera que es necesario disponer de información para rechazar una aplicación científica o tecnológica cuando piensa sobre el tema de manera general, en abstracto. Solo el 4 % afirma que no necesita información para tomar ese tipo de decisiones. Esta diferencia es especialmente reseñable si tenemos en cuenta que podría esperarse una mayor dispersión de los datos en la P18 en comparación con la P5b dado que hay una opción de respuesta más.

La discrepancia en la distribución de las respuestas de las preguntas P5b y P18, incluso se podría decir que la contradicción entre ellas, es un indicador claro de que ambas preguntas están midiendo cuestiones diferentes. La pregunta 18 mide lo que los participantes en el estudio piensan, creen u opinan, teniendo en cuenta que, como ya hemos señalado, es una muestra sesgada, con una clara orientación hacia la ciencia, por eso se han implicado en el estudio. Por tanto, la respuesta a la P18 muestra lo que creen que harían, lo que encaja con la imagen que tienen de sí mismos en relación con la ciencia. Las respuestas a la pregunta 5b, por el contrario, muestran realmente lo que sienten, pues están determinadas por el escenario concreto en el que les ha situado la pregunta. Se puede decir, entonces, que las

respuestas a la pregunta 5 tienen más validez externa, porque reflejan de manera más adecuada la reacción que cada persona tendría en la vida real.

Tabla 6. Distribución de frecuencias (%) de las preguntas P5a, P5b y P18

<b>P5a. Recientemente se ha autorizado el cultivo del primer animal transgénico para consumo humano: EEUU ha dado luz verde a un salmón modificado genéticamente que crece al doble de velocidad. Si te encontraras este salmón en la pescadería, ¿qué harías?</b>	
Seguro que no lo compraría. No soporto la idea de comer un animal modificado genéticamente aunque haya recibido aprobación sanitaria	20,8
Creo que no lo compraría. No me gusta la idea de comer un animal modificado genéticamente aunque haya recibido aprobación sanitaria	38,8
Creo que lo compraría. No veo problema en comer un animal modificado genéticamente si ha recibido aprobación sanitaria	27,2
Seguro que lo compraría. No me importa comer un animal modificado genéticamente si ha recibido aprobación sanitaria	13,2
<b>P5b. ¿Crees que necesitarías más información para tomar la decisión?</b>	
No necesito más información para tomar una decisión como esta	24,8
Creo que tener más información me podría ayudar a tomar esta decisión, aunque no es imprescindible	35,3
Sí, sin duda me hace falta más información para tomar esta decisión	39,9
<b>P18. ¿Crees que necesitas tener información adecuada para rechazar aquellas aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología que se asocian con riesgos para los seres humanos como, por ejemplo, los alimentos modificados genéticamente o la energía nuclear?</b>	
No necesito esa información para tomar una decisión	4,3
Me vendría bien, pero no es imprescindible para tomar una decisión	15,5
Me vendría bien esa información, pero no sé cómo buscarla	9,5
Necesito esa información para tomar una decisión	70,7

Al cruzar la pregunta P5a con la P5b encontramos que hay una asociación estadísticamente significativa y fuerte entre ambas. Es lógico si tenemos en cuenta que son dos ítems de la misma pregunta. El estadístico que mide la fuerza de la asociación es la V de Cramer y tiene un valor de 0,320, muy alto. Por otro lado, se observa también que 162 de las 286 personas que afirman que no comprarían el salmón modificado genéticamente (el 58 %) manifiestan no necesitar más información para tomar esa decisión. Lo mismo ocurre con 86 de las 182 personas que afirman estar seguras de que lo comprarían (el 47 %). Como es lógico, las personas que no están tan seguras de su decisión (las dos opciones intermedias de respuesta) consideran que necesitan más información para tomar una decisión.

Entre los que creen que no lo comprarían (534 personas), es mayoritaria la opinión de que necesitan información para tomar esa decisión (264 personas, el 49 %). En cambio, entre los 375 que creen que lo comprarían, es mayoritaria la opción de respuesta intermedia en P5b. En concreto, 188 personas (el 50 % de ese grupo) creen que tener más información les podría ayudar a tomar una decisión, pero no es imprescindible.

La asociación entre la P5a y la P18 también es estadísticamente significativa, pero la fuerza de la asociación se reduce a menos de la mitad ( $V$  de Cramer = 0,141). En la pregunta 18 se brindó a los participantes una opción de respuesta equivalente a No sabe/No contesta, en concreto, “No tengo una opinión formada sobre esta cuestión”. Por ese motivo, los totales en la P5a cuando se cruza con la P18 no coinciden exactamente con el mencionado en el párrafo anterior. Teniendo esto en cuenta, de las 283 personas que no comprarían el salmón modificado genéticamente que han contestado a la P18, 178 (el 63%) dijeron que necesitarían información para rechazar aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología que se asocian con riesgo para los seres humanos. El 78 % de los que dijeron estar seguros de que comprarían el salmón modificado genéticamente (141 de 181) consideraron que es necesario disponer de información adecuada para decidir rechazar las aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología.

Como hemos señalado, da la impresión de que la pregunta 5a puede estar actuando como un indicador de actitud hacia la ciencia. Con el fin de comprobar esta hipótesis, hemos realizado un análisis de regresión lineal en el que la P5a es la variable dependiente y las variables independientes o predictoras son las siguientes: área de estudio (ciencias naturales, ciencias de la salud, formación general, ingeniería, ciencias sociales, educación y ciencias humanas) y los indicadores obtenidos previamente (opinión sobre decisiones relacionadas con la ciencia, opinión sobre la ciencia, valoración de la ciencia, valoración de las aplicaciones, interés informativo, interés por conocer, significado del interés, reflexión cognitiva, sofisticación cognitiva, alfabetización, participación y disposición a participar). Se han creado 7 variables *dummy* o indicador para incluir en el análisis las siete áreas de estudio identificadas, de tal manera que a la persona se le asigna el valor 1 si se ha formado en esa área concreta, y el valor 0 en caso contrario.

Los resultados del modelo de regresión lineal se presentan en la tabla 7. En ella se incluyen solo las variables que han mostrado una asociación estadísticamente significativa con la pregunta P5a. En concreto, hay seis variables que contribuyen a explicar, conjuntamente, el 37,2 % de la varianza en P5a. Este resultado indica que la capacidad explicativa de las seis variables es alta. Atendiendo a los coeficientes  $\beta$  observamos que el mejor predictor es la valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, seguido por la opinión sobre las decisiones, haber estudiado ciencias naturales, la opinión sobre la ciencia y la alfabetización. El indicador que



muestra una asociación más débil es la valoración de la ciencia. Los indicadores que tienen que ver con el interés y las acciones no contribuyen a explicar esta variable que, por tanto, se puede considerar un buen indicador resumen del factor “Percepción”, especialmente en lo que respecta a la valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología.

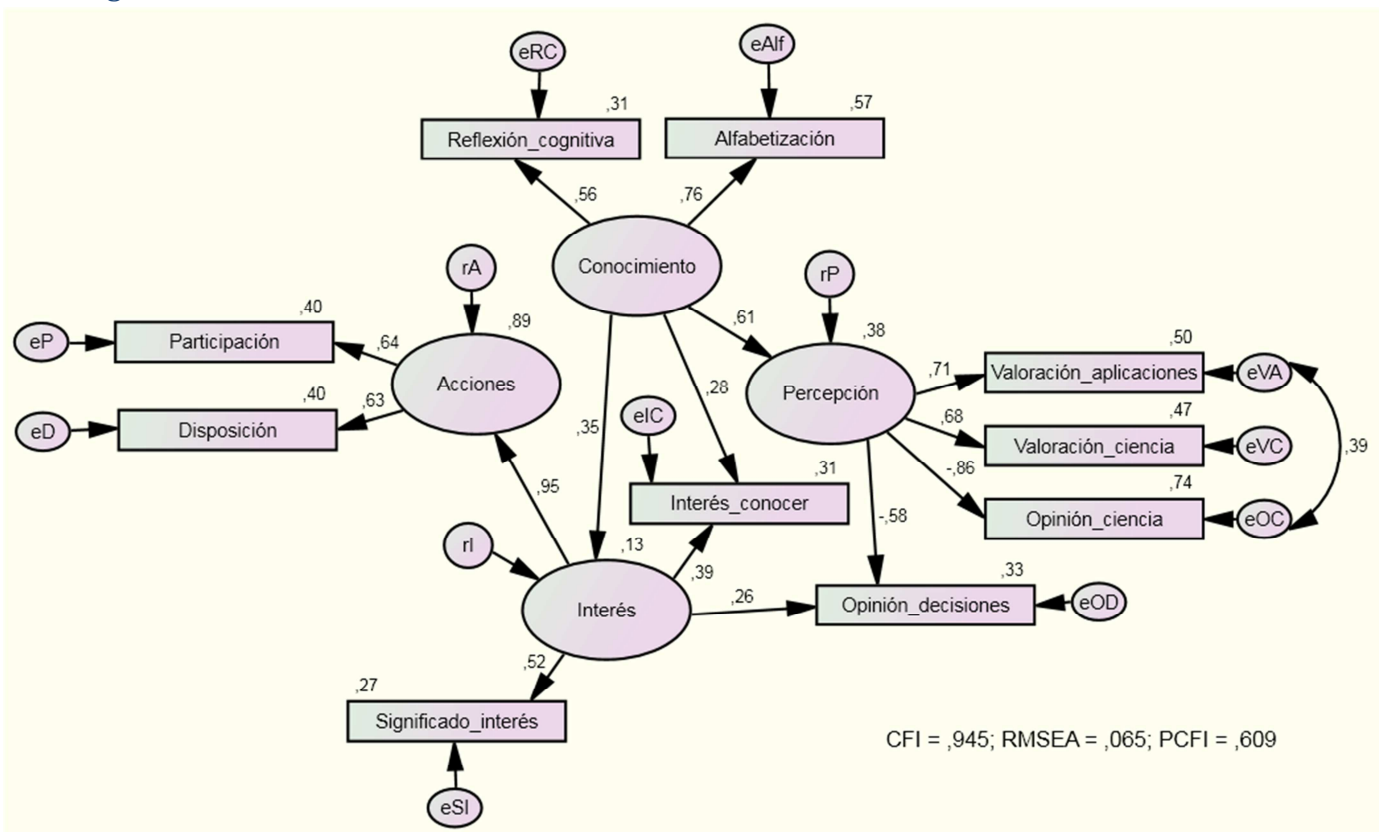
Tabla 7. Análisis de regresión lineal. Variable dependiente: P5a

<b>Indicador</b>	<b>Beta</b>	<b>p</b>
<b>Ciencias naturales</b>	0,131	< 0,05
<b>Opinión sobre decisiones</b>	-0,142	< 0,01
<b>Opinión sobre ciencia</b>	-0,127	< 0,01
<b>Valoración de la ciencia</b>	0,080	< 0,05
<b>Valoración de aplicaciones</b>	0,312	< 0,01
<b>Alfabetización</b>	0,113	< 0,01

## EVIDENCIA A FAVOR DEL MODELO PICA: EL MODELO ESTRUCTURAL

Como hemos señalado en el apartado correspondiente, el modelo PICA sobre la imagen de la ciencia parte del supuesto de que el conocimiento es un factor clave que influye en los otros tres (percepción, interés y acciones). Considera también que el interés, en la medida en que es un factor motivacional, influye también en las acciones relacionadas con la ciencia en las que las personas se involucran en su día a día. Hemos puesto a prueba este modelo utilizando los MEE. El resultado final se muestra en la figura 9.

Figura 9. Modelo PICA: modelo estructural



En primer lugar, hay que señalar que los estadísticos de bondad de ajuste son buenos (CFI > 0,9; RMSEA < 0,07 y PCFI > 0,5). Por otro lado, hemos encontrado que el conocimiento influye de manera directa en la percepción y el interés, pero no en las acciones. Sobre este factor influye de manera indirecta a través del interés. A cambio, el peso del interés sobre las acciones se aproxima a 1 (el máximo), por lo que el porcentaje de varianza explicada de este factor se sitúa en el 90%. Tanto las acciones efectivamente llevadas a cabo (Participación) como la disposición a llevarlas a cabo son buenos indicadores de este factor, que explica el 40% de la varianza de cada uno de ellos.

En el modelo estructural la sofisticación cognitiva no es un indicador relevante, por lo que el factor conocimiento queda definido por la alfabetización y la reflexión cognitiva. Un buen indicador (la carga es igual a 0,76) y el más relevante a la hora

de definir el factor conocimiento, es la alfabetización. El conocimiento explica cerca del 40% de la varianza en percepción. A diferencia de lo que hemos encontrado al analizar la población española (p. e. Ana Muñoz, 2017), en este estudio el factor percepción está bien definido, con cuatro indicadores (dos de valoración y dos de opinión) que correlacionan alto con el factor, en especial la opinión sobre ciencia, seguida por la valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología. El indicador que menos asociación tiene con la percepción es la opinión sobre las decisiones de ciencia, pero este resultado se explica porque sobre él tiene una influencia directa el interés. En este caso el signo del coeficiente es positivo, eso significa que las personas más interesadas por la ciencia tienden a estar de acuerdo con la idea de que es necesario desarrollar mecanismos de participación para que los ciudadanos participen en las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, a la vez que les preocupa que no se tenga en cuenta el punto de vista de los ciudadanos en la toma de decisiones sobre cuestiones relacionadas con la ciencia que tienen repercusiones para todos. Por el contrario, como ya hemos señalado, los signos negativos en las cargas del factor percepción sobre los indicadores de opinión apuntan que las personas que más valoran la ciencia y sus aplicaciones, tienden a estar en desacuerdo con estas opiniones. La flecha bidireccional entre el término de error del factor valoración de las aplicaciones y el del factor opinión sobre la ciencia, que ha sido necesario incluir para que el modelo ajuste bien a los datos, está indicando que hay cierto solapamiento entre ambos indicadores (el coeficiente de correlación es moderado, 0,39); es decir, que en cierto modo, la opinión sobre la ciencia está influida por la valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología.

Por lo que respecta al factor interés, la proporción de varianza en ese factor explicada por el conocimiento es baja (13%). Eso significa que hay otros factores relevantes que no están incluidos en el modelo. Aunque ese resultado también puede ser atribuido a los indicadores disponibles. El que muestra una asociación directa más fuerte es el significado del interés (la carga del factor es 0,52). El que tiene una relación más débil es el interés informativo (0,26). El factor interés por conocer, tiene una carga directa de 0,39. Sin embargo, recibe también influencia directa del conocimiento (la correlación es de 0,28). Por tanto, este indicador recibe doble influencia del factor conocimiento, directa, e indirecta a través del factor interés. Y esto puede restarle capacidad explicativa al factor de orden superior (el interés).

El signo de los coeficientes que definen la asociación entre los factores del modelo PICA son positivos, eso significa que las personas que más saben están más interesadas, las personas más interesadas son las que participan en más actividades relacionadas con la ciencia y mayor disposición muestran a implicarse en este tipo de acciones. Por otro lado, en el caso de la percepción, en la que se combinan coeficientes con signo positivo y negativo, el planteamiento es algo más complejo, como ya hemos señalado. La relación positiva entre conocimiento y

percepción significa que las personas con mayor conocimiento sobre ciencia la valoran más positivamente. La correlación negativa ente percepción y opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia significa que un mayor conocimiento se asocia con una opinión poco favorable a la implicación de la ciudadanía en estas decisiones. Por lo que respecta a la opinión sobre la ciencia, un mayor conocimiento implica menor preocupación por el hecho de que la incertidumbre sea un rasgo esencial de la ciencia, la investigación científica dependa cada vez más de intereses comerciales, cada día dependamos más de la ciencia y la tecnología para desenvolvemos en nuestro día a día, los avances científicos y tecnológicos se produzcan con tanta rapidez que sea difícil que las autoridades puedan controlarlos adecuadamente, los desarrollos científicos y tecnológicos puedan tener efectos secundarios inesperados o la mayor parte de las veces los científicos estén en desacuerdo unos con otros.

## COMPARACIÓN DE LA MUESTRA PICA CON LA POBLACIÓN ESPAÑOLA

Tal y como hemos señalado de manera repetida, las personas que han participado en este estudio constituyen una muestra muy sesgada, tanto en lo que respecta al interés y la implicación con la ciencia, como en lo que se refiere al conocimiento que poseen de ella. Por este motivo, nos parece especialmente relevante comparar los resultados obtenidos en este estudio con los que se obtienen en la población general. Hasta ahora no hemos dispuesto de la posibilidad de administrar el cuestionario PICA a una muestra representativa de la población española. No obstante, aunque no podemos disponer de los mismos indicadores, los datos de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2016 de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) nos permiten realizar una primera aproximación a esta cuestión. En concreto, nos van a permitir comprobar si la estructura del modelo PICA permite definir tanto la imagen de la ciencia de personas especialmente motivadas hacia la ciencia, como de la población general.

En primer lugar, vamos a analizar si hay diferencias en la muestra con respecto a la población en la distribución de sexos, el interés y el nivel de conocimiento percibido, ya que por las propias características de la muestra PICA no tiene sentido analizar la variable estudios ni la edad.

Tabla 8. Comparación entre la muestra PICA y la población española

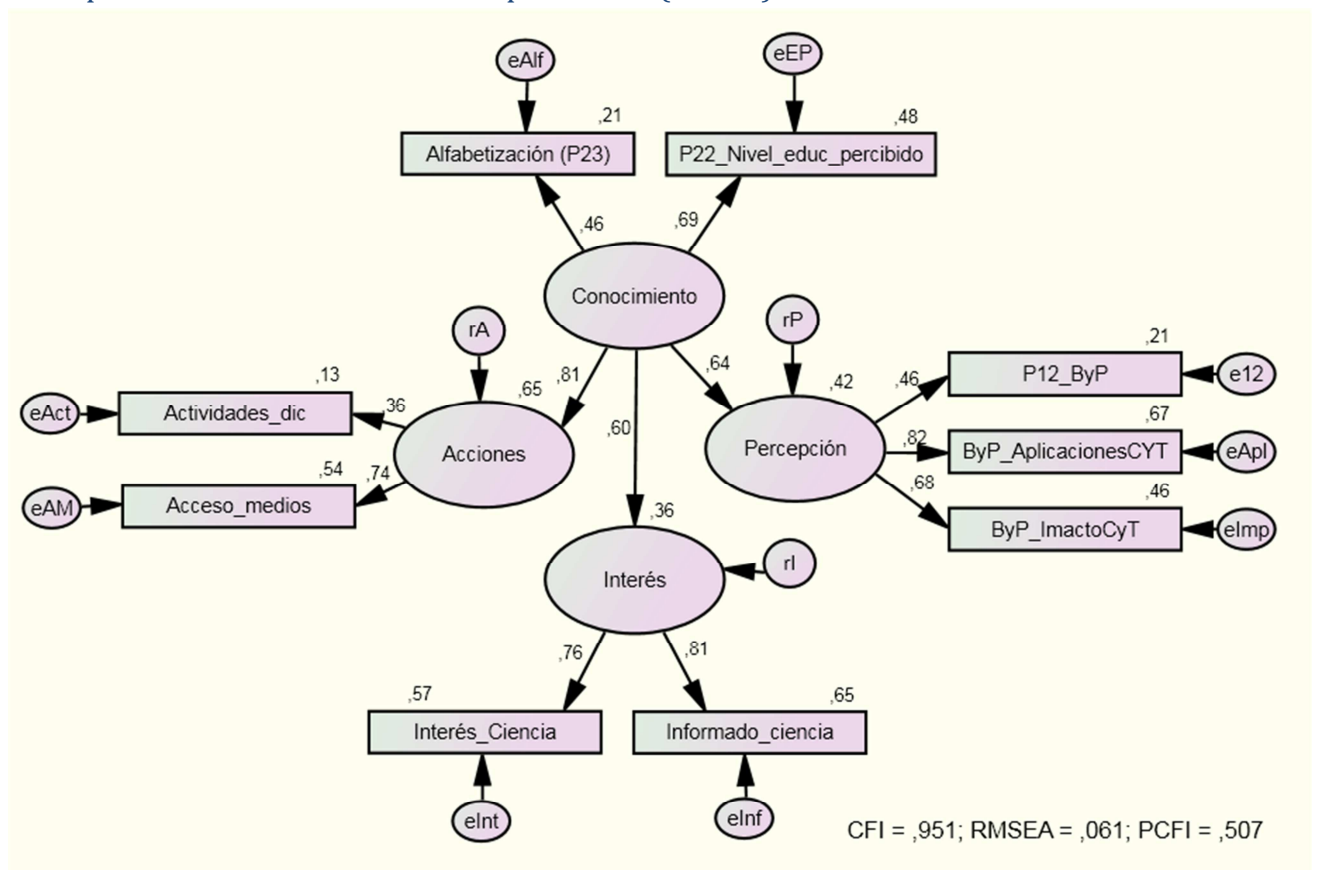
VARIABLE	PICA	POBLACIÓN
<b>Sexo</b>		
Mujer	50,8 %	50,7 %
Hombre	40,2 %	49,3 %
<b>Interés</b>		
Nada / Muy poco	0,6 %	12,9 %
Poco	12,7 %	18 %
Algo	-	30,9 %
Bastante	45,3 %	25,2 %
Mucho	41,4 %	13 %
<b>Conocimiento percibido / Nivel de educación científica recibida</b>		
Nada / Muy bajo	1,5 %	17,7 %
Poco /Bajo	51,4 %	27,3 %
Normal	-	42,9 %
Bastante /Alto	38,6 %	10,5 %
Mucho /Muy alto	8,5 %	1,5 %

Por lo que respecta a la distribución de sexos, la muestra PICA representa perfectamente a la población española. Las diferencias, como ya sospechábamos, están en el interés y el conocimiento. No se pueden comparar los datos adecuadamente porque el cuestionario PICA incluye cuatro opciones de respuesta y la encuesta de FECYT, cinco. No obstante, resulta bastante clarificador el porcentaje de personas nada/muy poco interesadas por la ciencia (menos del 1 % frente al 13%) o muy interesadas (41,4 % y 13 %). Por otro lado, en PICA

preguntamos por la percepción del nivel de conocimiento científico y en FECYT se pregunta por la percepción de la educación científica recibida. No obstante, en los trabajos realizados hasta la fecha con los datos de FECYT hemos obtenido evidencia de que esta pregunta es un buen indicador de conocimiento (p. e. Muñoz van den Eynde, 2017). Da la impresión de que, cuando contestan, las personas encuestadas no están pensando en la educación recibida sino en su capacidad para desenvolverse con la ciencia. De nuevo, no se puede hacer una comparación exacta porque, además de no ser el mismo indicador, los que hay no comparten las mismas categorías de respuesta. En este caso, además, hay diferencias en el extremo inferior. En PICA se les ofreció la opción “nada”, mientras que en FECYT es “muy bajo” y, tanto desde un punto de vista cognitivo como de la imagen de uno mismo que se ofrece, resulta más fácil y también más ajustado decir que se posee un conocimiento muy bajo que decir que no se posee ningún conocimiento. No obstante, la muestra PICA destaca notablemente de la población general en las dos categorías superiores (bastante, un 36,6 % y mucho, un 8,5 %), frente al 10,5 % y el 1,5 % obtenido en la población general.

En la figura 10 presentamos el modelo estructural obtenido a partir de los datos de la edición de 2016 de la encuesta de FECYT, que es la más reciente disponible en el momento de realizar este trabajo.

Figura 10. Modelo PICA: modelo estructural con los datos de Encuesta de Percepción Social de la Ciencia en España 2016 (FECYT)



En primer lugar, hay que señalar que el ajuste del modelo es bueno. En segundo lugar, el factor percepción está definido solo por la valoración de la ciencia y no por la opinión. La encuesta de FECYT solo incluye una pregunta para medir opinión que, además, está formada por ítems muy diversos y poco relacionados entre sí. Como resultado de ello, no tiene consistencia interna y no se puede obtener un indicador. Todos los intentos por incluir esta dimensión en el modelo de ecuaciones estructurales han sido infructuosos. No hay asociación entre la pregunta que mide opinión y las que miden la valoración de la ciencia (Muñoz van den Eynde, 2017). En todo caso, los tres indicadores que contribuyen a definir este factor son la atribución de riesgos y beneficios a la ciencia, la atribución de riesgos y beneficios a algunas aplicaciones de la ciencia (este indicador es equivalente a la valoración de aplicaciones del cuestionario PICA) y la valoración del impacto de la ciencia y la tecnología en algunos 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) también en términos de beneficios y perjuicios. Estos tres indicadores son muy similares a los que definen la dimensión de la valoración en el cuestionario PICA. El indicador que mejor contribuye a definir el factor percepción es, precisamente, la valoración de los beneficios y perjuicios de algunas aplicaciones 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).

El factor conocimiento viene definido por dos indicadores, el resultado obtenido en el test de alfabetización científica y el nivel percibido de educación científica. En esta muestra este segundo indicador resulta mucho mejor descriptor del conocimiento sobre ciencia que la alfabetización (la correlación entre factor e indicador es de 0,69). Este resultado es menos sorprendente de lo que pudiera parecer si tenemos en cuenta que el test incluye solo seis ítems bastante sencillos con dos opciones de respuesta. Por lo tanto, no es un buen indicador del conocimiento sobre ciencia. El otro indicador, en cambio, parece estar relacionado con el concepto de auto-eficacia de Bandura. Según este autor, nuestras capacidades de procesamiento cognitivo, adaptación y desarrollo no solo dependen del conocimiento que poseemos, sino que en gran medida están determinadas por la percepción que tenemos de cuáles son nuestros conocimientos y nuestra capacidad para desarrollar estas funciones (Bandura, 1993).

Por último, las acciones vienen definidas por otros dos indicadores. El más débil representa la participación en alguna actividad de divulgación de la ciencia (visita

a museos de ciencia y tecnología y/o participación en las actividades de la Semana de la Ciencia). El que tiene un papel más importante en la definición de este factor es una función matemática que cuantifica el acceso a distintos medios de comunicación para informarse sobre ciencia asignándoles distinto valor según representen un mayor interés para informarse sobre ciencia (Muñoz van den Eynde, 2017, p. 163-164).

Como hemos pronosticado, el conocimiento influye en los otros tres componentes del modelo PICA, la percepción, el interés y las acciones, especialmente en este último factor. Esta es una de las principales diferencias entre las dos versiones del modelo PICA que estamos comparando. En la muestra de personas especialmente interesadas el conocimiento no influye directamente en las acciones, sino que lo hace de manera indirecta a través del interés. Por otro lado, en la población general el peso del conocimiento sobre el interés es mucho mayor. No obstante, hay que tener en cuenta que este factor se ha definido de manera muy diferente en ambas muestras. En el caso de FECYT, está definido solo por dos ítems, el nivel de interés general y la percepción de las personas participantes acerca de su nivel de información sobre ciencia. En cambio, en la muestra PICA cada indicador incluye varios ítems, uno para tratar de cualificar el interés y otro centrado en el interés por conocer. Como hemos señalado al describir el modelo en la muestra PICA, este indicador recibe, además, influencia del conocimiento por vía directa e indirecta. Es muy posible que la influencia indirecta esté “restando” influencia directa. Por otro lado, también hay que tener en cuenta que partimos de una muestra altamente interesada en, y conocedora de la ciencia.

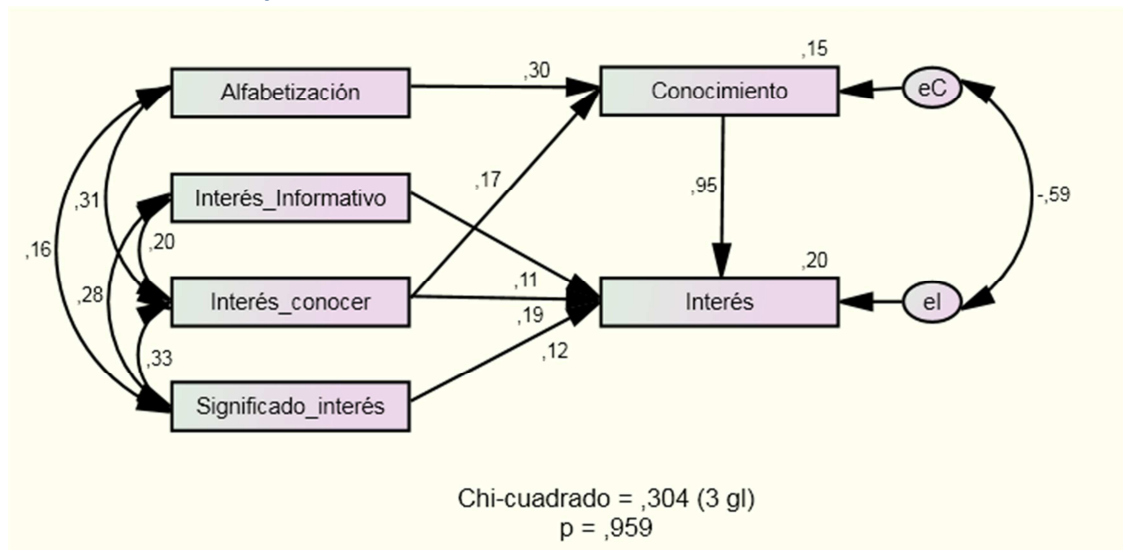


## ¿QUÉ ES ANTES, EL INTERÉS POR LA CIENCIA O EL CONOCIMIENTO?

Como hemos señalado previamente, el interés es un elemento que suele estar presente en las encuestas de percepción pública de la ciencia. Sin embargo, no está claro qué significa realmente que alguien manifieste estar muy, algo, poco o nada interesado por la ciencia (Muñoz van den Eynde, 2014). Entre otras cosas porque al analizar qué variables contribuyen a explicar el interés por la ciencia así definido en las encuestas basadas en muestras representativas de la población, hemos encontrado que el interés se asocia únicamente con la percepción que las personas encuestadas tienen sobre el nivel de información científica de que disponen y con el nivel de educación científica percibido, pero poco más (Muñoz van den Eynde, 2013). Por otro lado, sería interesante tratar de establecer si es el interés por la ciencia el que lleva a la persona a saber más sobre ciencia, o si son las personas más familiarizadas con la ciencia las que sienten más interés. Se trata de un elemento clave pues, como hemos señalado en la introducción, hasta ahora se ha asumido que es el interés el que determina cómo se aproxima la población a la ciencia.

Los MEE estructurales permiten buscar una respuesta a esta cuestión. Se los conoce también como modelos causales precisamente porque nos permiten comparar modelos alternativos (Arbuckle, 1995). Una de las posibilidades es ver cómo varía el ajuste de dos modelos de regresión lineal con dos variables dependientes según cuál sea la variable que contribuye a explicar la otra. Para ello necesitamos disponer de variables observadas, no podemos trabajar con constructos teóricos. El cuestionario PICA, como ya hemos señalado, dispone de dos preguntas diseñadas como indicadores subjetivos y generales del interés por la ciencia y el conocimiento sobre el tema. Esas serán nuestras dos variables dependientes. Tenemos también los indicadores obtenidos para medir el factor interés y el factor conocimiento a partir de las respuestas a la parte central del cuestionario PICA. Serán los que incluiremos en el modelo como variables independientes o predictoras. Partimos del supuesto de que el conocimiento influye en el interés. Sin embargo, es evidente también que interés y conocimiento están estrechamente relacionados (p.e. Krapp y Prenzel, 2011). Por tanto, inicialmente vamos a partir de un modelo en el que se asume que los indicadores de conocimiento contribuyen también a explicar el interés, y viceversa. Los resultados se muestran en la figura 11. No obstante, no se puede obtener el estadístico Chi-cuadrado de bondad de ajuste en un modelo en el que todas las variables estén relacionadas entre sí porque no hay grados de libertad. Al hacer el análisis hemos observado que el interés informativo y el significado del interés no se asocian con el conocimiento. Por otro lado, la alfabetización no correlaciona con el interés informativo, por lo que en la figura 11 hemos eliminado directamente esas tres flechas.

Figura 11 Regresión lineal para explicar el conocimiento y el interés. Hipótesis: el conocimiento influye en el interés. Muestra PICA



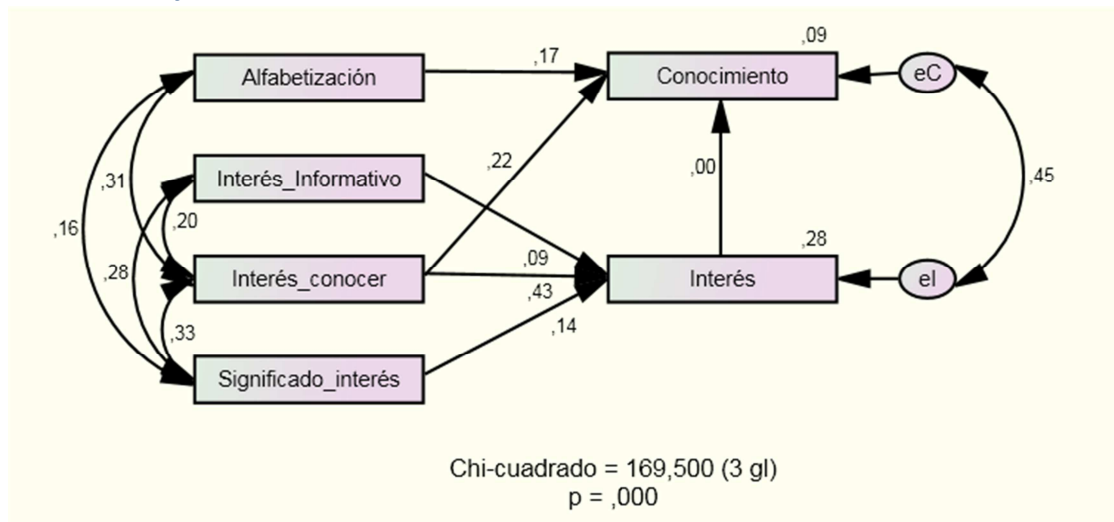
A la hora de establecer una conclusión sobre el estadístico Chi-cuadrado de bondad de ajuste hay que tener en cuenta que la hipótesis nula que se pone a prueba considera que el modelo se ajusta bien a los datos. Por el contrario, la hipótesis alternativa apunta a que el modelo no se ajusta bien a los datos. Por lo tanto, podremos afirmar que el modelo es válido si los resultados nos llevan a mantener la hipótesis nula, es decir, si el nivel de significación (p) es mayor de 0,05.

La información de la figura 11 nos permite afirmar que el modelo presentado se ajusta bien a los datos. Muestra también que las cuatro variables predictoras correlacionan de forma moderada entre sí. Las correlaciones más altas se producen entre la alfabetización y el interés por conocer, y entre el interés por conocer y el significado del interés. La alfabetización y el interés por conocer solo explican el 15 % de la varianza en el conocimiento percibido. Al mismo tiempo, todos los predictores contribuyen a explicar el 20 % de la varianza en interés. Por otro lado, el peso del conocimiento en el interés es muy alto. El coeficiente de regresión del conocimiento percibido sobre el interés es 0,95. Este incluye la influencia indirecta de la alfabetización. Entre los indicadores de interés incluidos en el cuestionario PICA, el que muestra una asociación más fuerte con el interés general es el interés por conocer. Por último, hay una correlación moderada y negativa entre los términos de error de las dos variables dependientes (la flecha bidireccional a la derecha de la figura), lo que indica que hay un moderado solapamiento entre ellas.

Como se puede observar en la figura 12, cuando consideramos que es el interés el que influye en el conocimiento el valor de p se sitúa en torno a cero, por lo que debemos rechazar la hipótesis nula y concluir que el modelo no ajusta bien a los datos. En concordancia con este resultado, el peso del interés sobre el conocimiento es igual a cero. Al incluir la influencia directa del interés disminuye

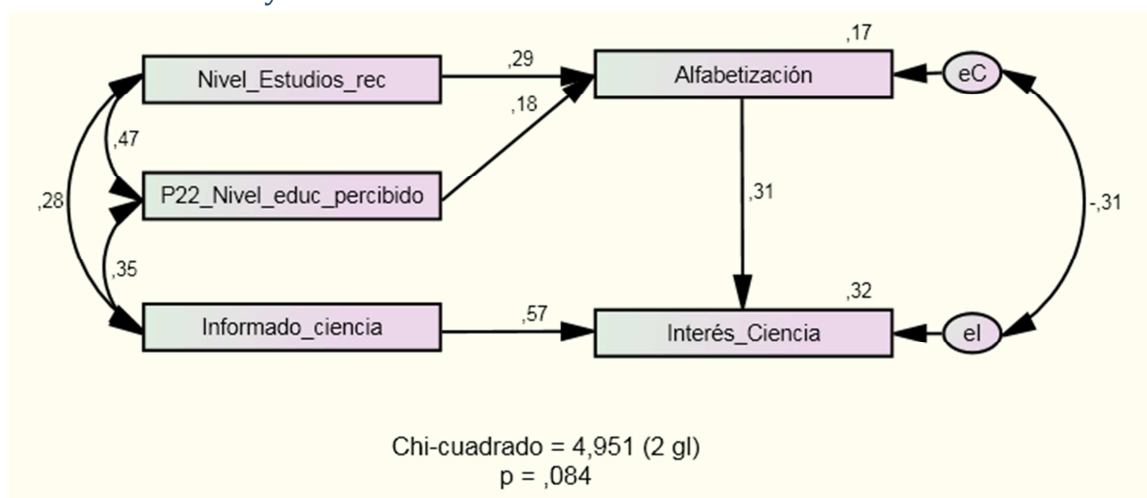
notablemente el peso de la alfabetización y, por tanto, el porcentaje de varianza explicada en conocimiento. El peso del interés por conocer sobre el interés, a cambio, aumenta considerablemente. Esta redistribución de los pesos nos está indicando el mal ajuste del modelo así definido.

Figura 12 Regresión lineal para explicar el conocimiento y el interés. Hipótesis: el interés influye en el conocimiento. Muestra PICA



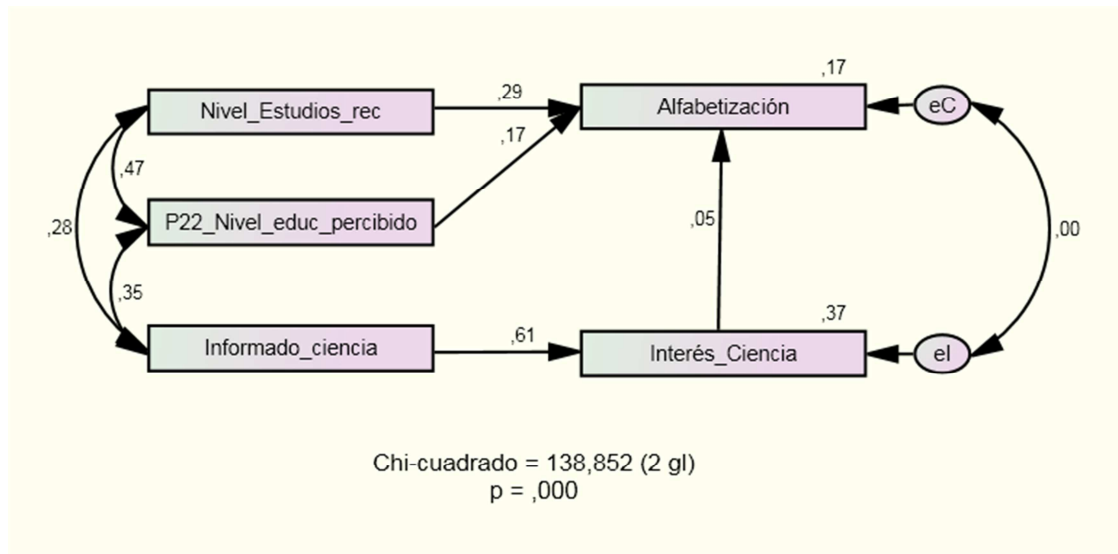
Como indican las figuras 13 y 14, hemos reproducido el mismo resultado a partir de las respuestas a la encuesta 2016 de FECYT, aunque los indicadores no son exactamente los mismos. Disponemos del mismo indicador subjetivo de interés general, pero no de los indicadores objetivos (interés informativo, significado del interés e interés por conocer). Por lo que respecta al conocimiento, disponemos del mismo indicador objetivo (alfabetización), pero no del indicador subjetivo, pues en el cuestionario de la encuesta de FECYT se les pide que valoren el nivel de educación científica recibida, no cuánto creen que saben sobre ciencia.

Figura 13 Regresión lineal para explicar el conocimiento y el interés. Hipótesis: el conocimiento influye en el interés. FECYT 2016



El resultado más destacable en la figura 13 es que el peso del conocimiento sobre el interés es mucho menor en la población general de lo que ocurre con la muestra de personas muy interesadas por la ciencia.

Figura 14 Regresión lineal para explicar el conocimiento y el interés. Hipótesis: el interés influye en el conocimiento. FECYT 2016



## CONCLUSIONES

Tras más de diez años de investigación en el marco de los estudios sobre comprensión pública de la ciencia, hemos llegado a la conclusión de que los esfuerzos realizados hasta la fecha en este ámbito han estado lastrados por varios factores. Hay cuatro que queremos destacar. Primero, no hay un marco teórico aceptado en el que apoyar la investigación y que contribuya a establecer qué hacer, cómo hacerlo y cómo interpretar los datos que se obtengan. Segundo, hay una profunda desconexión entre conceptualización y medición; esto tiene como consecuencia más directa que las herramientas utilizadas, las encuestas, presentan déficits importantes. Tercero, aunque cada vez se pone más énfasis en la necesidad de implicar a la población en la gobernanza de la ciencia, existe un profundo desconocimiento acerca de lo que los ciudadanos quieren, pueden y se sienten capaces de hacer en relación con ella. Cuarto, el análisis que se ha realizado de los datos obtenidos ha sido fundamentalmente descriptivo; sin embargo este tipo de análisis no contribuye a explicar la realidad. Teniendo esto en cuenta, el Proyecto PICA se apoya en dos pilares. Por un lado, el modelo PICA sobre la imagen de la ciencia sirve como marco conceptual para orientar la investigación. Por otro lado, el cuestionario PICA, cuya segunda versión ponemos a prueba en esta contribución, es una herramienta de medida que, basándose en el modelo conceptual, está siendo diseñada de manera específica con el fin de explicar cómo contribuyen la percepción, el interés, el conocimiento y las acciones a dar forma a la imagen de la ciencia.

Hemos obtenido dos muestras, una formada por 1.492 estudiantes universitarios y otra por 145 personas que incorporamos al estudio a través de las redes sociales. Hemos encontrado que la muestra de redes sociales (que pertenece, en realidad, a la población general) está significativamente más interesada y manifiesta sentirse más conocedora de la ciencia que la muestra de estudiantes. Por el contrario, no hemos encontrado diferencias en la calidad de los datos proporcionados por cada una de ellas. Por ese motivo hemos podido combinarlas en una para realizar los análisis que mostramos.

Hemos utilizado los Modelos de Ecuaciones Estructurales para analizar el segmento de la imagen de la ciencia definido por la interacción de los cuatro factores del modelo PICA: percepción, interés, conocimiento y acciones relacionadas con la ciencia. En combinación con el análisis de la consistencia interna y la capacidad de discriminación de las preguntas del cuestionario PICA, hemos obtenido 12 indicadores, cuatro que miden el factor P, tres para los factores I y C, y dos para el factor A.

El factor percepción (P) está definido por los siguientes indicadores: opinión sobre las decisiones relacionadas con la ciencia, opinión sobre la ciencia, valoración de la ciencia y valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología. Un elemento

importante en relación con este factor es la diferenciación entre opinión y valoración. Se ha debatido y se sigue debatiendo mucho sobre la inconsistencia en las actitudes de la población y la falta de correspondencia entre actitudes y conducta o entre actitudes y conocimiento. La realidad es que el concepto de actitud es muy complejo, es prácticamente omnipresente en los ámbitos de la percepción social y la opinión pública y, de manera simultánea, sigue sin alcanzarse un consenso en cuanto al modo de definirlo y medirlo. En el ámbito que nos ocupa es habitual medir las actitudes mediante una escala de acuerdo/desacuerdo con diversas afirmaciones. No obstante, hay trabajos que apuntan a las dificultades que este formato de respuesta plantea a las personas de las que se quiere conocer la actitud que, por tanto, afectan a la calidad de los datos que se obtienen (p. e. Revilla, Saris y Krosnick, 2013). Nosotros pensamos que parte del problema reside en el hecho de que, en realidad, este formato de respuesta no mide actitudes sino opiniones. Consideramos que las actitudes son emociones y, como tales, no se procesan cognitivamente, se experimentan. Las opiniones, en cambio, son juicios y, por tanto, resultado de nuestro procesamiento cognitivo que se podrán elaborar más o menos según estén bajo control del sistema 1 de procesamiento (automático, asociativo e involuntario) o del sistema 2 (controlado y racional). Como las actitudes son emociones, son muy difíciles de cambiar, porque implican realizar una evaluación positiva o negativa y se asocian con las estrategias de supervivencia. Son las opiniones las que cambian en función de la información disponible y el contexto en que se encuentra la persona. Por eso, a modo de ejemplo, la opinión hacia los organismos modificados genéticamente o la energía nuclear puede matizarse e incluso cambiarse, pero la actitud negativa no es fácil de erradicar y, en consecuencia, no queremos comer alimentos modificados genéticamente aunque aceptemos que no suponen riesgos para la salud, o podemos aceptar que la energía nuclear sea necesaria para garantizar el suministro energético del país, pero no queremos tener una instalación cerca. Por otro lado, ante las dificultades terminológicas asociadas al término, y teniendo en cuenta que nuestra propuesta de definir las actitudes como emociones todavía no ha sido validada ni aceptada, hemos optado por hablar de valoración y opinión como elementos de la percepción. Los resultados obtenidos al definir el factor Percepción muestran que valoración y opinión están relacionadas (por eso la correlación entre ellas tiene un valor alto), pero son diferentes (por eso la correlación no es tan alta como para indicar que ambos elementos miden lo mismo).

Hemos encontrado que hay un cierto solapamiento entre el indicador “Opinión sobre la ciencia” y el indicador “Valoración de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología”. Este resultado indica que la opinión sobre la ciencia se basa, en gran medida, en la percepción sobre los riesgos y beneficios de ciertas aplicaciones de la ciencia y la tecnología. Una de las premisas que ha guiado a investigación sobre la cultura científica es la suposición de que hay una actitud negativa de la ciudadanía

hacia la ciencia. Sin embargo, en los estudios que hemos realizado a lo largo de más de 10 años no hemos encontrado indicios de esta actitud negativa en España ni en Europa (p. e. Muñoz van den Eynde, 2012). Es evidente, no obstante, que la relación de la sociedad con la ciencia es compleja. También lo es que no hay una única ciencia y, por tanto, la manera de aproximarse a sus distintas dimensiones es diferente. Podemos señalar tres dimensiones: básica, aplicada e instrumental. De manera simplificada, ciencia básica es aquella que está orientada fundamentalmente por el objetivo de incrementar el conocimiento científico, mientras que la ciencia aplicada se centra más en la obtención de resultados. La ciencia instrumental está orientada a satisfacer las necesidades de la política. Se puede decir que prácticamente nadie duda o reniega de la ciencia al servicio del conocimiento. En el caso de la ciencia aplicada, se puede decir que “todo depende” de cuál sea la aplicación y de a qué se aplique. En cambio, la imagen de la ciencia “instrumental” es, esencialmente, negativa. Por un lado, porque se percibe que está al servicio del mercado y/o de la política. Por otro, en consecuencia, porque se ve contagiada del descrédito que afecta a estos (Muñoz van den Eynde, 2018). La identificación que hemos encontrado entre la opinión sobre la ciencia y la valoración de sus aplicaciones en este trabajo podría ser un elemento clave para explicar la actitud general hacia la ciencia. En esta muestra las aplicaciones se valoran positivamente y, por tanto, la actitud hacia la ciencia es positiva. Sin embargo, parece evidente que la actitud de la población general hacia ciertas aplicaciones es más bien negativa. Por lo tanto, que la actitud que midamos sea más bien positiva o negativa podría depender de sobre qué dimensión de la ciencia pongamos el foco. Se trata de una cuestión muy relevante que sería conveniente analizar también en la población general.

El factor interés (I) ha quedado definido por tres indicadores: interés informativo, interés por conocer y significado del interés. El primero recoge la opinión sobre la posibilidad de que quienes participan en el estudio lean una noticia concreta sobre ciencia a partir del titular. El interés por conocer mide el deseo de saber más sobre las ondas gravitacionales, el principal hallazgo científico del año 2016 para la revista *Nature*. El significado del interés busca conocer en qué piensan las personas cuando manifiestan estar interesadas por la ciencia.

El factor C está definido por la sofisticación cognitiva (preguntas de razonamiento verbal y visual), la reflexión cognitiva (preguntas diseñadas para medir la tendencia a responder de manera rápida y asociativa) y la alfabetización científica, que mide el conocimiento de conceptos básicos de ciencia.

El factor A (acciones) incluye dos indicadores, participación y disposición a participar. El primero recoge la realización de comportamientos de la vida diaria en los que está presente la ciencia y la participación en actividades relacionadas con la ciencia. El segundo, como su nombre indica, mide la intención manifiesta de participar en distintas actividades relacionadas con la ciencia.

Como era de esperar dado el proceso de selección de la muestra, las personas que han participado en este estudio están muy interesadas en la ciencia y muestran un buen conocimiento sobre el tema. Se observa también una clara orientación positiva hacia la ciencia. Hemos encontrado también una asociación inversa entre la valoración de la ciencia y sus aplicaciones y la preocupación por algunas de las características que la definen, como que la incertidumbre sea un rasgo esencial de la ciencia o que la mayor parte de las veces los científicos estén en desacuerdo unos con otros. Es decir, la valoración positiva de la ciencia se asocia con menos preocupación, y viceversa. También hemos encontrado una mayor variabilidad en los dos indicadores de opinión. Esta variabilidad refleja la tendencia de ciertas personas a estar en desacuerdo con y manifestar poca preocupación por la mayor parte de las afirmaciones que se les han presentado, la tendencia de otras a estar de acuerdo con y manifestar bastante preocupación por todos los temas por los que se les ha preguntado, y todas las posibilidades intermedias. Como veremos un poco más adelante, este hecho apunta a la complejidad de elementos que interaccionan en la definición de la percepción de la ciencia.

En la descripción del factor Acción hemos identificado un continuo de implicación que, además, proporciona resultados opuestos según se trate de la participación o de la disposición a participar. Es decir, las acciones que mejor contribuyen a definir la intención son las que reflejan un mayor compromiso con la ciencia, mientras que en el factor participación discriminan mejor los ítems que expresan una menor implicación. Este resultado puede estar indicando que las personas que han participado en el estudio responden con sinceridad cuando se les pregunta por lo que hacen, pero se dejan llevar por el sesgo de deseabilidad social cuando se trata de opinar sobre lo que podrían llegar a hacer. También puede estar indicando lo que podrían llegar a hacer si se les brindara la oportunidad de hacerlo. Es un elemento a considerar en futuras versiones del cuestionario, pues necesitamos ítems adicionales para poder ofrecer una respuesta.

Los resultados obtenidos reflejan la tendencia de algunas personas a seleccionar ciertas respuestas. Esto suele ser considerado un indicador de falta de calidad de los datos. Sin embargo, los análisis realizados nos llevan a concluir que la falta de diferenciación no es resultado del déficit de calidad de las respuestas, sino el reflejo de una opinión más extrema o cristalizada en algunas de las personas que han participado en el estudio.

Hemos encontrado que la mayor parte de las preguntas incluidas en el cuestionario PICA contribuyen significativamente a explicar los cuatro factores analizados, mostrando consistencia interna y poder explicativo. Creemos que este resultado se debe a tres factores. Por un lado, al diseño del cuestionario. Por otro, al hecho de que se ha administrado a una muestra sesgada, formada por personas interesadas y conocedoras de la ciencia. En tercer lugar, teniendo en cuenta que también hemos podido validar el modelo PICA en una muestra representativa de la



población, hay que atribuirlo a la potencia analítica que proporcionan los MEE. En todo caso, los buenos resultados obtenidos proporcionan evidencia de que el enfoque utilizado para analizar la relación entre ciencia y sociedad es útil y adecuado. Indica también que si trasladáramos este enfoque al estudio de la población general, podríamos mejorar notablemente nuestro conocimiento de los factores que determinan el modo en que la sociedad se relaciona con la ciencia.

Los expertos en neurociencia destacan la profunda conexión entre percepción y acción, de tal manera que la primera tiene como finalidad orientar la segunda. Sin embargo, a la hora de definir la imagen de la ciencia no encontramos esta asociación en nuestra muestra. Sobre este factor influyen el conocimiento (por vía directa e indirecta) y el interés (el componente motivacional). Esta falta de resultado puede deberse a una auténtica falta de asociación en esta dimensión de la actividad humana. Pero parece más probable atribuirla a deficiencias metodológicas. Como hemos señalado al definir el modelo PICA en la sección correspondiente de esta contribución, las preguntas que miden las acciones (también en el cuestionario PICA) no han sido capaces de abordar, en la dimensión conductual, la parte que implica incorporar la ciencia a la gestión de la vida cotidiana. Por otro lado, se ha hecho evidente que las personas que han participado en este estudio muestran un gran interés por la ciencia y son, simultáneamente, buenas conocedoras de ella. La falta de asociación directa entre conocimiento y acción puede deberse a este hecho. Los resultados obtenidos en la población general apuntan a que esta interpretación es correcta, teniendo en cuenta que sí hemos encontrado esa asociación al analizar una muestra representativa de la población española.

Hemos encontrado que un mayor conocimiento sobre ciencia se asocia con una percepción positiva de esta actividad y falta de preocupación por sus posibles consecuencias negativas. El modelo del déficit en el campo de los estudios sociales de la ciencia ha ido poniendo el foco en diferentes factores. Primero se pensó que un déficit de conocimiento estaría detrás de la supuesta actitud negativa hacia la ciencia y, por tanto, se acuñó lo que se ha conocido como el axioma PUS (de *Public Understanding of Science*), “cuanto más conoces, más lo quieres”. Posteriormente se llegó a la conclusión de que era la falta de confianza en la ciencia la que estaba determinando la relación de la sociedad con la ciencia. En la actualidad, a pesar de las críticas al modelo del déficit, como ya hemos señalado, este sigue vigente. Y se apunta a que es un déficit de compromiso el que determina cómo es la relación de la sociedad con la ciencia. Desde nuestra perspectiva, consideramos que la cuestión no es cuanto más sabes más lo quieres, sino mayor es tu capacidad de tener una opinión al respecto y de implicarte. Consideramos también que un mayor conocimiento debería ir asociado con una visión más crítica de la ciencia, en el sentido de reconocer tanto sus efectos positivos como los riesgos asociados. Los resultados obtenidos en este estudio parecen indicar, en cambio, que las personas

más interesadas y conocedoras de la ciencia muestran una actitud esencialmente positiva, que va más en la línea de la visión mitificada de la ciencia.

Hemos encontrado también que la valoración positiva de la ciencia se asocia, de manera simultánea, con un escaso apoyo a la implicación de la población en las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. Este resultado sugiere que las personas con una actitud más favorable hacia la ciencia consideran que la participación ciudadana puede interferir o limitar el alcance de la ciencia. Este resultado parece indicar que han asumido como propio el modelo del déficit.

Al mismo tiempo, hemos encontrado que los ítems que mejor discriminan a la hora de definir el factor “Acción” son los que se asocian más directamente con la esfera política de la ciencia (participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos). Este hallazgo constituye una evidencia a favor de la hipótesis de que el conocimiento contribuye a fomentar la implicación con la ciencia.

En todo caso, consideramos que la realidad que presentan estos resultados es muy compleja. Por un lado, como hemos señalado, hay una gran variabilidad en los dos indicadores de opinión. Por otro lado, al trabajar con indicadores globales no podemos evaluar adecuadamente la asociación entre los elementos que los componen. Por tanto, para valorar de forma más detallada el factor percepción y su relación con el conocimiento, hace falta otro tipo de análisis. En cualquier caso, creemos que estos resultados plantean un panorama extremadamente interesante, que queda pendiente de un análisis en mayor profundidad en futuros trabajos.

Hasta la realización de este estudio habíamos considerado que el formato de respuesta es un determinante esencial para definir si estamos midiendo actitudes u opiniones. En concreto, partimos del supuesto de que medir el grado de acuerdo/desacuerdo con una afirmación implica medir una opinión, pues para responder, la persona tiene que pensar si las ideas expresadas en la afirmación coinciden con las suyas, o valorar hasta qué punto lo que sabe del tema en cuestión le permite mostrarse de acuerdo o en desacuerdo. En cambio, de acuerdo con Fishbein y Ajzen (1975), para medir actitudes hay que poner a quien responde en la tesitura de hacer un juicio de valor o utilidad sobre un objeto. Ese objetivo se alcanza, entre otras, en las preguntas que valoran los posibles beneficios y perjuicios de un objeto, la ciencia en nuestro caso. Por eso hemos considerado que los indicadores definidos a partir de estas preguntas miden la valoración de la ciencia y sus aplicaciones. Al diseñar la versión 2 del cuestionario PICA consideramos que, en tanto que emociones, las actitudes podrían estar reflejando la preocupación generada por la ciencia y sus aplicaciones y, en consecuencia, diseñamos una pregunta en la que se incluyeron diversas afirmaciones sobre las que quienes participaron en el estudio debían manifestar su grado de preocupación. Según nuestro supuesto de partida, esta pregunta debería medir

valoración, no opinión. El análisis realizado para obtener los indicadores nos ha mostrado, sin embargo, que es un indicador de opinión. Aunque en contra de nuestro supuesto de partida, este resultado es importante, pues indica que el determinante de que se midan actitudes u opiniones no es tanto la escala de respuesta, como la capacidad de poner a quien responde frente a una elección que le implique realizar un juicio de valor. En todo caso, dadas las dificultades generadas por el formato de respuesta acuerdo/desacuerdo, preguntar por la preocupación puede ser una alternativa válida y útil para medir la opinión de la población.

Con independencia de que, como acabamos de señalar, la pregunta que mide la preocupación por la ciencia y sus consecuencias no ha funcionado como esperábamos, nuestros resultados muestran claramente la diferencia entre lo que sentimos en relación con un objeto, en este caso la ciencia, y lo que opinamos (pensamos) sobre él. Esto se hace especialmente patente al centrarnos en tres preguntas del cuestionario que no han sido incluidas en los indicadores porque no terminaban de encajar en ninguno de ellos pero que, a cambio, proporcionan una clara evidencia de nuestra manera de definir las actitudes. En concreto, hemos encontrado que a la hora de opinar sobre la necesidad de tener información científica para rechazar las aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología que se asocian con riesgos para los seres humanos, como, por ejemplo, los alimentos modificados genéticamente, la mayor parte de las personas que han participado en el estudio contestaron afirmativamente. Sin embargo, cuando les hemos preguntado si comprarían un salmón modificado genéticamente que ha sido comercializado tras recibir aprobación sanitaria (un hecho real que se ha producido en EEUU), y preguntarles después si creen que necesitan recibir más información para responder a esa cuestión, hemos encontrado que las personas con una actitud definida hacia el salmón modificado genéticamente (que es, en realidad, un indicador de actitud hacia la ciencia), sea a favor o en contra, contestan posteriormente que no necesitan más información. Al cruzar esta pregunta con la primera, observamos que la mayoría contesta afirmativamente a la pregunta que les pone en una situación teórica. Este resultado tiene también importantes repercusiones metodológicas, en nuestra opinión, pues muestra que si queremos medir realmente las actitudes de la población, debemos diseñar preguntas que contribuyan a identificar qué sienten las personas hacia el objeto de actitud y no qué piensan de él.

Hemos puesto a prueba el modelo PICA en una muestra de personas interesadas en, y conocedoras de la ciencia y en la población española, utilizando en este último caso los datos de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia 2016 realizada por FECYT. Aunque ambos modelos no se pueden comparar adecuadamente porque no incluyen los mismos indicadores, se puede concluir que el modelo PICA permite explicar de manera satisfactoria el segmento de la imagen de la ciencia definido por estos cuatro factores en ambas muestras. La principal

diferencia entre los modelos obtenidos a partir de los dos conjuntos de datos reside, precisamente, en la influencia del conocimiento sobre las acciones. Que no está presente en la muestra PICA pero sí en la muestra representativa de la población española. Hemos señalado que una posible explicación de esta falta de asociación en la muestra PICA puede atribuirse a deficiencias metodológicas. Pero también a las características específicas de la muestra. Por tanto, como tarea para el futuro, sería muy conveniente poder utilizar los mismos indicadores para analizar la imagen de la ciencia en la población española.

Por otro lado, hemos obtenido evidencia a favor de la hipótesis de que el conocimiento contribuye a explicar el interés por la ciencia y no a la inversa, aunque es evidente también que interés y conocimiento se refuerzan mutuamente. Creemos que este es uno de los hallazgos esenciales de este trabajo, pues en el análisis de la relación de la sociedad con la ciencia se suele poner el foco en el interés mientras se deja de lado el conocimiento, hasta el punto de que es difícil mencionar su importancia sin que asome la sombra del modelo del déficit. Los resultados obtenidos estarían contribuyendo a devolver al conocimiento al lugar que se merece como factor que contribuye a definir de manera central la imagen de la ciencia.

Finalmente, parece cada vez más evidente que para acercar la ciencia a la sociedad es necesario tenerla en cuenta, contar con ella. No obstante, que la gente quiera que se tenga en cuenta su opinión no significa que esté dispuesta a, o que se sienta en condiciones de, participar activamente en cuestiones relacionadas con la gestión de la ciencia (p.e. Muñoz van den Eynde, 2012). De esto se deriva que para facilitar la relación fluida entre ciencia y sociedad es necesario conocer con exactitud hasta dónde quiere y se siente capaz de llegar la ciudadanía en relación con este tema. Para ello, como llevan más de 20 años señalando reputadas voces en el campo de los estudios sociales de la ciencia, debemos aumentar nuestro conocimiento científico sobre el público (p. e. Lewenstein, 1991; Macintyre, 1995; Wynne, 2014). Este objetivo requiere que mejoremos nuestros instrumentos de medida. Para ello tenemos que apoyarnos en un marco teórico que contribuya a definir qué queremos investigar, cómo queremos hacerlo y que nos ayude a interpretar los datos que obtengamos. Este es el planteamiento que nos ha llevado a poner en marcha el proyecto PICA. No obstante, llegados a este punto, se ha hecho patente que no podemos seguir apoyándonos exclusivamente en muestras de conveniencia y necesitamos trasladar el proyecto PICA al análisis de muestras representativas de la población general con un doble objetivo: por un lado, hacer el mejor ajuste posible del cuestionario; por otro, ver si se replican en ella las conclusiones obtenidas a partir de la información proporcionada por una muestra sesgada de personas interesadas en, y conocedoras de la ciencia.

## REFERENCIAS

Allport, G. W. (1968). The historical background of modern social psychology. En: G. Lindzey y E. Aronson (eds.), *Handbook of Social Psychology* (vol. 1), 2<sup>nd</sup> edition. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Allum, N., Sturgis, P. y Tabourazi, D. (2008). Science knowledge and attitudes across cultures: a meta-analysis. *Public Understanding of Science*, 17, 35-54.

Arbuckle, J. L. (1995). *Amos 17.0 User's Guide*. Chicago: Amos Development Corporation.

Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28(2): 117-148.

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

Bauer, M. W., Petkova, K. y Boyadjieva, P. (2000). Public knowledge of and attitudes to science: Alternative measures that may end the "Science War". *Science, Technology and Human Values*, 25(1): 30-51.

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

Cámara Hurtado, M. y López Cerezo, J. A. (2007). Scientific culture and social appropriation of the science. *Social Epistemology*, 21(1): 69-81.

Cunningham, W. A., Zelazo, P. D., Packer, D. J. y Van Bavel, J. J. (2007). The iterative reprocessing model: A multilevel framework for attitudes and evaluation. *Social Cognition*, 25(5): 736-760.

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

Durant, J. R., Evans, G. A. y Thomas, G. P. (1989). The public understanding of Science. *Nature*, 340: 11-14.

Eagly, A. H. y Chaiken, S. (1993). *The Psychology of Attitudes*. Wadsworth Cengage Learning.

Echeburúa, E., Amor, P. J., Loinaz, I. y Corral, P. (2010). Escala de Predicción del Riesgo Violencia Grave contra la Pareja – Revisada- (EPV-R). *Piscothema*, 22(4): 1054-1060.

Evans, G. y Durant, J. (1995). The relationship between knowledge and attitudes in the public understanding of science in Britain. *Public Understanding of Science*, 4: 57-74.

Eysenck, M. (1996). *Symply Psychology*. East Sussex: Psychology Press.

- Fishbein, M. y Ajzen, I. (1975). *Beliefs, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading: Addison-Wesley.
- Hair, J. F. (1998). *Multivariate data analysis*, 5th edition. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Harmon-Jones, E. e Inzlicht, M. (eds.) (2016). *Social Neuroscience. Biological Approaches to Social Psychology*. New York: Reutledge.
- Hewstone, M., Stroebe, W., Codol, J. P y Stephenson, G. M. (1992). *Introducción a la Psicología Social*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Heerwegh, D. y Loosveldt, G. (2008). Face-to-face versus web surveying in a high-internet-coverage population. Differences in response quality. *Public Opinion Quarterly*, 72(5): 836-846.
- Kahneman, D. (2011). *Pensar Rápido, Pensar Despacio*. Barcelona: Debate.
- Krapp, A. y Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1): 27-50.
- Krosnick, J. A. (1991). Response strategies for coping with the cognitive demands of attitude measures in surveys. *Applied Cognitive Psychology*, 5: 213-236.
- Krosnick, J. A. y Alwin, D. (1987). An evaluation of a cognitive theory of response-order effects in survey measurement. *Public Opinion Quarterly*, 51: 201-219.
- 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.
- Laspra, B. (2015). *Concepto y dimensiones de la cultura científica. Una revisión crítica de los paradigmas en comprensión pública de la ciencia*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- Lewenstein, B. (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., 17 de febrero.
- Macintyre, S. (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.
- Mather, G. (2006). *Foundations of Perception*. East Sussex: Psychology Press.

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

Mulaik, S. A., James, L. R. Van Alstine, J., Bennett, N., Lind, S. y Stilwell, C. D. (1989). Evaluation of goodness-of-fit indices for structural equation models. *Psychological Bulletin*, 105: 430- 445.

Muñoz van den Eynde, A. (2012). *Concepto, Expresión y Dimensiones de la Conciencia Ambiental: El Papel de la Cultura Científica*. Editorial Académica Española.

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. (2014). Reflexión cognitiva. Implicaciones para la validez de las encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología. En: A. Muñoz van den Eynde y E. 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: *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2014*. Madrid: FECYT.

Muñoz van den Eynde, A. (2017). La imagen de la ciencia en España a través de la lente del modelo PICA. En: *Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología 2016*. Madrid: FECYT.

Muñoz van den Eynde, A. (2018). Cultura científica: una herramienta para el pacto cívico por la ciencia. *Sistema Digital, Ciencia en Sociedad*. Semana del 18 de julio al 25 de julio de 2018. En: <https://www.fundacionsistema.com/cultura-cientifica-una-herramienta-para-el-pacto-civico-por-la-ciencia/>.

Muñoz van den Eynde, A. y Lopera Pareja, E. H. (2014). Introducción. 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., Laspra, B. y Díaz García, I. (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, A; Laspra, B. y Díaz García, I. (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, R. (2014). De la alfabetización científica a la cultura científica: un nuevo modelo de apropiación de la ciencia. En: B. Laspra y E. Muñoz (coords.), *Culturas Científicas e Innovadoras. Progreso Social*. Buenos Aires: Eudeba.
- Pardo, R. y Calvo, F. (2002). Attitudes toward science among the European public: A methodological analysis. *Public Understanding of Science*, 11: 155-195.
- Ruiz, M. A., Pardo, A. y San Martín, R. (2010). Modelos de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*, 3(1): 34-45.
- Schuman, H. y Presser, S. (1996). *Questions & Answers in Attitude Surveys. Experiments on Question Form, Wording, and Context*. San Diego: Sage Publications.
- Schwarz, N. y Vaughn, A. (2002). The availability heuristic revisited. En: T. Gilovich, et al. (eds.), *Heuristics and biases*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Thurstone, L. L. (1931). The measurement of social attitudes. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 26: 249-269.
- Tourangeau, R., Rips, L. J y Rasinski, K. (2000). *The Psychology of Survey Response*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Viosca, J. (2018). *Creando el mundo. El fascinante viaje desde los sentidos hasta el cerebro*. Colección Neurociencia y Psicología. Madrid: El País-Colecciones.
- Wynne, B. (2014). Further disorientation in the hall of mirrors. *Public Understanding of Science*, 23: 60-70.
- Zajonc, R.B. (1968). Cognitive theories in social psychology. En: G. Lindzey & E. Aronson (eds.), *The Handbook of Social Psychology*, 2nd ed. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ziman, J. (1998/2003). *¿Qué es la ciencia?* Madrid: Cambridge University Press.



# CUESTIONARIO PICA (PERCEPCIÓN, INTERÉS, CONOCIMIENTO Y ACCIONES) SOBRE LA IMAGEN DE LA CIENCIA

En la Unidad de Investigación en Cultura Científica del CIEMAT estudiamos cuál es la imagen que tenemos los/as ciudadanos/as sobre la ciencia y la tecnología.

Los esfuerzos realizados hasta ahora no prestan suficiente atención a las personas. Por eso necesitamos que nos ayudes contestando a una serie de preguntas que nos van a permitir conocer qué es la ciencia para ti.

Es importante que respondas con sinceridad. No hay opiniones buenas ni malas, ni unas que sean mejores que otras. Todas son válidas y necesarias para nosotros.

El cuestionario es totalmente anónimo y se estructura en dos partes. La primera nos va a permitir obtener una imagen detallada. La segunda está diseñada para analizar algunas hipótesis sobre los factores que influyen en la imagen de la ciencia.

Por favor, no dejes ninguna pregunta en blanco, todas nos hacen falta.

Se tarda aproximadamente 40 minutos en completar la encuesta. Lo ideal sería que respondieras a todas las preguntas de una vez, pero si no pudiese ser así, no te preocupes, puedes guardar tus respuestas y seguir más tarde (la fecha máxima para finalizarlo será el día XXXX de 2017).

Hemos pensado que te podría resultar interesante recibir algún tipo de información sobre los resultados que has obtenido. Por eso, una vez hayas respondido a todas las preguntas aparecerá un perfil con algunos de los rasgos que contribuyen a definir qué es la ciencia para ti.

¡Gracias por participar!

Cuando quieras, puedes empezar.

## SECCIÓN 1:

**Pregunta 1:** Cada vez es más frecuente encontrar en los medios de comunicación noticias que se hacen eco de alguna controversia que tiene de fondo un tema científico como, por ejemplo, la decisión de la Organización Mundial de la Salud de incluir la carne roja y la carne procesada entre los alimentos que pueden provocar cáncer, o la aparición de movimientos en contra de las vacunas. Nos gustaría saber dónde sueles buscar información (si lo haces) para informarte sobre estos asuntos (puedes marcar hasta tres respuestas, por orden de preferencia).

- 1) No suelo buscar información.
- 2) Amigos.
- 3) Familia.
- 4) Libros u otras publicaciones.
- 5) Prensa.
- 6) Radio.
- 7) Televisión.
- 8) Internet.

**Pregunta 1B:** *[Si se marca "8) Internet"]:* Has seleccionado "Internet". En este caso, ¿dónde sueles informarte? (puedes marcar hasta tres respuestas, por orden de importancia).

- 1) Redes sociales.
- 2) Blogs, foros o chats.
- 3) Buscadores (como Google).
- 4) Páginas webs institucionales (Ministerios, Organización Mundial de la Salud, empresas y corporaciones...).
- 5) Informaciones remitidas por amigos y conocidos.
- 6) Wikis.

**Pregunta 2:** ¿Con qué frecuencia realizas estas acciones?

	Con frecuencia	De vez en cuando	Muy pocas veces	Nunca
Solicitar o proporcionar información técnica, científica o académica en foros, chats, redes sociales y otras herramientas similares				
Realizar búsquedas en Internet para comprender correctamente noticias o informaciones sobre ciencia y tecnología				
Retuitear o compartir en otras redes sociales noticias sobre ciencia y tecnología				
Pedir ayuda a alguien (familia, amigos, profesores...) para comprender mejor noticias o informaciones sobre ciencia y tecnología				
Desarrollar contenidos específicos para blogs o webs de carácter técnico, científico o académico				

**Pregunta 3:** ¿En cuál de las siguientes actividades participarías activamente si recibieras una invitación para ello?

	No	Sí
Acudir a un espectáculo de monólogos sobre ciencia		
Asistir a una conferencia de divulgación científica		
Acudir a una exposición itinerante sobre los avances más destacados del año en ciencia y tecnología		
Participar en una consulta ciudadana para decidir qué proyectos de ciencia deben recibir financiación pública		
Acudir a una manifestación para reclamar más fondos públicos para la investigación científica		
Firmar una petición para solicitar que se consulte a los ciudadanos en las decisiones sobre ciencia y tecnología que les afectan directamente		
Participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos para tratar temas relacionados con el funcionamiento de la ciencia		
Participar en encuentros de diálogo entre ciudadanos, científicos y responsables políticos para tratar temas relacionados con las consecuencias de los desarrollos científicos para los ciudadanos		
Participar en una actividad de ciencia ciudadana, es decir, prestar algún tipo de ayuda a los científicos en el desarrollo de sus investigaciones		

**Pregunta 4:** A continuación te presentamos una serie de frases que describen comportamientos que las personas pueden adoptar en su vida diaria. Para cada una de ellas, dínos, por favor, con qué frecuencia la realizas:

	Con frecuencia	De vez en cuando	Muy pocas veces	Nunca
Hablar de ciencia con los amigos cuando surge en las noticias algún descubrimiento importante, como el Bosón de Higgs o la comprobación de que las ondas gravitacionales existen				
Buscar información para saber qué hacer cuando se produce alguna noticia relacionada con la ciencia y la tecnología y que te afecta (por ejemplo, la alerta de la Organización Mundial de la Salud sobre los riesgos de consumir carne roja)				
Participar en recogidas de firmas o manifestaciones sobre temas relacionados con la ciencia y la tecnología (por ejemplo, energía nuclear, biotecnologías, medio ambiente...)				
Asistir a conferencias u otras actividades de divulgación de la ciencia (Semana de la Ciencia, monólogos científicos, museos o exposiciones...)				

**Pregunta 5:** Recientemente se ha autorizado el cultivo del primer animal transgénico para consumo humano: EEUU ha dado luz verde a un salmón modificado genéticamente que crece al doble de velocidad. Si te encontraras este salmón en la pescadería, ¿qué harías?

- 1) Seguro que no lo compraría. No soporto la idea de comer un animal modificado genéticamente aunque haya recibido aprobación sanitaria.
- 2) Creo que no lo compraría. No me gusta la idea de comer un animal modificado genéticamente aunque haya recibido aprobación sanitaria.
- 3) Creo que lo compraría. No veo problema en comer un animal modificado genéticamente si ha recibido aprobación sanitaria.
- 4) Estoy seguro de que lo compraría. No me importa comer un animal modificado genéticamente si ha recibido aprobación sanitaria.
- 5) No tengo una opinión formada sobre el tema.

**Pregunta 5b:** ¿Crees que necesitarías más información para tomar la decisión?

- 1) No necesito más información para tomar una decisión como esta.
- 2) Creo que tener más información me podría ayudar a tomar esta decisión, aunque no es imprescindible.
- 3) Sí, sin duda me hace falta más información para tomar esta decisión.

Pregunta 5c: (Si han seleccionado las opciones 2 o 3 en la 5b). Has contestado que necesitarías tener más información para tomar la decisión de comprar, o no, salmón transgénico, pero, siendo sinceros, ¿buscarías esa información?:

- 1) Con seguridad, no buscaría más información
- 2) Creo que no buscaría más información
- 3) Creo que buscaría más información
- 4) Con seguridad, buscaría más información

**Pregunta 6:** Cuando las rocas que hay en el espacio entran en la atmósfera de un planeta, se convierten en meteoroides. Los meteoroides se calientan y brillan mientras caen a través de la atmósfera. La mayoría se desintegra antes de llegar a la superficie terrestre. A medida que el meteoroides se acerca a la Tierra, se acelera. ¿Por qué ocurre esto?

- a) Es repelido por la superficie del Sol
- b) Es atraído por la masa de la Tierra
- c) Es atraído por la rotación de la Tierra

Cuando un meteoroides impacta en la superficie de un planeta se convierte en un meteorito y, si es lo suficientemente grande, su impacto produce un cráter. ¿Cuál es la relación entre la atmósfera de un planeta y el número de cráteres que hay en su superficie?

- a) No hay relación entre el número de cráteres y la atmósfera del planeta
- b) Cuanto más gruesa es la atmósfera más cráteres habrá, porque habrá menos meteoroides que se desintegren en la atmósfera
- c) Cuanto más gruesa es la atmósfera menos cráteres habrá, porque habrá más meteoroides que se desintegren en la atmósfera

Recientemente se ha producido un gran descubrimiento en el ámbito de la astronomía: se ha podido detectar la existencia de las ondas gravitacionales. Este descubrimiento es muy importante porque:

- a) Significa confirmar una predicción realizada por el físico Isaac Newton
- b) Ha confirmado una predicción de la Teoría de la Relatividad General
- c) Ha generado la necesidad de dar un giro radical en la investigación en astronomía

**Pregunta 7:** "La energía ni se crea ni se destruye, simplemente se transforma".

- 1) Es un eslogan publicitario.
- 2) Describe la primera ley de Newton.
- 3) Enuncia el primer principio de la termodinámica.

La producción de energía en las centrales nucleares se realiza:

- 1) Mediante fusión nuclear.
- 2) Mediante fisión nuclear.
- 3) Mediante combustión de elementos radioactivos.

Tras el accidente de Fukushima, se reactivó el debate social en torno a la conveniencia de mantener las centrales nucleares en otros países. Dinos, por favor, cuál de las siguientes opciones te parece que describe mejor el resultado de dicho debate:

- 1) Las centrales nucleares son completamente seguras en aquellas zonas no susceptibles de sufrir un tsunami.
- 2) Las centrales nucleares son completamente seguras en los países que no se encuentran bajo amenaza sísmica o terrorista.
- 3) Las centrales nucleares, por sus características, nunca podrán ser consideradas completamente seguras.



**Pregunta 8:** Entendiendo la clonación como la generación de un ser vivo con la misma carga genética que otro:

- 1) No se da nunca de forma espontánea en la naturaleza.
- 2) Se da de manera espontánea en la naturaleza.
- 3) Nunca se ha producido, ni de manera natural ni artificial.

La clonación terapéutica:

- 1) Es una técnica de reproducción asistida empleada de forma habitual desde hace décadas.
- 2) No se orienta a la clonación de animales o personas, sino de tejidos u órganos.
- 3) Reproduce, en el laboratorio, el desarrollo de los embriones de gemelos idénticos.

El debate en torno a la clonación se debe a:

- 1) La posibilidad de emplearla para producir alimentos transgénicos.
- 2) La posibilidad de emplearla para la reproducción de seres humanos.
- 3) El hecho de que se está usando indiscriminadamente en el Tercer Mundo.

**Pregunta 9:** ¿Dónde están los neutrones en el átomo?

- 1) En el núcleo.
- 2) Fuera del núcleo.
- 3) Orbitando alrededor del núcleo.

¿Qué es el Bosón de Higgs?

- 1) Un reactivo químico.
- 2) Una partícula.
- 3) Un fósil.

¿Cómo se ha descubierto el Bosón de Higgs?

- 1) Por una reacción química.
- 2) En un experimento diseñado para encontrarlo.
- 3) En una expedición arqueológica.

**Pregunta 10:** Los genes:

- 1) Pueden cambiar si comes un alimento modificado genéticamente.
- 2) Determinan qué enfermedades vas a tener a lo largo de tu vida.
- 3) Son unidades de información biológica.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones NO es correcta?

- 1) La biotecnología es una técnica que utiliza organismos vivos o partes de ellos para modificar productos con fines prácticos.
- 2) La biotecnología se utiliza en la agricultura tradicional y ha permitido hacer pan, cerveza o queso.
- 3) La biotecnología es una técnica que se empieza a utilizar tras el descubrimiento de la estructura del ADN.

Como en muchas aplicaciones de la ciencia, los alimentos modificados genéticamente también generan debate. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor el debate en torno a este tipo de alimentos?:

- 1) Se ha demostrado que los alimentos modificados genéticamente tienen riesgos importantes para nuestra salud.
- 2) Los alimentos modificados genéticamente proporcionan a las multinacionales la posibilidad de apropiarse del suministro de semillas.
- 3) Los alimentos modificados genéticamente aumentan las desigualdades y contribuyen a que haya más hambre y más pobreza en el mundo.

**Pregunta 11:** ¿Cuál de las siguientes opciones es correcta?

- 1) El número pi ( $\pi$ ) es un número entero
- 2) El número pi ( $\pi$ ) tiene infinitos decimales
- 3) Pi ( $\pi$ ) es una constante recién descubierta

Pi ( $\pi$ ):

- 1) Define la relación entre los catetos y la hipotenusa de un triángulo
- 2) Define cuál es el valor de la aceleración de la gravedad en la Tierra
- 3) Se puede aplicar, entre otras cosas, a la fabricación de neumáticos

A continuación te presentamos un titular que apareció en un periódico nacional hace algún tiempo: "Apoyo mayoritario a la propuesta para mantener la prueba de reválida como requisito para acceder a la universidad" El subtítulo era el siguiente: "El 80% de los estudiantes que han participado en la votación ha apoyado la medida. Ha respondido el 25% de los estudiantes consultados". ¿Cuál de las siguientes frases expresa mejor el resultado obtenido en la votación?

- 1) La noticia indica que el apoyo es mayoritario porque el 80% de los estudiantes está a favor de la medida
- 2) La noticia indica que ocho de cada diez estudiantes consultados está a favor y el 25% está en contra
- 3) La noticia indica que el 80% de los participantes está a favor aunque tres de cada cuatro no ha opinado

**Pregunta 12.** ¿Hasta qué punto crees que el conocimiento de ciencia y tecnología te resulta útil para desenvolverte en tu vida cotidiana? Te presentamos varias opciones.

	Ninguna utilidad	Poca utilidad	Bastante utilidad	Mucha utilidad	No tengo opinión formada
Para comprender el mundo					
En el cuidado de la salud y la prevención de enfermedades					
En el cuidado del medioambiente					
A la hora de tomar decisiones como consumidor/a					
En la profesión o trabajo					

**Pregunta 13:** Pensando en los próximos 20 años, crees que el desarrollo de la ciencia y la tecnología proporcionará:

- 1) Muchos beneficios.
- 2) Bastantes beneficios.
- 3) Pocos beneficios.
- 4) Ningún beneficio.
- 5) No tengo una opinión formada sobre el tema.

**Pregunta 14:** Pensando en los próximos 20 años, crees que el desarrollo de la ciencia y la tecnología generará:

- 1) Muchos riesgos.
- 2) Bastantes riesgos.
- 3) Pocos riesgos.
- 4) Ningún riesgo.
- 5) No tengo una opinión formada sobre el tema.

**Pregunta 15:** Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología nos han ayudado a avanzar mucho y en muchos aspectos como, por ejemplo, en el tratamiento de enfermedades o en nuestra calidad de vida y, por tanto, no hay duda de que aportan beneficios. Pero también se asocian con consecuencias negativas (como el deterioro del medioambiente o el aumento de las desigualdades); es decir, también generan perjuicios. Teniendo esto en cuenta, ¿cuál de las siguientes opciones refleja mejor tu opinión sobre...?:

	Los perjuicios superan claramente a los beneficios	Los perjuicios superan a los beneficios, pero sin grandes diferencias	Los beneficios superan a los perjuicios, pero sin grandes diferencias	Los beneficios superan claramente a los perjuicios	No tengo una opinión formada sobre el tema /No conozco la aplicación
Los alimentos transgénicos					
La clonación					
La energía nuclear					
La investigación con células madre					
La robótica y la inteligencia artificial					
La exploración del espacio					



**Pregunta 16:** Cuando piensas en "la ciencia", ¿hasta qué punto te vienen estas ideas a la cabeza? El 0 significa que no piensas para nada en ello y el 5 que piensas mucho.

Riesgo	0	1	2	3	4	5
Seguridad	0	1	2	3	4	5
Utilidad	0	1	2	3	4	5
Aburrimiento	0	1	2	3	4	5
Dificultad	0	1	2	3	4	5
Desconfianza	0	1	2	3	4	5
Progreso	0	1	2	3	4	5
Controversia	0	1	2	3	4	5
Confianza	0	1	2	3	4	5

**Pregunta 17:** Se suele hablar mucho de lo que piensa la población sobre la ciencia, pero nosotros lo que queremos saber es qué sientes cuando piensas en ella. Para ello te presentamos una serie de frases que describen algunos rasgos de la ciencia y la tecnología. Nos gustaría que nos dijeras hasta qué punto sientes preocupación si piensas en ello.

	Siento mucha preocupación	Siento bastante preocupación	Siento poca preocupación	No siento ninguna preocupación
La incertidumbre es un rasgo esencial de la ciencia				
Cada vez hay menos jóvenes que eligen la ciencia como profesión				
La investigación científica depende cada vez más de intereses comerciales				
Al tomar decisiones sobre cuestiones relacionadas con la ciencia que tienen repercusiones para todos, no se pregunta a los ciudadanos cuál es su punto de vista				
Cada día dependemos más de la ciencia y la tecnología para desenvolvernos en nuestro día a día				
Los medios de comunicación exageran los beneficios de la ciencia				
Las aplicaciones de la ciencia y la tecnología están disponibles para que cualquiera las use, sea cual sea su intención				
La ciencia y la tecnología son tan complicadas que poca gente puede entenderlas realmente				
Los avances científicos y tecnológicos se producen con tanta rapidez que es difícil que las autoridades puedan controlarlos adecuadamente				
Los medios de comunicación exageran los efectos indeseados de la ciencia				
Los desarrollos científicos y tecnológicos pueden tener efectos secundarios inesperados				
La mayor parte de las veces los científicos están en desacuerdo unos con otros				

**Pregunta 18:** ¿Crees que necesitas tener información adecuada para rechazar aquellas aplicaciones basadas en la ciencia y la tecnología que se asocian con riesgos para los seres humanos como, por ejemplo, los alimentos modificados genéticamente o la energía nuclear?

- 1) Necesito esa información para tomar una decisión.
- 2) Me vendría bien esa información, pero no sé cómo buscarla.
- 3) Me vendría bien, pero no es imprescindible para tomar una decisión.
- 4) No necesito esa información para tomar una decisión.
- 5) No tengo una opinión formada sobre este tema.

**Pregunta 19:** En diferentes estudios se ha venido recabando la opinión de los ciudadanos sobre la ciencia, los científicos, el control de su actividad, etc. A continuación, te presentamos algunas de las respuestas proporcionadas por otras personas en estos estudios. ¿Hasta qué punto estás de acuerdo con sus afirmaciones?

	Nada de acuerdo	Algo de acuerdo	Bastante de acuerdo	Muy de acuerdo	No tengo opinión formada
Mientras se desconozcan las consecuencias de una nueva tecnología, se debería actuar con cautela y controlar su uso para proteger la salud y el medioambiente	1	2	3	4	
Las decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología que nos afectan a todos es mejor dejarlas en manos de los expertos	1	2	3	4	
Es necesario desarrollar algún mecanismo de participación para que los ciudadanos puedan contribuir a tomar decisiones sobre el funcionamiento de la ciencia, como, por ejemplo, qué proyectos de investigación reciben financiación pública	1	2	3	4	
Siempre habrá cosas que la ciencia no pueda explicar	1	2	3	4	
Si damos demasiada importancia a riesgos que aún desconocemos, podríamos quedar excluidos del progreso	1	2	3	4	
La ciencia y la tecnología resuelven problemas, pero también los crean	1	2	3	4	
Los ciudadanos tienen que participar en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología en asuntos que les afecten directamente como, por ejemplo, la regulación de los alimentos modificados genéticamente	1	2	3	4	
En las decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología en asuntos que afectan directamente a los ciudadanos, las personas responsables de tomarlas tienen que conocer y tener en cuenta el punto de vista de la población aunque la decisión final debe recaer sobre los responsables	1	2	3	4	
El interés de la gente joven por la ciencia es esencial para nuestra prosperidad futura	1	2	3	4	
Hay tanta información contradictoria sobre la ciencia que me resulta difícil saber a cuál hacer caso y a cuál no	1	2	3	4	

**Pregunta 20.** A la hora de diseñar las leyes y normas de regulación se suele debatir sobre el papel que deben desempeñar el conocimiento científico, por un lado, y los valores, opiniones y actitudes, por otro. Es decir, se discute si al elaborar una ley es más necesario tener en cuenta el conocimiento o lo que es importante para las personas. Pero también es posible que el papel que jueguen uno u otro factor dependa del objeto de la ley.

Teniendo esto en cuenta, a continuación te presentamos posibles aspectos sobre los que es necesario establecer leyes o regulaciones. Nos gustaría que nos dijeras qué peso crees que deberían tener el conocimiento y los valores al diseñarlas.

	El conocimiento es más importante que los valores	Los valores son más importantes que el conocimiento	No consigo elegir entre uno y otro	No tengo una opinión formada sobre el tema
La ley de dependencia				
La ley de educación				
La regulación sobre los organismos modificados genéticamente				
La regulación sobre las técnicas de reproducción asistida				
El Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico				

**Pregunta 21:** A continuación te presentamos cuatro titulares de noticias extraídas de los medios de comunicación españoles. Nos gustaría que nos dijeras qué opinas sobre varias cuestiones relacionadas con cada titular.

- *“Al cerebro no solo le atrae el físico, también las emociones”. Según un estudio publicado en la revista PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences), la atracción entre dos personas aumenta cuando se entienden las emociones del otro.*

a)

Me resulta fácil entender de qué va la noticia	Creo que se entiende más o menos bien de qué va la noticia	Creo que no se entiende muy bien de qué va la noticia	Me resulta difícil entender de qué va la noticia

b)

Seguro que leería la noticia completa	Creo que leería la noticia completa	Creo que no leería la noticia completa	Seguro que no leería la noticia completa

c)

Esta investigación es útil para la sociedad	Esta investigación puede ser útil para la sociedad	Esta investigación es poco útil para la sociedad	Esta investigación no aporta nada a la sociedad

- *“Recrean en el laboratorio la ‘chispa’ que originó la vida en nuestro planeta”. Investigadores dispararon contra una especie de sopa química un potentísimo láser equivalente a la emisión de un par de plantas de energía nuclear.*

a)

Me resulta fácil entender de qué va la noticia	Creo que se entiende más o menos bien de qué va la noticia	Creo que no se entiende muy bien de qué va la noticia	Me resulta difícil entender de qué va la noticia

b)

Seguro que leería la noticia completa	Creo que leería la noticia completa	Creo que no leería la noticia completa	Seguro que no leería la noticia completa

c)

Esta investigación es útil para la sociedad	Esta investigación puede ser útil para la sociedad	Esta investigación es poco útil para la sociedad	Esta investigación no aporta nada a la sociedad

- “El origen del párkinson puede estar en el intestino”. Científicos del Instituto de Tecnología de California han detectado un vínculo entre las bacterias intestinales y el párkinson.

a)

Me resulta fácil entender de qué va la noticia	Creo que se entiende más o menos bien de qué va la noticia	Creo que no se entiende muy bien de qué va la noticia	Me resulta difícil entender de qué va la noticia

b)

Seguro que leería la noticia completa	Creo que leería la noticia completa	Creo que no leería la noticia completa	Seguro que no leería la noticia completa

c)

Esta investigación es útil para la sociedad	Esta investigación puede ser útil para la sociedad	Esta investigación es poco útil para la sociedad	Esta investigación no aporta nada a la sociedad

*“El padre de Alejandro Magno sale de su tumba”. Una herida de lanza en un cadáver del siglo IV a.C. permite identificar el cadáver de Filipo II, rey de Macedonia.*

a)

Me resulta fácil entender de qué va la noticia	Creo que se entiende más o menos bien de qué va la noticia	Creo que no se entiende muy bien de qué va la noticia	Me resulta difícil entender de qué va la noticia

b)

Seguro que leería la noticia completa	Creo que leería la noticia completa	Creo que no leería la noticia completa	Seguro que no leería la noticia completa

c)

Esta investigación es útil para la sociedad	Esta investigación puede ser útil para la sociedad	Esta investigación es poco útil para la sociedad	Esta investigación no aporta nada a la sociedad

**Pregunta 22:** *Science*, una de las revistas con más prestigio en la comunidad científica, ha señalado que la detección de las ondas gravitacionales, unas diminutas perturbaciones en el tejido espacio-tiempo que cruzan el Universo a la velocidad de la luz, es uno de los hallazgos científicos más importante de los últimos tiempos. ¿Hasta qué punto te gustaría...?

	No me gustaría nada	Me gustaría poco	Me gustaría bastante	Me gustaría mucho
Saber más sobre el Universo				
Aprender más sobre las ondas gravitacionales				
Comprender mejor las repercusiones de este descubrimiento				



**Pregunta 23:** ¿Qué implica para ti tener interés por la ciencia y la tecnología? Dispones de varias alternativas de respuesta y de una escala de 4 puntos para opinar sobre cada una de ellas. **El 1 significa que no tiene nada que ver y el 4 que está muy relacionado.**

Visitar museos y exposiciones de ciencia y tecnología	1	2	3	4
Estar pendiente de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos	1	2	3	4
Leer noticias sobre nuevos descubrimientos científicos	1	2	3	4
Estar pendiente de las noticias sobre las consecuencias negativas de la ciencia y la tecnología	1	2	3	4
Querer conocer cómo trabajan los científicos, de qué herramientas disponen	1	2	3	4
Querer dedicarse profesionalmente a la ciencia	1	2	3	4
Querer entender el mundo, cómo funciona y por qué	1	2	3	4
Querer desarrollar productos y aplicaciones que sean útiles para la sociedad	1	2	3	4

## SECCIÓN 2

**Pregunta 1:** Cuando tienes que enfrentarte a un problema o tomar una decisión, ¿hasta qué punto buscas información, te preocupas por analizar la situación, reflexionas sobre ello?

- 1) Sinceramente, no mucho. No me considero una persona especialmente reflexiva.
- 2) Me gustaría hacerlo, pero me cuesta. Me parece que requiere mucho esfuerzo.
- 3) Suelo hacerlo. Me gusta entender el porqué de las cosas y dedico algo de tiempo a investigar sobre ello, aunque sin pasarme.
- 4) Dedico mucho esfuerzo a hacerlo. Me parece necesario analizar bien las cosas.

**Pregunta 2:** En tu opinión, ¿cuánto sabes de ciencia?

- 1) Mucho
- 2) Bastante
- 3) Poco
- 4) Nada

**Pregunta 3:** ¿Te consideras una persona interesada en la ciencia y la tecnología?

- 1) Mucho
- 2) Bastante
- 3) Poco
- 4) Nada

A continuación te vamos a presentar las 8 últimas preguntas. Se trata de un breve test que, como hemos dicho al inicio, nos va a servir para entender mejor cómo es la imagen que tienes de la ciencia. Por eso es muy importante que contestes a todas ellas en función de lo que tú crees. Por favor, no las dejes en blanco. Es el último esfuerzo.

**Pregunta 1:** ¿Cuál de las siguientes opciones es un sinónimo de la palabra cayado?

- 1) Silencioso
- 2) Reservado
- 3) Báculo
- 4) Cazo

**Pregunta 2:** ¿Cuál de las siguientes series de palabras NO sigue un orden alfabético?

- 1) Aclamar, andar, enumerar, estorbar
- 2) Abatir, abanico, astronauta, avispa
- 3) Calzado, campestre, canónigo, castrado
- 4) Lago, león, listo, luna, lupanar

**Pregunta 3:** Completa la siguiente analogía:

**Haya es a ... como Halla es a...**

- 1) Encuentra – Hay
- 2) Adverbio – Sustantivo
- 3) Encuentra – Descubre
- 4) Árbol – Descubre

**Pregunta 4:** La cafetería del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología está subvencionada. Por ese motivo, un desayuno que incluye un café y una tostada cuesta 1,40 euros. Teniendo en cuenta que el café cuesta 1 euro más que la tostada. ¿Cuánto cuesta la tostada?

- 1) 10 céntimos.
- 2) 20 céntimos.
- 3) 30 céntimos.
- 4) 40 céntimos.



**Pregunta 5:** Un investigador quiere cultivar una bacteria recién descubierta para poder estudiarla. Para ello, introduce una bacteria en una placa de Petri y empieza a analizar la tasa de reproducción. En seguida se da cuenta de que cada día hay el doble de bacterias que el día anterior. Si tarda 24 días en tener la placa de Petri llena, ¿cuántos días tarda en tenerla llena hasta la mitad?

- 1) 4 días.
- 2) 9 días.
- 3) 12 días.
- 4) 23 días.

**Pregunta 6:** Unos científicos que analizan los efectos de la radiactividad en las semillas han diseñado un robot para que se encargue de plantar las semillas en recintos especialmente preparados para el cultivo con el objetivo de evitar los riesgos de contaminación. Si 5 robots tardan 5 minutos en plantar 5 semillas, ¿cuánto tardarían 100 robots en plantar 100 semillas?

- 1) 5 minutos.
- 2) 10 minutos.
- 3) 15 minutos.
- 4) 100 minutos.

**Pregunta 7:** Un vendedor de reventa compra una entrada para un partido de baloncesto por 60€ y ese mismo día la vende por 70€. Al día siguiente la vuelve a comprar pagando 80€ y el día del partido consigue venderla por 90€. ¿Cuál de las siguientes es la respuesta correcta?

- 1) Al final se queda como está, ni gana ni pierde
- 2) Después de todo el proceso consigue ganar 10€
- 3) Después de todo el proceso consigue ganar 20€
- 4) Al final de todo el proceso acaba perdiendo 10€

**Pregunta 8:** Observa atentamente los elementos de la siguiente figura, y elije la opción que completa la serie:

A	B
C	E

B	C
D	C

A	B
E	D

B	C
C	E

.....

- a) 

A	B
E	D

 b) 

C	B
D	E

 c) 

A	B
D	C

 d) 

B	C
C	D

**Variables de clasificación:** Ya casi hemos terminado. Aunque la encuesta es anónima, necesitamos conocer algunos datos tuyos para poder realizar nuestro estudio:

**Edad:**

- 1) 16-20
- 2) 21-25
- 3) 26-30
- 4) 31-35
- 5) 36-40
- 6) 41-45
- 7) 46-50
- 8) 51-55
- 9) 56-60
- 10) 61-65
- 11) 66-70
- 12) 71-75
- 13) 76-80
- 14) 81-85
- 15) 86-90

**Sexo:**

- 1) Hombre.
- 2) Mujer.

¿Cuál es el **nivel máximo de estudios** que has completado?

- 1) Sin titulación oficial.
- 2) Educación Primaria, Certificado de Estudios Primarios, Educación General Básica (cursos 1º a 5º) y similares.
- 3) Educación Secundaria Obligatoria, Educación General Básica (cursos 6º a 8º), Bachilleratos Elementales, Formación Profesional, programa de aprendizaje de tareas, Garantía Social (en 1 curso), programa de cualificación profesional inicial (en dos cursos), pruebas de acceso a ciclos formativos de Grado Medio, Formación Profesional Específica y similares.
- 4) Programa de cualificación profesional inicial (en 1 curso), enseñanzas técnicas profesionales para adultos, Oficialía, formación ocupacional y similares.
- 5) Formación Profesional Específica de grado medio, certificado de grado medio en la Escuela Oficial de Idiomas, prueba de acceso a la universidad para mayores de 25 años, antigua Formación Profesional de 1º grado, FPI y similares.
- 6) Bachillerato, antiguos Bachilleratos superiores y cursos preuniversitarios, BUP y COU, FP II, Maestría industrial y similares.
- 7) Pruebas de acceso a ciclos formativos de grado superior y similares.
- 8) Formación Profesional Específica de grado superior, grado superior de música y danza, grado superior de artes plásticas/diseño/técnico deportivo y similares.
- 9) Diplomatura, ingeniería y arquitectura técnica, licenciatura, ingeniería superior y arquitectura, títulos de grado y similares.
- 10) Cursos de máster y especialidades sanitarias de postgrado y similares.
- 11) Doctorado
- 12) Titulación extranjera (especificar) *[Respuesta abierta]*.

¿De qué área eran esos estudios (si hubiese más de un área, selecciona la más importante; si hubieses finalizado varias titulaciones del mismo nivel, selecciona la más reciente)?

- 1) Programas de formación general.
- 2) Ciencias naturales.
- 3) Ingeniería y tecnología.
- 4) Medicina y ciencias de la salud.
- 5) Ciencias sociales, comercio/empresariales y derecho.
- 6) Formación del profesorado y ciencias de la educación.
- 7) Lenguas, artes y humanidades.

**Profesión:** *[Respuesta abierta]*

¡Has terminado! Muchas gracias por tu colaboración. Si te interesa el tema, puedes mantenerte informado/a sobre el avance de nuestro estudio en el siguiente enlace: <http://rdgroups.ciemat.es/web/uicc/> o poniéndote en contacto directamente con nosotros en la siguiente dirección de correo electrónico: [uicc@ciemat.es](mailto:uicc@ciemat.es)

También aprovechamos para comentarte que estamos interesados en crear una red de colaboradores/as que puedan ayudarnos en futuras investigaciones. Si estuvieses interesado/a en colaborar nuevamente con nosotros, por favor, rellena el siguiente formulario para que podamos ponernos en contacto contigo en el futuro y envíalo a: [uicc@ciemat.es](mailto:uicc@ciemat.es). Por supuesto, darnos tu contacto no te compromete a nada y puedes decirnos que no quieres seguir colaborando en el estudio en cualquier momento.

Nombre:

Email:

Provincia de residencia (no obligatorio):

Comentarios y sugerencias:

**Gracias una vez más.**

INCLUIR PERFIL







