

Universidades coordinadoras



**UNIVERSIDAD
DE SALAMANCA**



Universidad de Oviedo



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

MÁSTER EN ESTUDIOS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

DEFENDIDO EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Curso 2022-2023

**Visiones sobre la naturaleza
de la ciencia en la
población y su relación con
la cultura científica y la
apropiación social de la
ciencia.**

AUTOR/A: Iván Hevia

**TUTOR: José Antonio
López Cerezo**

Fdo.

Fdo.

LUGAR/DÍA/MES/AÑO

Visiones sobre la naturaleza de la ciencia en la población y su relación con la cultura científica y la apropiación social de la ciencia

RESUMEN: Actualmente, se reconocen los contenidos acerca de la naturaleza de la ciencia como algo que no puede faltar en un programa científico de cualquier tipo. El propósito de este trabajo ha sido utilizar como marco teórico los numerosos estudios realizados en el ámbito de la educación respecto a las visiones sobre la naturaleza de la ciencia, realizando un cuestionario que ponga a prueba la hipótesis de si existe una relación entre el conocimiento de la misma y algunas dimensiones de la cultura científica, como, la apropiación social de la ciencia. Si bien los resultados no parecen haber sido capaces de probar esa relación, en el proceso se han encontrado algunos datos interesantes.

PALABRAS CLAVE: Naturaleza de la ciencia, filosofía de la ciencia, cultura científica, profesorado, apropiación social

ABSTRACT: Currently, contents about the nature of science are recognized as something that cannot be missing in a scientific program of any kind. The purpose of this work was to utilize as a framework the numerous studies done in the ambit of education in respect to the views about the nature of science, to run a survey that tried to prove the hypothesis of a relationship between the knowledge of the latter and some dimensions of scientific culture, such as the social appropriation of science. While the results do not appear to have been able to prove that relationship, some interesting data has been found in the process.

KEYWORDS: Nature of science, philosophy of science, scientific culture, professors, social appropriation.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la necesidad de introducir el estudio de la naturaleza de la ciencia (de aquí en adelante, “NOS” de sus siglas en inglés *nature of science*) en los programas de educación científica se ha hecho vigente, entre otras cosas, debido a la orientación excesivamente formal (Acevedo et al., 2001) y centrada exclusivamente en los contenidos teóricos (Ravanal y Quintanilla, 2010) que caracteriza los programas y enseñanzas actuales. En concreto, y respecto a la naturaleza de la ciencia, se ha publicado mucha literatura que suele estar de acuerdo en que las ideas de los profesores y alumnos están obsoletas y desactualizadas respecto a los últimos desarrollos en la reflexión filosófica y sociológica acerca de la NOS (Abell y Smith, 1994; Aguirre et al., 1990; Duschl, 1988; Eisner, 1979; Martin, 1974; Mellado Jiménez, 1992; Mellado, 1998)

Si nos situamos en el marco de la alfabetización científica, o de la comprensión pública de la ciencia (desde ahora, PUS, por sus siglas en inglés *Public Understanding of Science*), aunque se han hecho algunos avances, lo cierto es que también sigue quedando un largo camino por recorrer (Stinner y Williams, 1998), y la naturaleza de la ciencia sigue siendo, al igual que la comprensión de la ciencia en general, una tarea pendiente.

Respecto a lo anteriormente mencionado, es importante destacar cómo los paradigmas del estudio de la comprensión pública de la ciencia han ido cambiando (Bauer et al., 2007). Actualmente, encontramos dentro de las encuestas de medición de la PUS un interés muy grande por elucidar cómo la exposición a información científica afecta a la vida de las personas, en concreto, cómo afecta a sus actitudes y toma de decisiones cotidianas (Daza-Caicedo et al., 2017). Esto es lo que se ha venido denominando apropiación social de la ciencia

El propósito de este trabajo es, siguiendo ciertas guías metodológicas extraídas de los estudios arriba mencionados, desarrollar un cuestionario que permita, a grandes rasgos, poder estudiar la hipotética existencia de una alta asociación entre el conocimiento de la NOS por parte del público en general y algunas dimensiones de la cultura científica, entre ellas, la apropiación social de la ciencia.

NATURALEZA DE LA CIENCIA, CULTURA CIENTÍFICA Y APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA

Para poder estudiar si existe una asociación entre el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y la cultura científica, es necesario aclarar primero qué significa, o qué es a lo que nos referimos cuando utilizamos la expresión NOS. Aunque la NOS ha sido definida de muchas maneras a lo largo del último siglo, esta expresión suele hacer referencia a un conjunto de conocimientos metacientíficos relacionados con la ciencia de manera general, como, por ejemplo: cuestiones acerca de la validez de su conocimiento, de su metodología... Es decir, la serie de conocimientos, suposiciones y valores que definen la ciencia como una manera privilegiada de obtener conocimiento, y que son aceptados de manera no escrita por la comunidad científica y les permite trabajar en un marco de racionalidad compartido (Aikenhead, 1979).

La primera vez que la expresión se acuña es en 1907 (Central Association of Science and Mathematics Teachers, 1909; Lederman, 2018), pero no es hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XX que este conjunto de conocimientos se consolida como un protagonista en el marco de la alfabetización científica. Un momento importante en este recorrido es la publicación del trabajo de Showalter(1974). Basándose en el marco que este autor propone, la National Science Teaching Association afirma lo siguiente:

La comprensión de la NOS es un componente fundamental de la alfabetización científica. Mejora la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes y les permite tomar decisiones más informadas sobre cuestiones personales y sociales que tienen una base científica.(National Science Teaching Association, 2020)

En la obra *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (McComas et al., 1998) se define NOS como aquella dimensión de la reflexión que se refiere a temas como:

1. ¿Qué es y qué no es la ciencia?
2. ¿Cuál es la manera de trabajar en ciencia?
3. ¿Cuáles son los fundamentos ontológicos de la ciencia?
4. ¿Cuáles son los fundamentos epistemológicos de la ciencia?
5. ¿Cuál es la relación entre ciencia, tecnología, y sociedad (CTS)?

La comprensión de la NOS es un componente central de la alfabetización científica y de la cultura científica, puesto que permite acceder a un grado de comprensión de la actividad científica que va más allá que la mera colección de datos (Martin, 1979). Permite tomar decisiones fundamentadas tanto en el ámbito científico como en el social, y actualmente, se erige como una dimensión muy importante para que los ciudadanos puedan participar de manera efectiva en muchas de las decisiones que pueden surgir en el marco de una democracia. (Althaus, 1996).

Es importante mencionar, también, que el desarrollo tanto de la filosofía de la ciencia como de la sociología de la ciencia es sumamente rico, especialmente durante la segunda mitad del siglo XX. Aunque podemos tratar de establecer patrones comunes, muchas son las interpretaciones que se han propuesto de la misma. Mientras que las primeras caracterizaciones se corresponden con la época del positivismo lógico y de la *concepción heredada*(Carnap, 1958; Hempel, 1950, 1951), lo cierto es que esta postura se considera actualmente superada y han surgido numerosos planteamientos alternativos que superan la rigidez que el empirismo lógico mostraba. Estas caracterizaciones han sabido atender a la realidad del progreso y la investigación científica, desmarcándose de análisis enfocados exclusivamente en los productos de la ciencia, prestando más atención al proceso y a los contextos en los que surgen las ideas y teorías (Felt et al., 2017; Feyerabend, 1982; Kuhn, 2011; Lakatos, 1983; Laudan, 1986; Popper, 1977; Toulmin, 1977).

La necesidad de saber de ciencia para poder tomar decisiones en el marco de una democracia es una dimensión que se revela cada vez más importante, ya que, actualmente, como ciudadano, todo individuo se encuentra cada vez con más decisiones cotidianas que implican un cierto manejo del conocimiento científico (Cámara Hurtado et al., 2016). El debate acerca de si la energía nuclear es verde o no, el consumo de alimentos genéticamente modificados, la elección de una dieta en base a sus implicaciones y consecuencias sobre el medioambiente, el cambio climático...El

conocimiento técnico se torna cada vez más importante para poder tomar decisiones consistentes y que vayan acorde con las creencias y valores que cada individuo considera que tiene. Y para ello, un grado suficiente de familiaridad no sólo con los contenidos del conocimiento científico, sino también con sus procesos, metodologías... es decir, con su naturaleza, resulta ser una condición inexcusable.

Lo que acabamos de mencionar, es decir, la nueva necesidad de conocimiento que ha surgido debido al desarrollo tecnológico y su amplio protagonismo durante los últimos años es lo que se actualmente se ha venido conociendo como cultura científica. La cultura científica, más que ser un dominio sobre ciertas facetas de la ciencia que se consideran "cultas" (como la astronomía, biología, o geología), es la clase de actitudes y comportamientos que surge cuando un ciudadano, sin necesariamente dominar ciertas manifestaciones particulares del conocimiento científico, ha interiorizado en su día a día y en su toma de decisiones, sistema de creencias, y disposiciones, ciertos rasgos actitudinales típicos de un científico. Por mencionar algunos: racionalidad, escepticismo, consideración de múltiples alternativas, autonomía, curiosidad...

Suponiendo que un individuo tenga un cierto grado de cultura científica, muchas de las dimensiones de su vida cambiarán. Si un ciudadano se expone a la suficiente cantidad de información científica bien sea por medio del estudio, la divulgación, o cualquier otra vía, es de esperar que su manera de actuar y de interactuar con muchos de los elementos característicos de la vida ordinaria, también cambien. Es decir, que podemos esperar que el conocimiento científico tenga una cierta influencia sobre su comportamiento. Esto es lo que actualmente se viene llamando apropiación social de la ciencia, y es el estudio de cómo afecta el conocimiento científico en la vida de las personas. Esta noción parece haberse originado en Colombia, hacia mediados de la década de 1990(Daza-Caicedo et al., 2017).

Pese a su breve periodo de vida, el estudio de la apropiación social de la ciencia se ha vuelto uno de los objetivos centrales de muchas encuestas de percepción social de la ciencia, como por ejemplo las realizadas en España por la FECYT. En concreto, desde el año 2004 se han incorporado a los cuestionarios como mínimo dos preguntas respectivas a la apropiación social de la ciencia. Desde ese año, no ha faltado en ninguna edición una pregunta destinada a tratar de elucidar el nivel de apropiación de la ciencia respecto a las disposiciones actitudinales de los ciudadanos en situaciones ordinarias o cotidianas.

METODOLOGÍA

El propósito de este trabajo es estudiar si es posible establecer algún tipo de grado de asociación entre el conocimiento de la NOS en ciertos segmentos de la sociedad, y ciertas dimensiones de la cultura científica, como la apropiación social de la ciencia. Como hemos mencionado antes, existen motivos para pensar que un cierto grado de dominio acerca de la evolución de la reflexión filosófica y sociológica de la ciencia podrían estar relacionados con un mayor grado de cultura científica y de apropiación social de la ciencia. Si el consumo de información científica incide en la vida de las personas, modificando lo que creen y cómo actúan, nosotros pensamos que el consumo de materiales relacionados con la reflexión filosófica sobre la ciencia influye en el propio consumo de la información (tanto científica, como social, política...), en su gestión, capacidad discriminatoria entre buenas y malas fuentes, consolidación de opiniones...etc. Esto nos conduce a pensar que la disposición mental que desarrollan los individuos familiarizados con el conocimiento filosófico de la ciencia, tal vez pueda sentar una base que los predisponga a tener unas actitudes más óptimas para la apropiación social del conocimiento científico, o la interiorización de ciertas actitudes

que se vienen considerando científicamente cultas.

También cabe destacar que pese a que el desarrollo de este trabajo se basará exclusivamente en el uso de métodos cuantitativos (la difusión de un cuestionario y su posterior estudio y discusión), actualmente, los métodos cualitativos están cada vez más extendidos en el estudio de las actitudes y creencias de la población (Acevedo et al., 2001; Lederman, 1992). Este cambio de paradigma se sustenta en que tras muchos años en los que los estudios acerca de creencias CTS se basaban únicamente en métodos cuantitativos, se comenzaron a entrever las desventajas de basarse exclusivamente en este tipo de procedimientos. Entre ellas podemos mencionar, por ejemplo, el alto grado de inseguridad que arrojan algunas escalas de Likert, principalmente relacionado con la medición neutral que casi siempre aparece en estas, o lo que se ha venido denominando la *inmaculada percepción*. Esta última expresión hace referencia a la asunción por parte de los investigadores de que los encuestados entienden las preguntas de las encuestas de la misma manera que los propios investigadores. Pero lo cierto es que muchas veces esto último no es el caso. Debido a que los entrevistados habitualmente disponen de unos niveles de conocimiento mucho menores que los de quien diseña las preguntas, como es lógico, los encuestados entenderán las preguntas de una manera parcial o incluso totalmente distinta. Estos motivos, entre otros, se han traducido en un giro metodológico hacia los enfoques mixtos. Aunque es innegable el valor que tienen las encuestas, especialmente la hora de estudiar grandes conjuntos poblacionales, las entrevistas clínicas se han consolidado durante los últimos años como un método también válido para este tipo de análisis (Aikenhead, 1988). Uno de los motivos que hacen que las entrevistas funcionen tan bien, es la capacidad de aclarar el sentido de las preguntas durante la propia entrevista, pudiendo así el investigador cerciorarse de que, por lo menos, el entrevistado entiende en un grado suficiente el contenido de la pregunta. La decisión de utilizar exclusivamente métodos cuantitativos, luego, está motivada exclusivamente por el alcance del trabajo, así como las herramientas disponibles para su realización.

Todas las preguntas, salvo las de segmentación básica, han sido extraídas de las siguientes tres fuentes: la encuesta nacional de percepción social de la ciencia y tecnología que realiza la FECYT (2016), la batería de preguntas VOSTS desarrollada por Aikenhead, Ryan y Fleming (Aikenhead et al., 1989) y las preguntas desarrolladas por Serrallé Marzoa et al. (2021) en su artículo acerca de concepciones de la NOS en el profesorado de formación inicial.

El cuestionario se estructurará en tres secciones. La primera sección estará destinada a preguntas cuyo fin será segmentar la población. A saber, por edades, sexo, nivel educativo, si se tiene o no hijos, y si la actividad profesional implica el contacto con el conocimiento científico.

La segunda sección estará destinada a estudiar el grado de conocimiento acerca de cuestiones relacionadas con la NOS de los que respondan el cuestionario. Las preguntas en este apartado están extraídas o bien de la batería de preguntas VOSTS antes mencionada, o bien del artículo antes mencionado. El fin de las preguntas de este apartado será segmentar a la población en base a las creencias respecto a ciertos aspectos centrales de la NOS, como la carga teórica de la observación, el estatus epistemológico del conocimiento científico, las suposiciones y los errores en la ciencia, la acumulación del conocimiento científico, las perspectivas realistas frente a las instrumentalistas, el papel de los errores en la ciencia... En función de las respuestas, se tratará de definir ciertos perfiles epistemológicos que se puedan relacionar con las preguntas de la última sección, tratando de estudiar si existe alguna correlación.

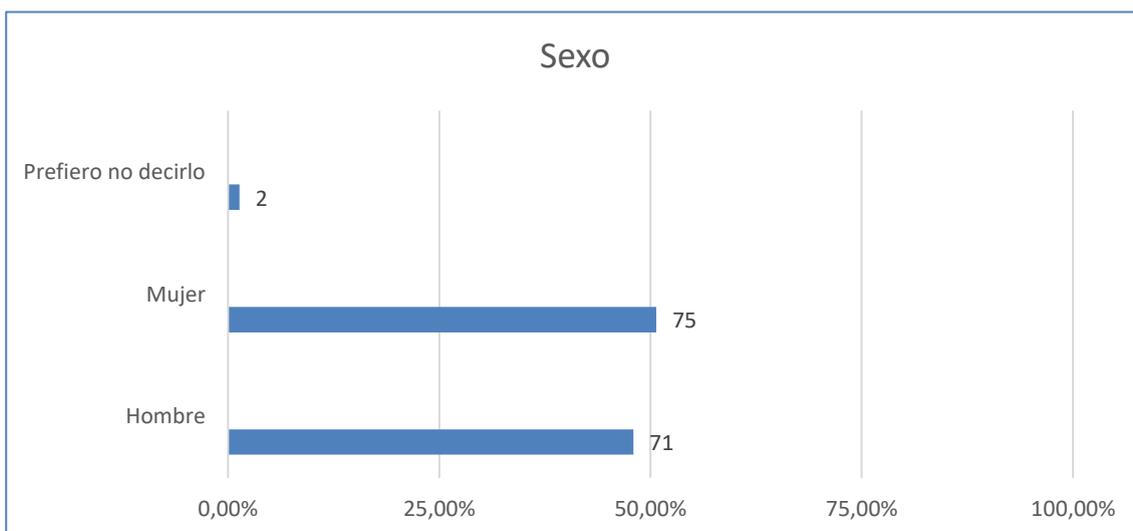
La sección final está destinada a determinar el grado de apropiación social de los participantes en el cuestionario, así como ciertas actitudes en relación con el desarrollo científico-tecnológico. Para ello, se extraerán las preguntas directamente de la ya mencionada EPSCYT realizada por la FECYT.

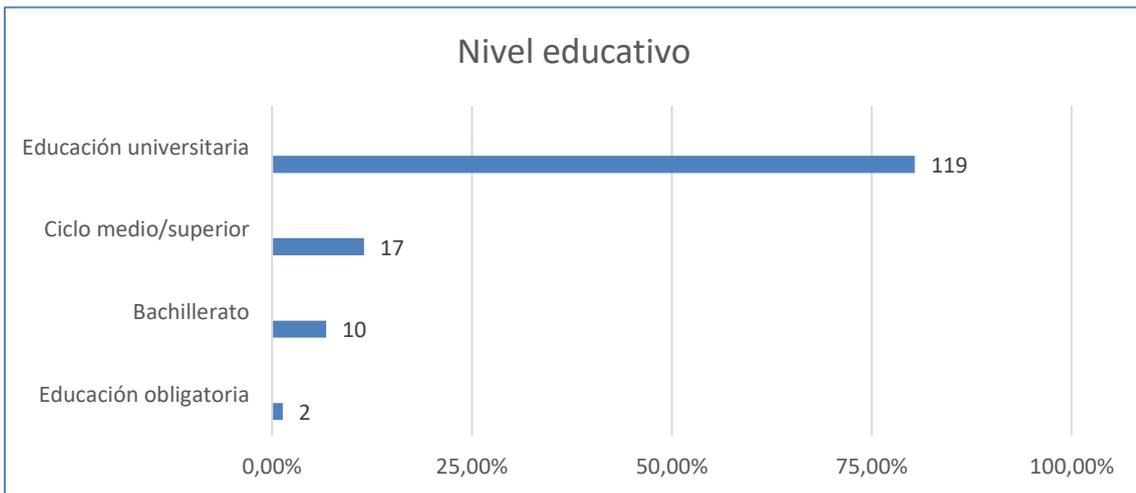
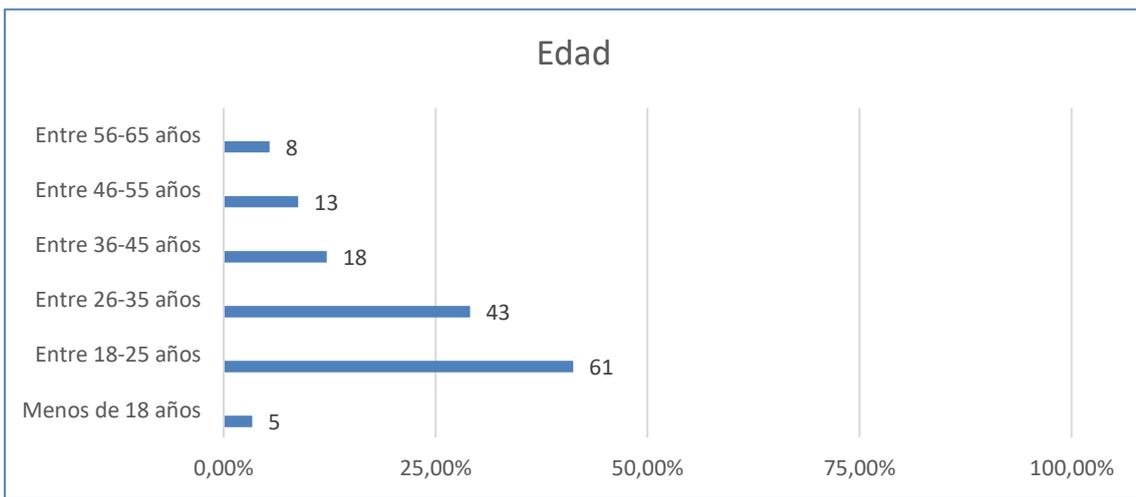
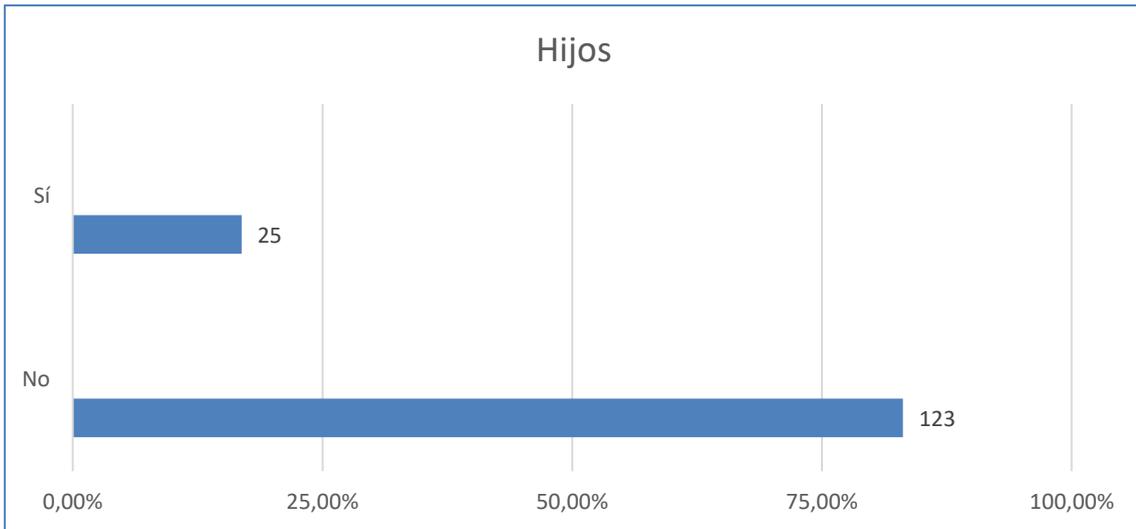
SEGMENTACIÓN Y RESULTADOS

En esta sección se mostrará el contenido de las preguntas, así como los resultados obtenidos. Es importante también aclarar la manera en la que hemos decidido estudiar los datos de la muestra, es decir la manera en la que relacionaremos la segunda sección relativa al conocimiento de aspectos relativos a la NOS, con la tercera sección, la referente a grados de cultura científica y apropiación social de la ciencia. Puesto que la idea del trabajo es la de poner a prueba la hipótesis sobre la existencia de una relación entre el conocimiento de la NOS con un mayor grado de cultura científica y apropiación social de la ciencia, tenemos que definir qué es lo que se considera “tener conocimiento de la NOS”. Tal vez sea más conveniente decir “tener un conocimiento actualizado de la NOS”. En este caso, consideraremos las ideas derivadas del positivismo/empirismo lógico, y ciertos aspectos del racionalismo popperiano, como aquellas ideas *desactualizadas*. Aunque existen muchas posturas posteriores a esos puntos de vista, asumiremos como *actualizado* cualquier punto de vista que haya superado las ideas del positivismo más duro, como, por ejemplo: verificacionismo, primacía de los términos observacionales, inexistencia de la carga teórica en la observación...Más adelante clarificaremos qué respuestas a las preguntas asociaremos con las características que acabamos de mencionar.

El cuestionario estuvo abierto a respuestas desde el día 5 de mayo de 2023 hasta el día 12 de mayo del mismo año, intervalo en el cual se registraron 148 respuestas. El acceso al cuestionario se realizaba a través de la plataforma Google forms. Puesto que la muestra es escasa, cabe señalar también que se trata de una muestra de conveniencia con la intención de estudiar un fenómeno, y no una muestra representativa que trate de definir categorías entre la población

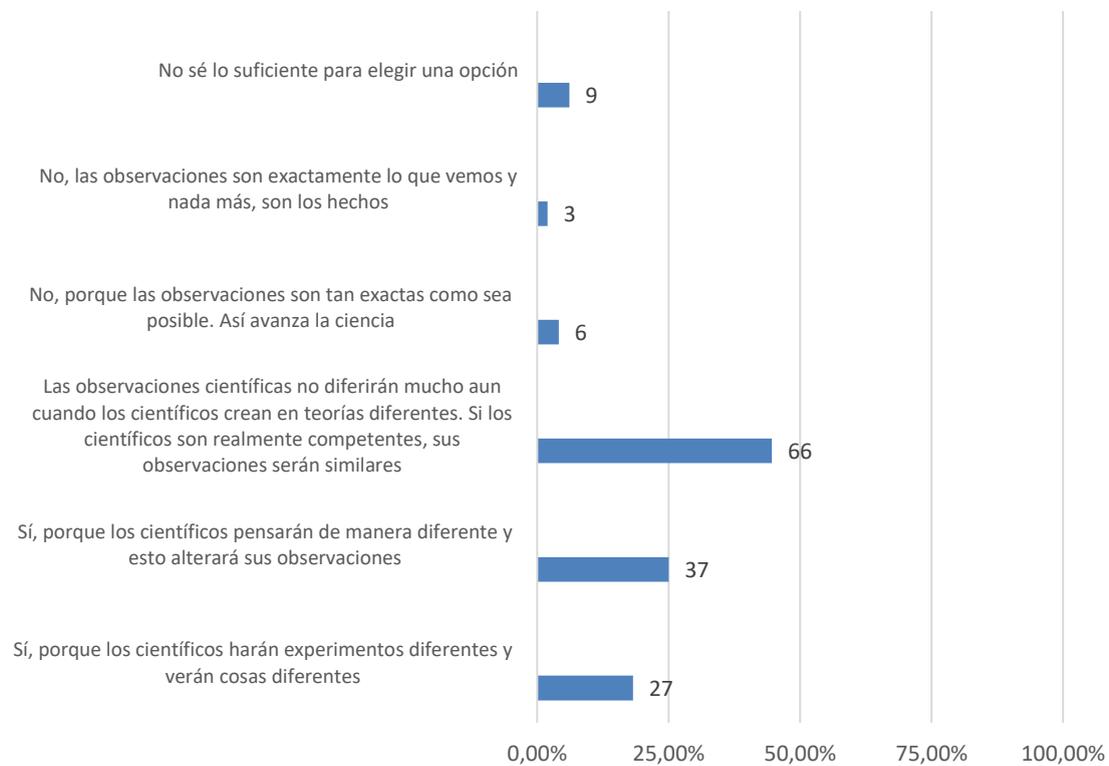
La primera sección, cuyo fin es segmentar a la población de una manera general, se compone por preguntas acerca del sexo, edad, nivel educativo, y una pregunta destinada a saber si los encuestados tienen o no hijos:



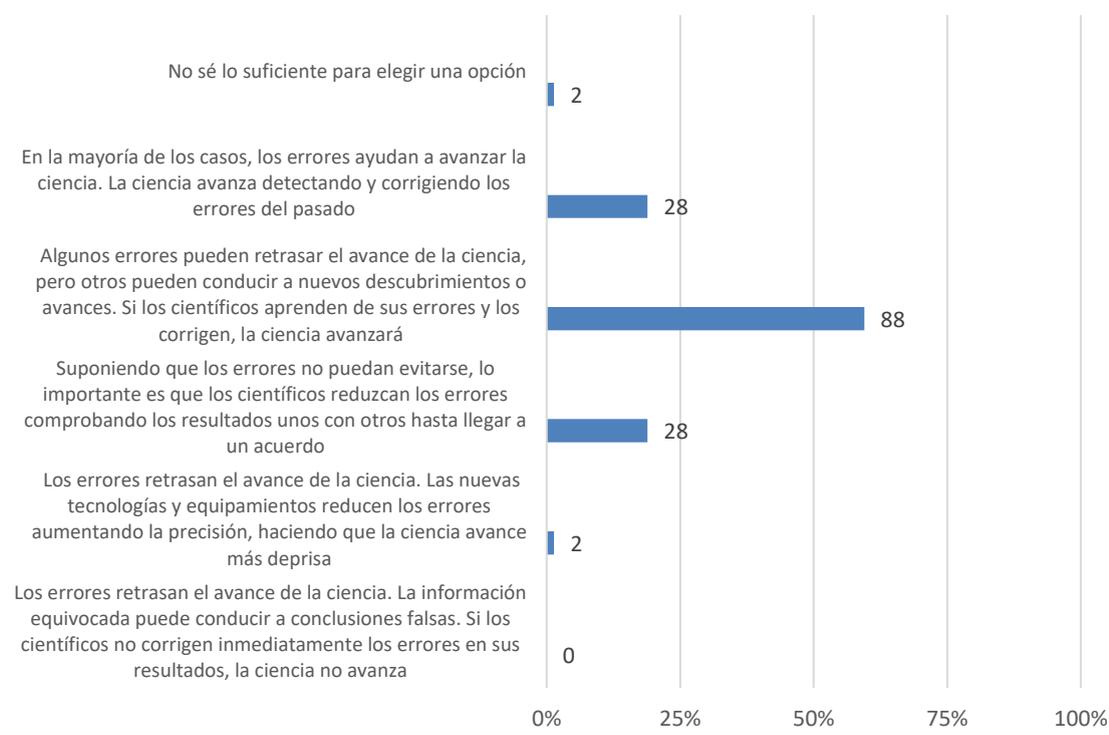


La segunda sección, cuya intención es elucidar el grado de familiaridad con cuestiones relativas a la NOS, está formada por cuatro preguntas, tres preguntas con opción de respuesta múltiple, y una pregunta de cuadrícula con varias afirmaciones en las cuales se pide al encuestado que responda en base a su grado de acuerdo con las afirmaciones. Las preguntas con respuesta múltiple son las siguientes:

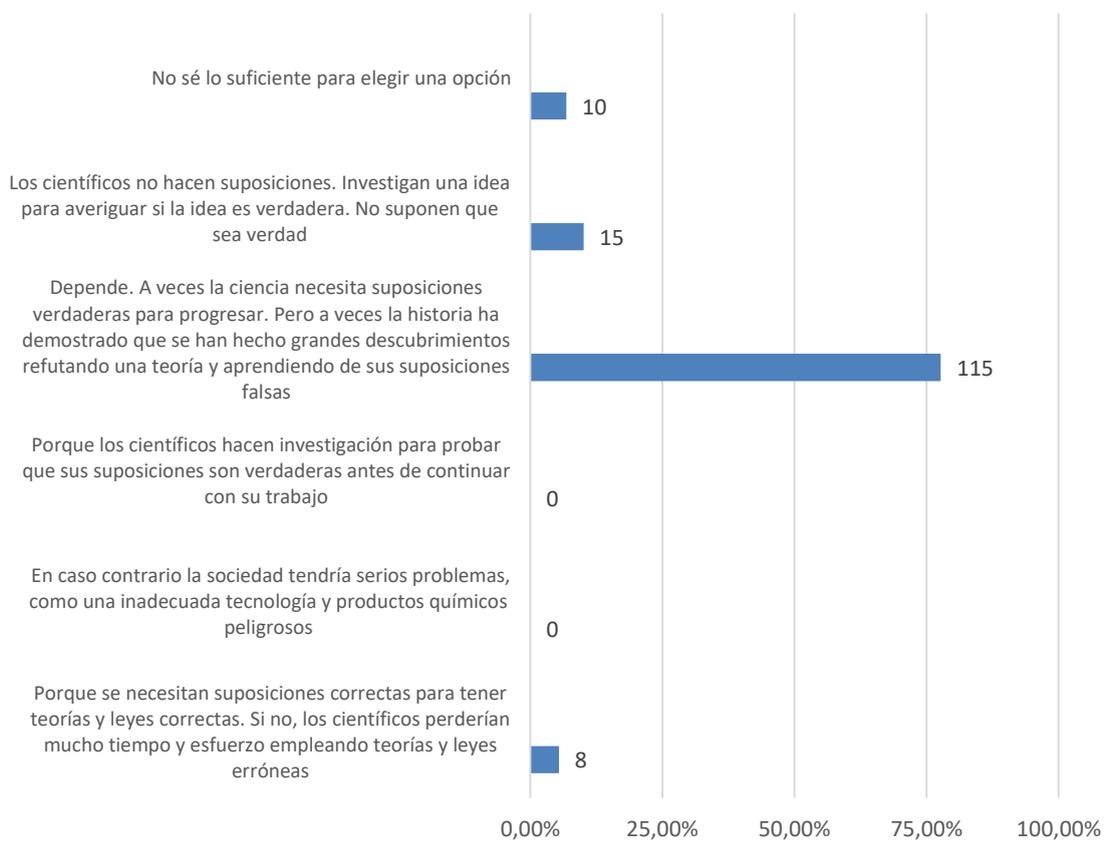
Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán diferentes si los científicos creen en diferentes teorías



Los científicos no deberían cometer errores en su trabajo porque estos errores retrasan el avance de la ciencia



Cuando se desarrollan nuevas teorías o leyes, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre la naturaleza (por ejemplo, que la materia está hecha de átomos). Estas suposiciones tienen que ser verdaderas para que la ciencia progrese

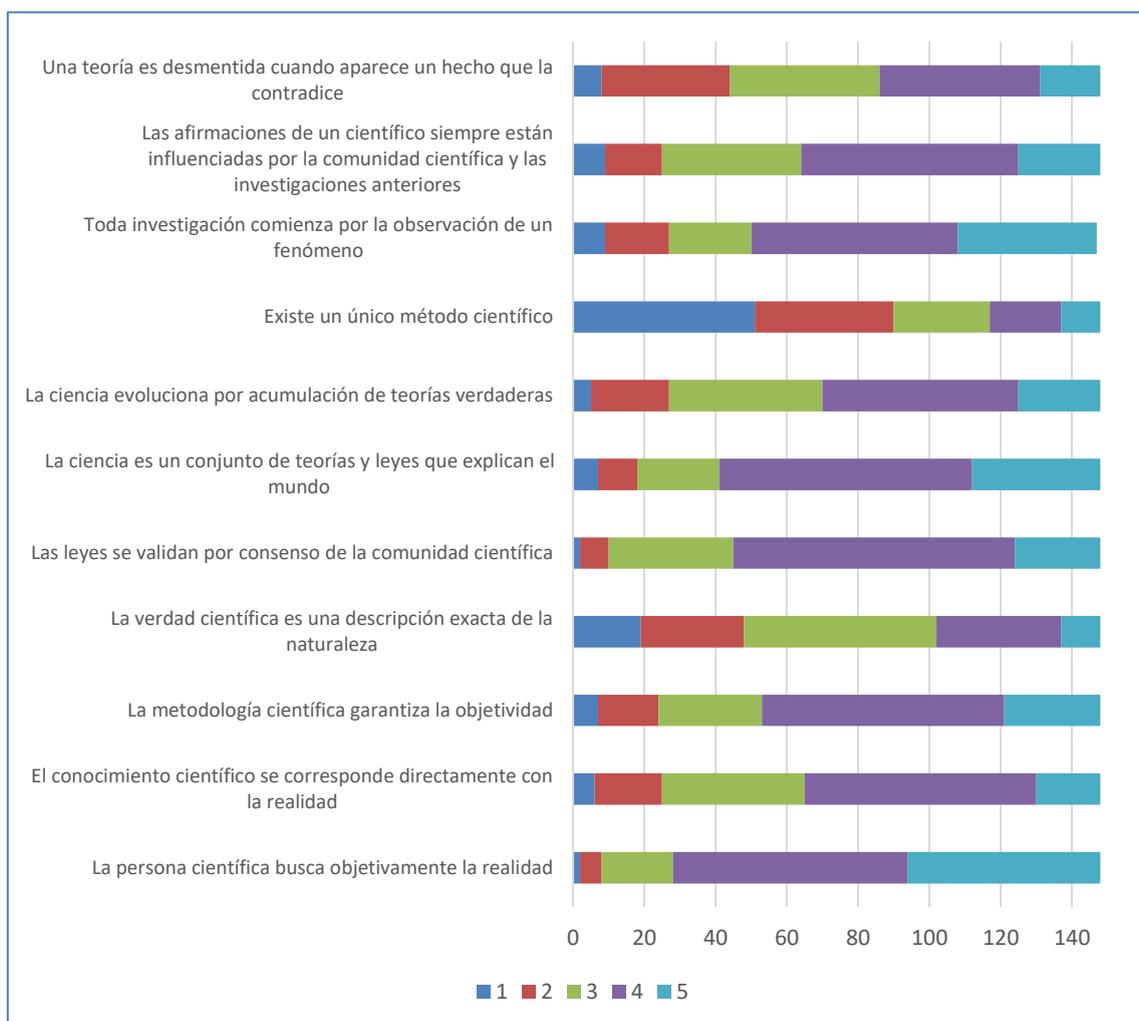


Respecto a la primera pregunta, podemos asumir que dos de las opciones se corresponden con un grado de positivismo duro, otra opción, la mayoritaria, es una posición ecléctica pero que no acaba de reconocer la tesis de la carga teórica de la observación. Las otras dos opciones reconocen el peso e influencia de las teorías en las observaciones, siendo, luego, las opciones más *actualizadas* y que más reconocen el papel sociológico en el desarrollo científico y de las teorías en la ciencia.

La segunda pregunta, que trata sobre el papel de los errores en la ciencia, también se estructura en tres grupos. Dos de las respuestas están relacionadas con una actitud positivista que tiene una visión verificacionista e intolerante con los errores en el progreso científico, etiquetándolos como algo anómalo en el desarrollo científico, o por lo menos, algo de lo cual no se puede extraer ningún tipo de aprendizaje, siendo estos un elemento perjudicial para el desarrollo científico. La opción más neutral, mayoritaria, con prácticamente tres quintos de los encuestados seleccionándola, resulta ser una actitud ambivalente hacia los errores, que reconoce que, si bien ciertos errores son perjudiciales para el desarrollo científico, otros pueden ser una fuente de nuevo conocimiento. Casi un cuarto de los encuestados asume la opción más optimista, la cual afirma que los errores ayudan a avanzar a la ciencia en la mayoría de los casos, puesto que el avance consiste en detectar errores del pasado. Salvo dos personas (descontando los que han escogido “No sé lo suficiente para escoger una opción”), podemos decir que prácticamente el 100% de los encuestados cree que los errores son inevitables en el desarrollo científico y, en general, favorecen su avance teniendo un impacto positivo en este.

La tercera y última pregunta correspondiente al apartado de opción múltiple trata sobre el papel de las suposiciones en la ciencia. Las teorías, desde una perspectiva lakatosiana (Lakatos, 1983), tienen ciertos supuestos que están más protegidos de la refutación, pero que a la vez son la fuente de la provisionalidad del conocimiento científico. La opinión mayoritaria, con más de tres cuartos de encuestados seleccionándola, es la opción que asume que el descubrimiento de la falsedad de alguno de estos supuestos no va en contra del progreso científico, si no que permite una nueva vía de aprendizaje. La siguiente opción mayoritaria, pero a mucha distancia de la primera, con tan sólo un 10% de encuestados seleccionándola, es la tesis positivista de que el conocimiento científico tan sólo recoge ideas verdaderas o verificadas.

La siguiente pregunta en el cuestionario toma una forma de cuadrícula con varias afirmaciones sobre las cuales el entrevistado deberá de expresar su grado de acuerdo en una escala de Likert (siendo el 1 nada de acuerdo y el 5 muy de acuerdo):

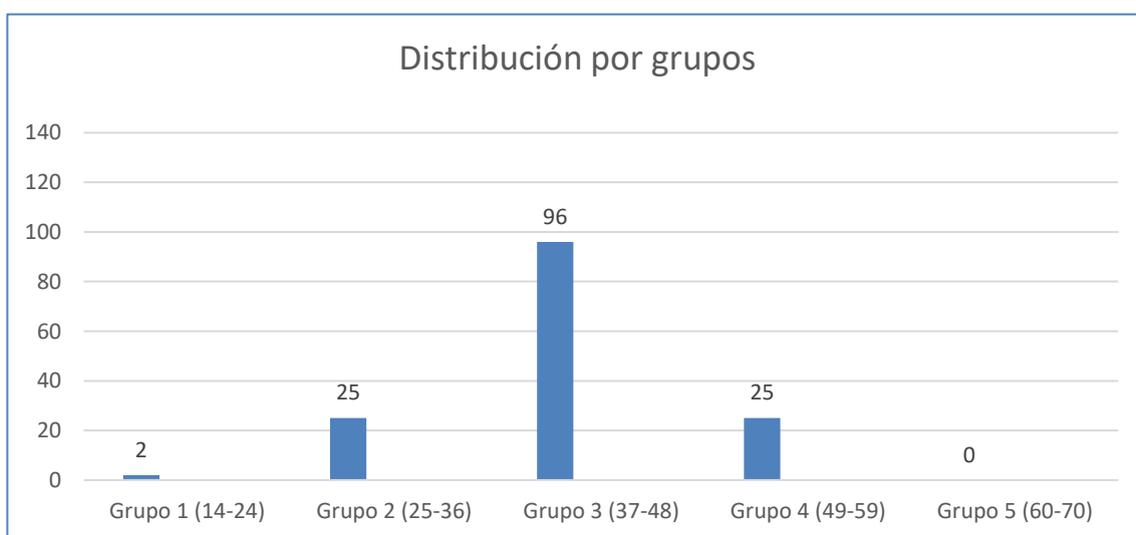


Las preguntas de esta cuadrícula están estructuradas de manera que un mayor grado de acuerdo se corresponde con una postura asociada con ideas más clásicas de la filosofía de la ciencia. Por ejemplo, la afirmación de “el conocimiento científico se corresponde directamente con la realidad”, ha sido objeto de debate y crítica en los desarrollos más modernos de la epistemología científica. Actualmente, se reconoce que el conocimiento científico no es una mera representación directa de la realidad, sino que está mediado por nuestras teorías, marcos conceptuales, instrumentos de medición y observaciones selectivas. La perspectiva actual destaca que el

conocimiento científico es una construcción humana que está sujeta a limitaciones y sesgos. Nuestras teorías y modelos científicos son aproximaciones a la realidad, pero siempre están sujetos a revisión y pueden ser modificados o reemplazados en función de nuevos descubrimientos y avances científicos. Es decir, que, a mayor grado de desacuerdo, consideraremos que menos asociación tiene el encuestado con posturas más cercanas a las formulaciones clásicas, como el racionalismo popperiano o el empirismo lógico. La única afirmación que no sigue esta estructura es “las afirmaciones de un científico siempre están influenciadas por la comunidad científica y las investigaciones anteriores”. En esta afirmación, a mayor grado de acuerdo, mayor reconocimiento de la influencia de los paradigmas (Kuhn, 2011) en las investigaciones. Por este mismo motivo, a la hora de trabajar con los datos, los de esta afirmación han sido invertidos (correspondiéndose el muy de acuerdo=5 con nada de acuerdo=1 en el resto de las preguntas) para que todo siga una misma estructura.

Debido al tamaño limitado de la muestra, para estudiar los datos se divide a los encuestados en cinco grupos. Estos grupos vienen definidos por la suma de su puntuación en las preguntas de opción múltiple y también las preguntas de cuadrícula. Consideraremos que alguien que está “nada de acuerdo” en alguna de las afirmaciones, obtiene un punto, y alguien que está “muy de acuerdo” obtiene cinco puntos. Para este cometido, las preguntas de opción múltiple se han transformado también en una escala del 1 al 5. Si descontamos la opción “no sé lo suficiente como para escoger una opción”, cada pregunta de opción múltiple consta de cinco opciones de respuesta, de las cuales dos se corresponden con afirmaciones que se asocian con planteamientos más clásicos, que serán emparejadas con la puntuación más alta (4 y 5), una más ecléctica, y dos posturas asociadas con desarrollos más actuales de filosofía de la ciencia, que serán emparejadas con las puntuaciones más bajas (1 y 2). Por ejemplo, en la pregunta acerca de la carga teórica de la observación (Hanson, 1977), la respuesta “No, las observaciones son lo que vemos y nada más; son los hechos” será asociada con un 5 y las opciones que reconocen la existencia de la carga teórica de la observación serán asociadas con 1 y 2.

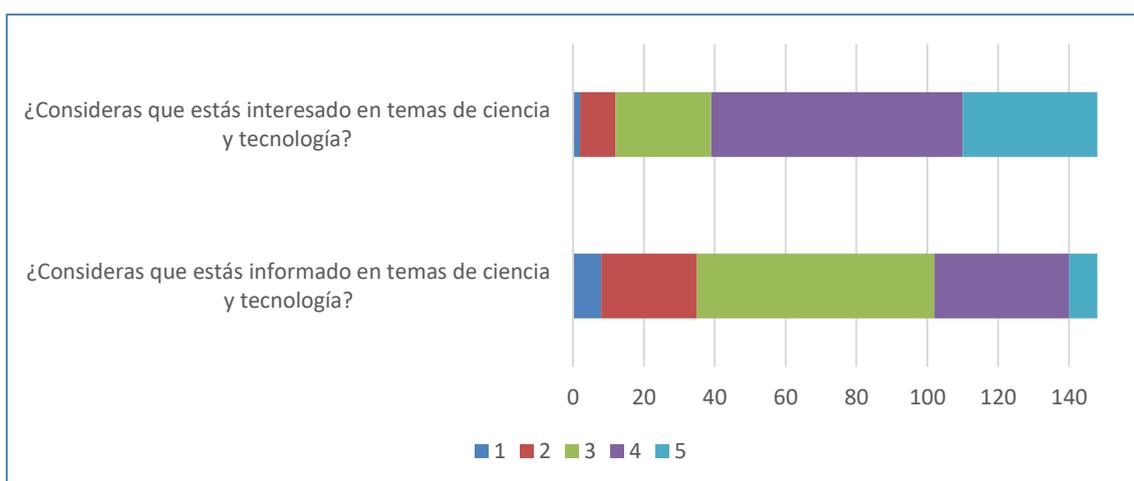
Tomando como criterio lo descrito más arriba, la puntuación mínima obtenida serán 14 puntos, y la más alta, 70. Nos encontramos con una distribución de los datos como la que aparece más abajo.



La idea inicial para el estudio era dividir la muestra en los cinco grupos arriba indicados. Dos grupos con ideas más actualizadas (los grupos 1 y 2), un grupo con una postura intermedia, y dos grupos (los grupos 4 y 5) con ideas más cercanas a los

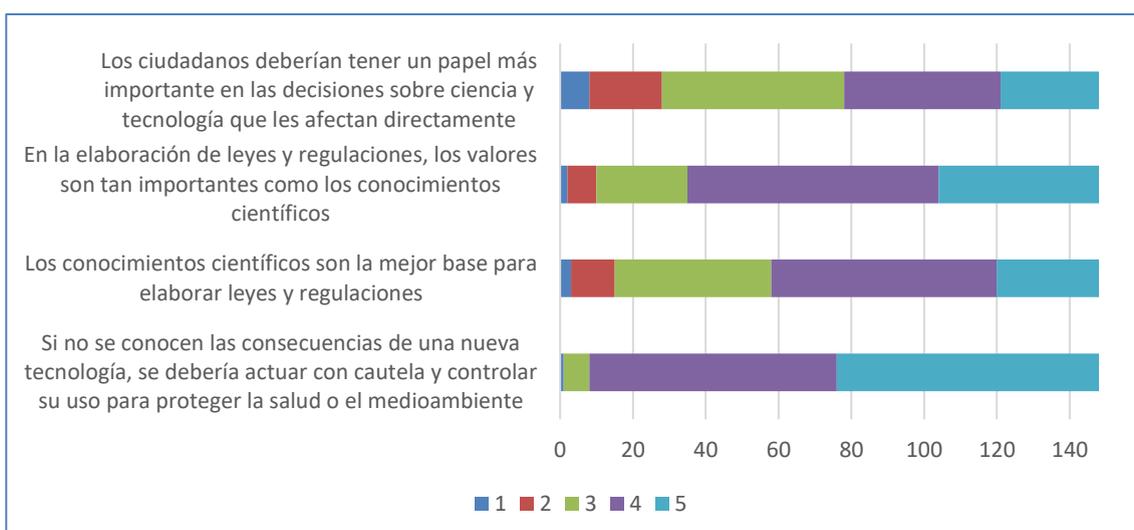
planteamientos más clásicos en materia de NOS. No obstante, como muestra el gráfico, los grupos de los extremos (1 y 5), son casi inexistentes, estando formados por 2 y por 0 personas respectivamente. Puesto que el grupo 1, aquel con las ideas más *actualizadas* acerca de la NOS está formado únicamente por 2 individuos, lo juntaremos con el grupo 2 para su análisis. De esta manera, obtendremos el grupo 1 (señalado en la gráfica como grupos 1 y 2), grupo 2 (que sería el anterior grupo 3) y grupo 3 (en la gráfica grupos 4 y 5). De esta manera, el grupo 1 queda formado por 27 individuos, el grupo 2 por 96 y el grupo 3 por 25. Los datos, luego, quedan repartidos de una manera semejante a una distribución normal, con los grupos de los extremos sumando aproximadamente un sexto de la muestra cada uno y el grupo central estando formado por prácticamente dos tercios del total.

Las preguntas de la sección de cultura científica siguen también un modelo de respuesta de escala de Likert, salvo las relativas a la apropiación social de la ciencia, que son un modelo con dos respuestas, extraídas directamente de la encuesta de la FECYT (2016). Las dos primeras preguntas son preguntas de autoevaluación acerca del conocimiento/ interés en ciencia y tecnología:



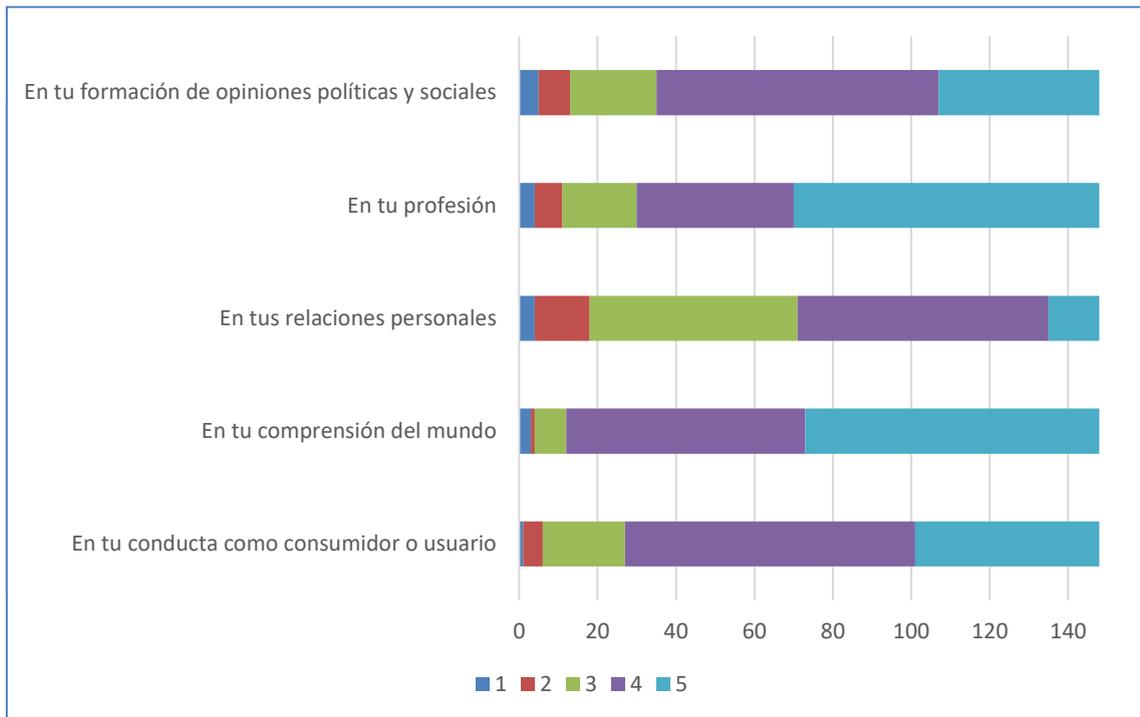
Las siguientes preguntas, al igual que en la sección anterior, se estructuran en una cuadrícula, y tienen como fin determinar las posturas de los encuestados acerca de las relaciones entre estado, legislación, ciencia y sociedad:

- *Por favor, puntúa del 1 al 5 tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones*

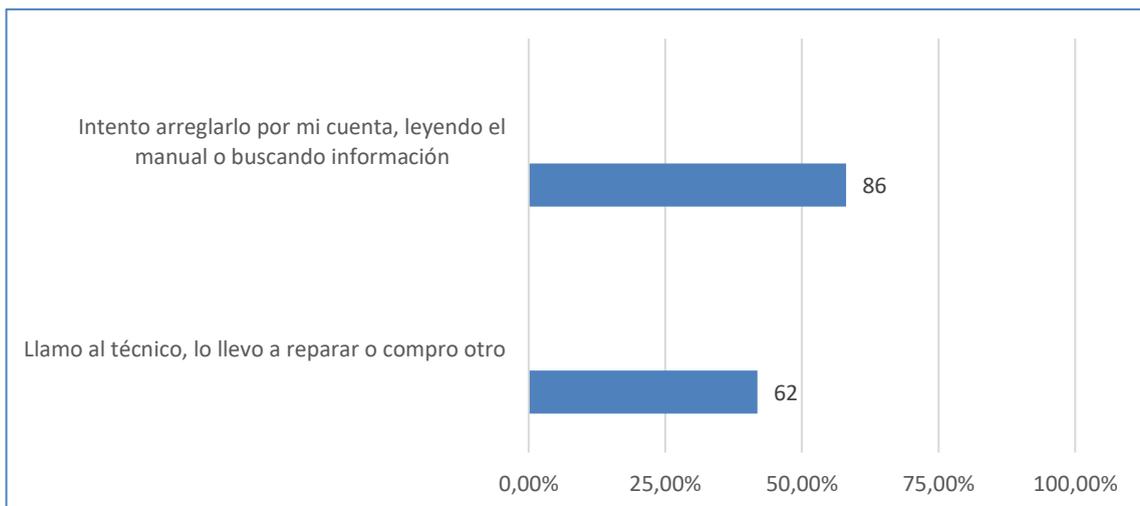


Las cuatro siguientes preguntas están destinadas a delimitar el grado de apropiación social de la ciencia por parte de los encuestados. La primera se corresponde con una pregunta de autoevaluación acerca del grado de apropiación percibido por parte de los encuestados en una variedad de aspectos de la vida, y las tres siguientes tratan de medir la apropiación con preguntas acerca de ciertas disposiciones actitudinales ante situaciones en las que se podría decir que el conocimiento científico puede entrar en juego y tener protagonismo:

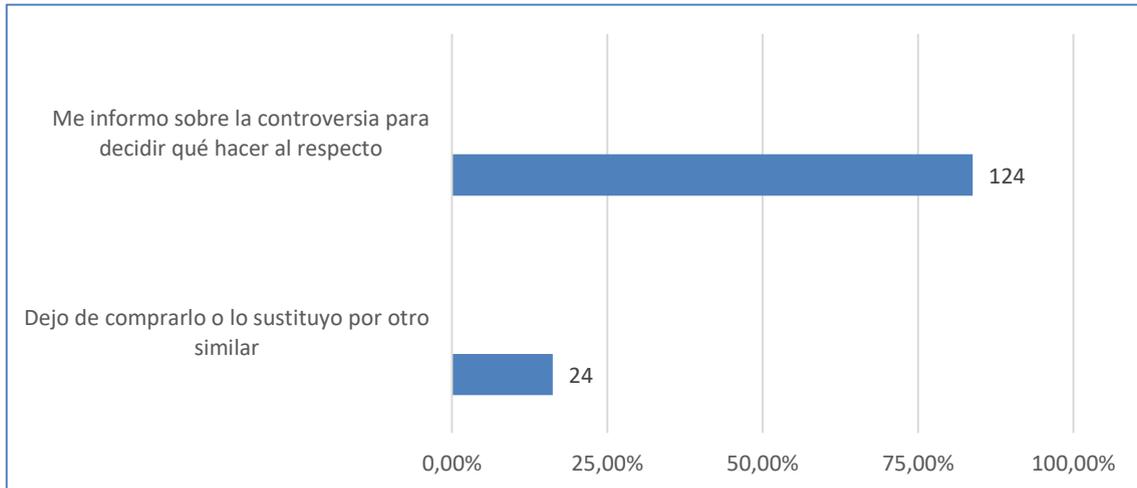
- *Por favor, puntúa del 1 al 5 cuanto de útil ha sido para ti en los siguientes ámbitos tu formación científica*



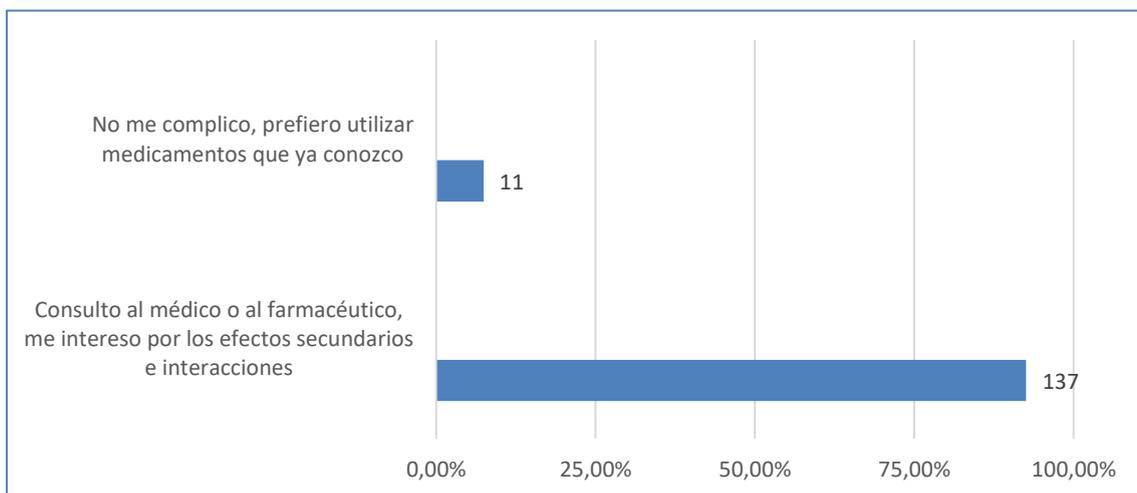
- *Un aparato ha dejado de funcionar y no está en garantía. De las siguientes opciones, ¿Cuál es la que más se acerca a lo que harías?*



- *Te enteras de que un alimento que consumes habitualmente presenta un ingrediente controvertido, ¿Qué haces?*

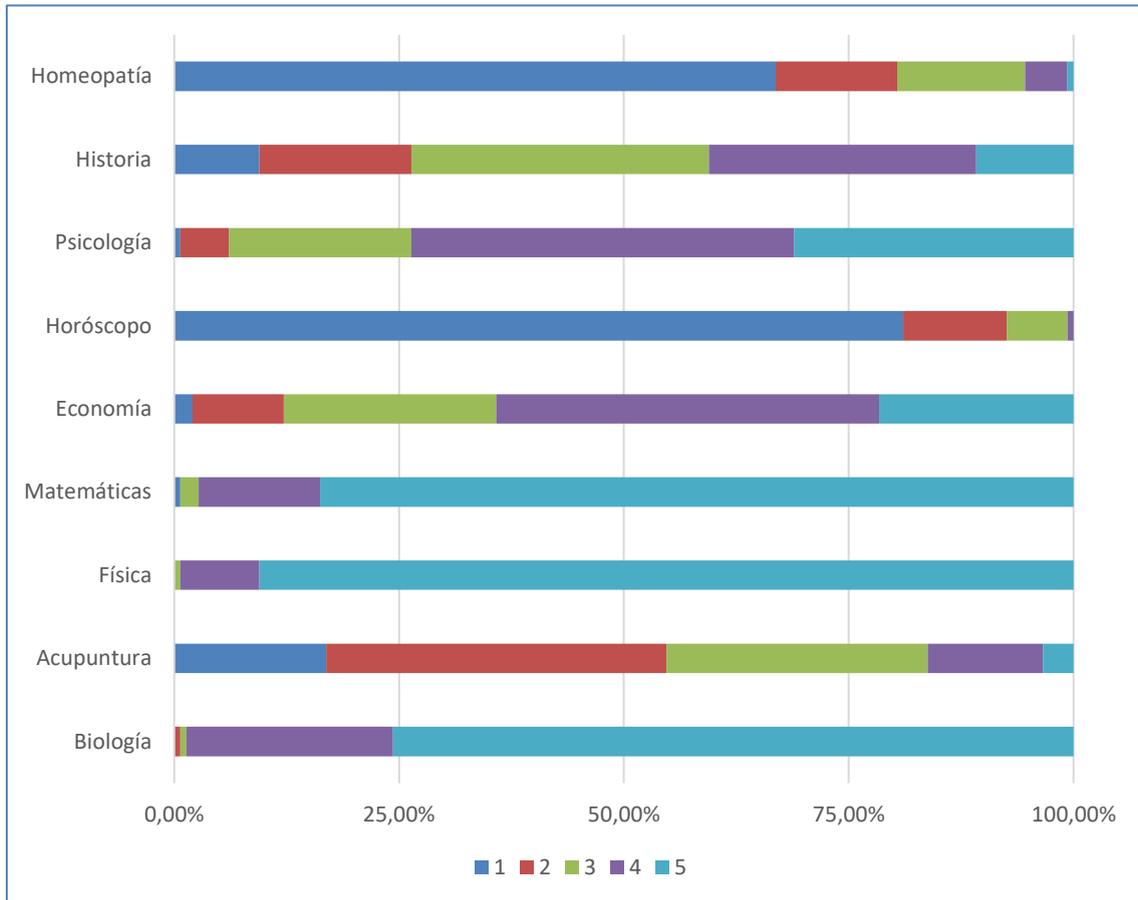


- *Te has enterado de un nuevo medicamento que resulta ser más efectivo que otro que usas habitualmente para los mismos casos*



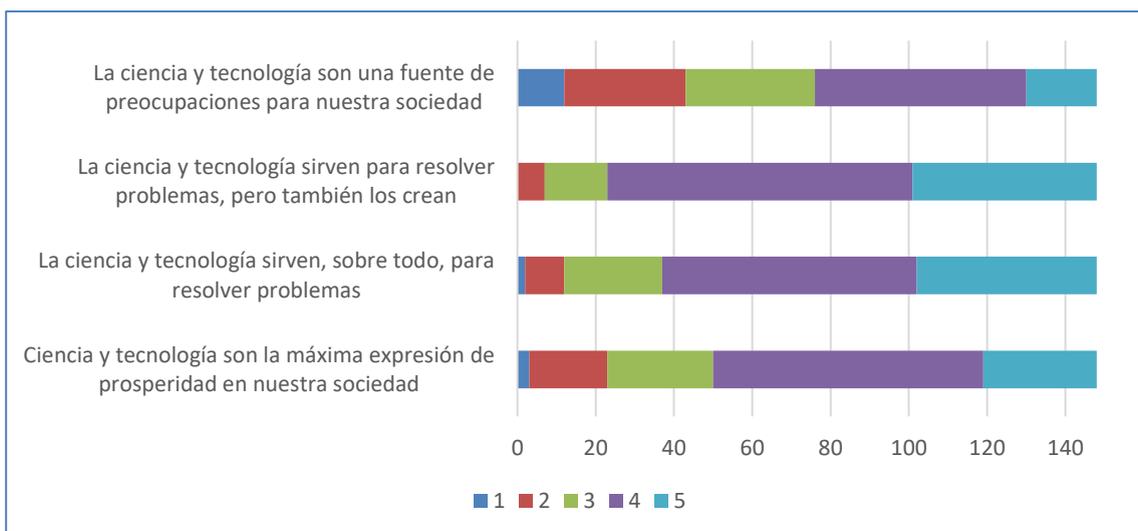
La siguiente pregunta tiene como fin delimitar el grado de científicidad que los encuestados atribuyen a un conjunto de disciplinas, entre las que se encuentran varias de distinta naturaleza; científica, social y pseudocientífica:

- *Por favor, indica, del 1 al 5, cual consideras que es el grado de cientificidad de las siguientes disciplinas*



La última pregunta del cuestionario es una pregunta que trata de delimitar actitudes críticas acerca del conocimiento científico-tecnológico, en el sentido que se ha venido estudiando durante las últimas décadas en la literatura (Cámara et al., 2018; Hurtado et al., 2014):

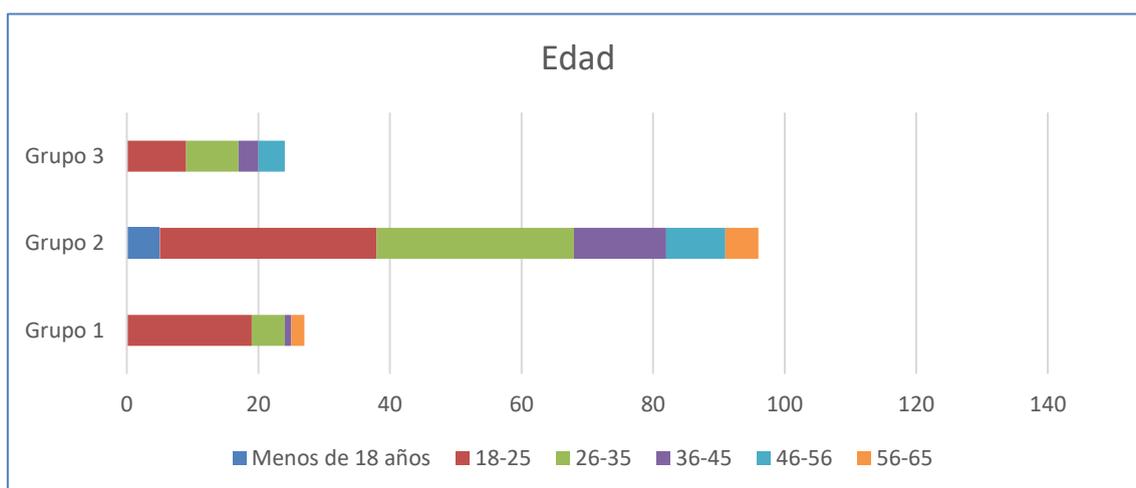
- *Por último, del 1 al 5, indica tu grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones*



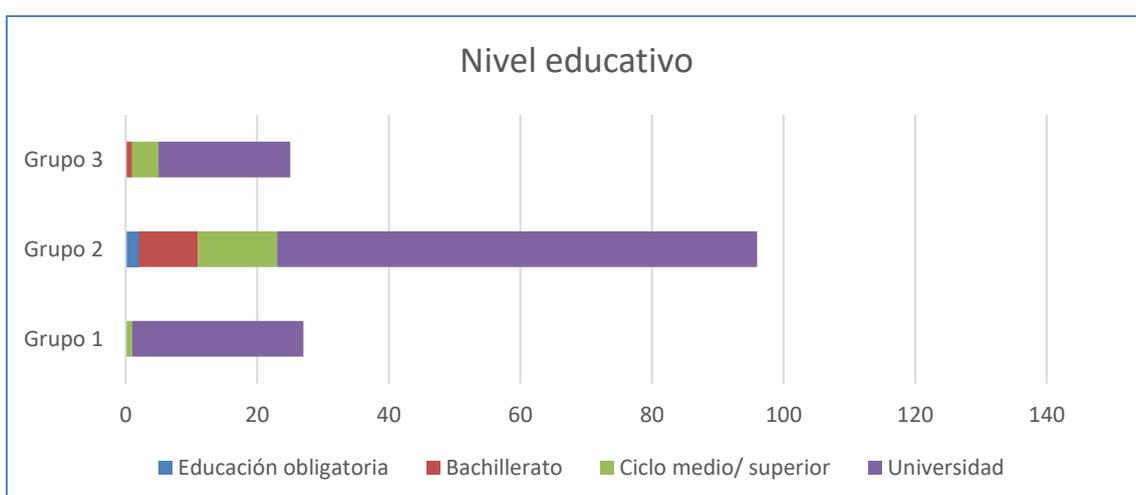
DISCUSIÓN

Una vez aclarada la forma que ha tomado el cuestionario y las preguntas, así como la manera de categorizar los grupos que han definido las repuestas de los encuestados, pasaremos a tratar de ver si existen ciertas correlaciones entre los grupos definidos por la primera sección, su grado de conocimiento de cuestiones de la NOS, y, a su vez, ver si en el marco de esta muestra existen correlaciones entre las secciones dos y tres. Aunque se trate de una muestra muy limitada (tan sólo 148 respuestas) y no representativa de la población (la mayoría de los encuestados tienen entre 18 y 35 años y formación universitaria, no existiendo luego mucha varianza), esperamos que alguna de las conclusiones aquí extraídas pueda ser razonable y tal vez poder extrapolarse a estudios más grandes.

Comenzando por los sexos, no existen diferencias significativas en los grupos, estando formados estos por aproximadamente un 50% de personas de sexo masculino y un 50% de personas de sexo femenino en cada caso. La distribución por edad es como sigue.



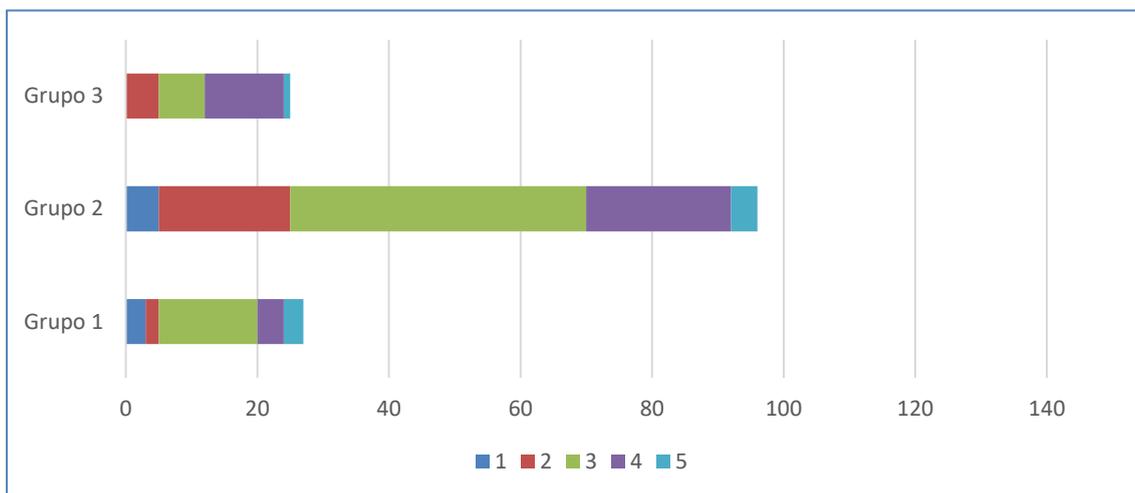
Cabe destacar que, si bien los grupos 2 y 3 tienen distribuciones parecidas, el porcentaje de personas de entre 18-25 años del grupo 1 es el doble que en el resto de los grupos. En el grupo 2 las personas de entre 18-25 años representan el 34% del total, y en el grupo 3, el 36%. En el grupo 1 ese porcentaje sube al 70%, lo que nos indica que, entre nuestros encuestados, podemos establecer una relación entre ser una persona joven y haber obtenido en el cuestionario una puntuación que asociamos con conocimiento actualizado acerca de cuestiones relativas a la NOS.



La distribución por nivel educativo, como era de esperar, está dominada por los universitarios, que representan el 80% de la muestra (119 de 148 encuestados afirmaron haber recibido educación universitaria). Lo único que cabría destacar, pero que tampoco parece tener mucho sentido hacer debido al alto porcentaje de universitarios de la muestra, es que el grupo 1 está formado casi exclusivamente por personas con educación universitaria, lo que podría indicar una relación entre esta y el conocimiento de la NOS.

Respecto a los hijos, tampoco existe ninguna diferencia significativa entre grupos, ya que se reparten también de manera uniforme, con aproximadamente un 20% en los grupos 2 y 3, siendo este número menor en el grupo 1, pero pudiéndose explicar debido a que está formado por una gran mayoría de personas menores de 25 años. No obstante, sí que resulta curioso señalar que, si descontamos a las personas menores de 35 años del grupo 1, este pasa a estar formado por 3 personas exclusivamente. Si tenemos en cuenta que en España la edad media para tener el primer hijo es actualmente 33 años (Statista, 2023), y el grupo 1 tiene a 2 personas que afirman tener hijos, es probable que el porcentaje de personas mayores de los 33 años en ese grupo con hijos sea muy alto. Esto nos puede inducir a pensar, como se ha visto en las últimas EPSCYT de la FECYT, que el tener hijos puede ser un predictor de la alfabetización científica. Esto se debe, entre otras cosas, a que la paternidad suele implicar un retorno a la toma de contacto con información que se da en clase, muchas veces de carácter científico, y más actualizada que en el momento de estudio de los progenitores.

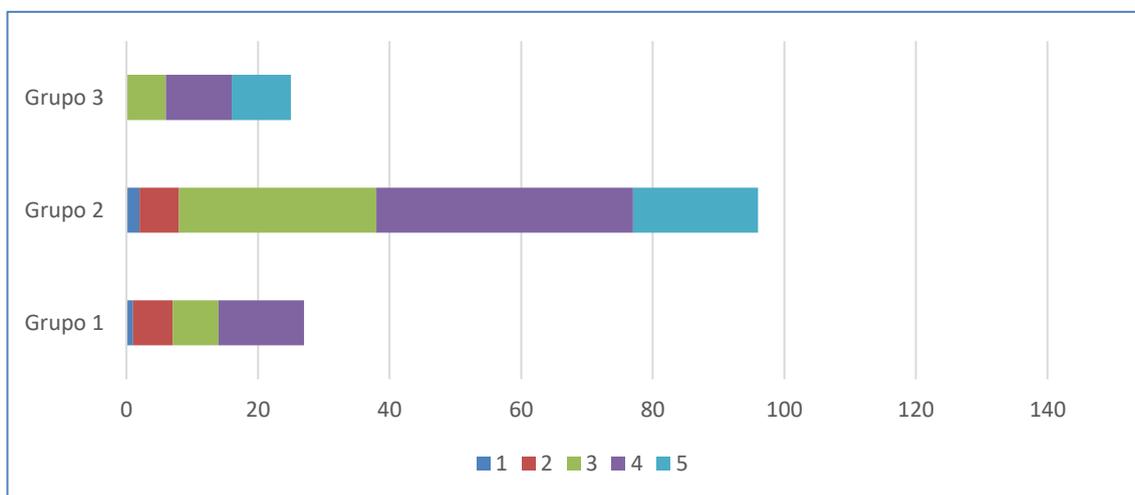
Pasando ahora a las preguntas de autoevaluación acerca del grado de conocimiento/interés en cuestiones de ciencia tecnología, cabe destacar que, en la pregunta relativa al grado de interés por parte de los encuestados, en todos los grupos las personas que han respondido 4 o 5 superan el 80%. Es decir, cuatro quintos de la muestra están interesados o muy interesados en temas de ciencia y tecnología. Respecto a la distribución de la pregunta de autoevaluación acerca del conocimiento propio percibido por los encuestados, los resultados son los siguientes.



Lo que cabe destacar de la gráfica acerca de la autopercepción del conocimiento científico, es que el grupo 3 es, con diferencia, el que percibe que tiene un mayor conocimiento científico. 13 de sus 25 integrantes, es decir, más del 50%, afirman estar informados o muy informados acerca de cuestiones relacionadas con ciencia y tecnología. Los otros dos grupos tienen porcentajes parecidos de encuestados que han respondido un 4 o un 5, con aproximadamente un 25%. Esto puede indicarnos a

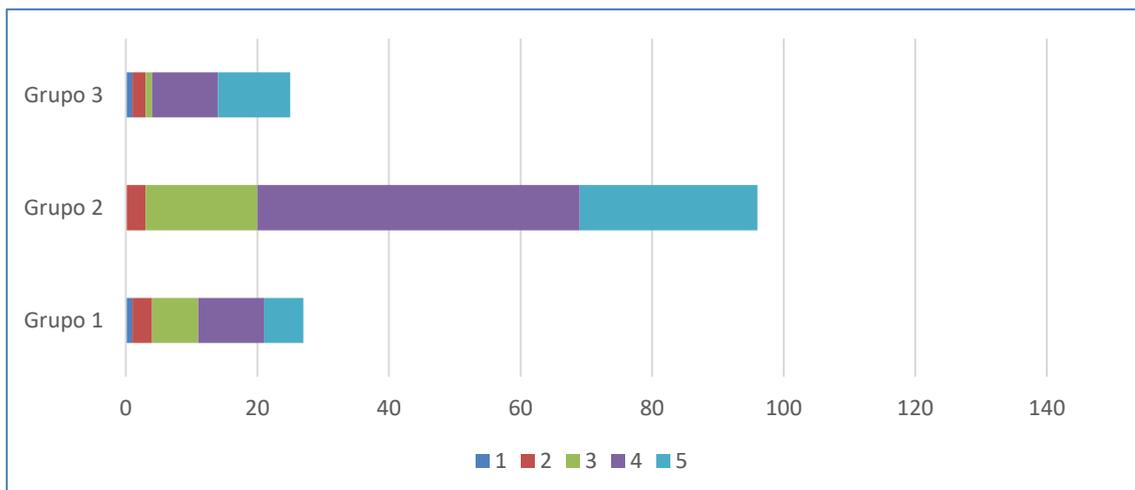
pensar que el grupo que hemos asociado con creencias más ingenuas acerca de la NOS, también tenga probablemente unas creencias más ingenuas acerca del propio *corpus* de la ciencia, lo que los inclina a pensar de una manera más optimista respecto a su propio conocimiento. De hecho, nadie del grupo 3 ha respondido que está “nada informado” (1) acerca de cuestiones relativas a la ciencia y la tecnología.

En la siguiente pregunta, relativa al principio de precaución (si no conocemos las posibles consecuencias de una nueva tecnología debemos utilizarla con cautela), existe prácticamente unanimidad entre los encuestados, puesto que en los 3 grupos básicamente la totalidad han contestado de acuerdo o muy de acuerdo, así que no merece la pena hacer ningún apunte. Sin embargo, la siguiente pregunta, acerca de si los conocimientos científicos son la mejor base para elaborar leyes y regulaciones, arroja unos resultados interesantes.



Como vemos, nadie del grupo 3 ha respondido 1 o 2. De hecho, el 76% considera que los conocimientos científicos son la mejor base para elaborar leyes (puesto que están de acuerdo o muy de acuerdo). En el otro extremo, el 25% del grupo 1 ha respondido 1 o 2, y ninguno de los encuestados ha afirmado estar muy de acuerdo. Es decir, los resultados de ambos grupos están prácticamente contrapuestos, con ningún encuestado del grupo 1 estando del todo de acuerdo con que la ciencia es la mejor aliada para establecer leyes, y con ningún encuestado del grupo 3 pensando que la ciencia *no* es la mejor aliada para establecer leyes. Como vemos, nadie del grupo 3 parece considerar que ciertas leyes o regulaciones se establecen en base a problemas que son puramente sociales y sobre los que la ciencia tiene poco o nada que decir (fuera de servir de método de análisis o evaluación en un sentido empírico o de medición). El grupo 2 resulta ser el más mixto de todos, con representantes en ambos extremos, pero escorando hacia tener una opinión más optimista de la ciencia como punto de apoyo para las legislaciones.

La siguiente pregunta, que es en cierto aspecto complementaria con la anterior, y en la cual cabría esperar una distribución con una cierta relación inversa a la pregunta anterior, muestra ciertas contradicciones. Esto es así, porque alguien que asuma que la ciencia es la mejor base para establecer leyes y regulaciones, pese a que podría aceptar un nivel alto de importancia para los valores en el establecimiento de las mismas, no debería de poder afirmar que los valores son *tan importantes como* la ciencia.



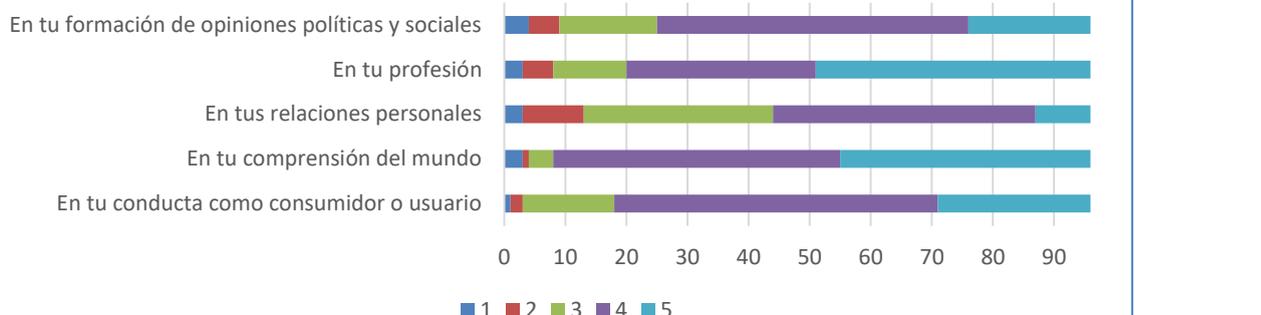
En general, todos los grupos están formados por un alto porcentaje de encuestados que afirma la importancia de los valores. Desde luego, la mayor disparidad se encuentra en el grupo 3, puesto que en la pregunta anterior la totalidad de este había respondido 3 o más, y ahora nos encontramos con que 21 de 25 personas, es decir el 84% también afirma que los valores son igual de importantes que la ciencia. El grupo 2 también está formado por un 80% de encuestados que están de acuerdo o muy de acuerdo con que los valores son igual de importantes. En este caso, el grupo que se mantiene más consistente en sus afirmaciones, resulta ser el grupo 3, con un 59% poniendo a la misma altura que la ciencia la importancia de los valores. Este grupo parece es el que más se acerca a un equilibrio entre ciencia-valores a la hora de establecer regulaciones. Es importante destacar que las contradicciones son naturales en los encuestados, principalmente por dos motivos: primero, la falta de reflexión acerca de asuntos relacionados con filosofía de la ciencia que tratamos de poner de manifiesto muchas veces se traduce en actitudes e ideas contradictorias. Segundo, pese a que esta reflexión sobre la NOS existiera, es normal que el grado de reflexión de una persona de a pie sea menor que el de un académico en los mismos asuntos, haciendo alguna que otra contradicción inevitable (Acevedo Díaz y Acevedo Romero, 2002; Mellado, 1998).

Respecto a la pregunta acerca de la necesidad de aumentar la participación ciudadana en la toma de decisiones, en la muestra existía prácticamente unanimidad, con todos los grupos teniendo en torno a un 15% de personas que consideraban que no (nada de acuerdo o poco de acuerdo), mientras que el resto se congrega alrededor de la opción intermedia.

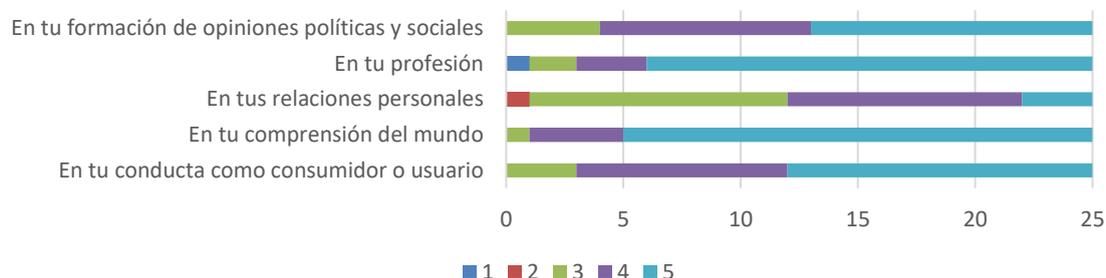
Las preguntas de autoevaluación acerca de la autopercepción de la influencia del conocimiento científico en ciertos aspectos de la vida se ven de la siguiente manera.



Grupo 2: Por favor, puntúa del 1 al 5 cuánto de útil ha sido para ti en los siguientes ámbitos tu formación científica



Grupo 3: Por favor, puntúa del 1 al 5 cuánto de útil ha sido para ti en los siguientes ámbitos tu formación científica

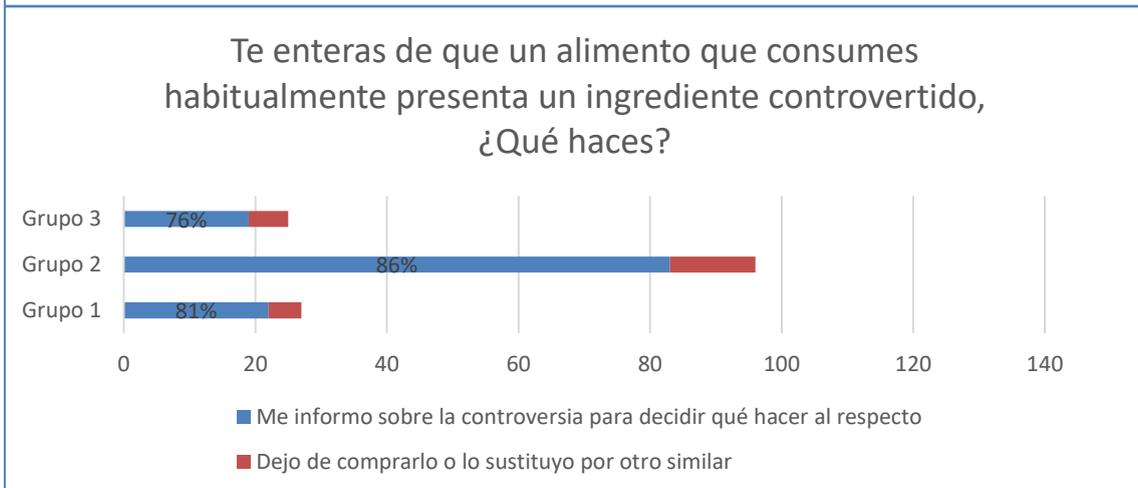
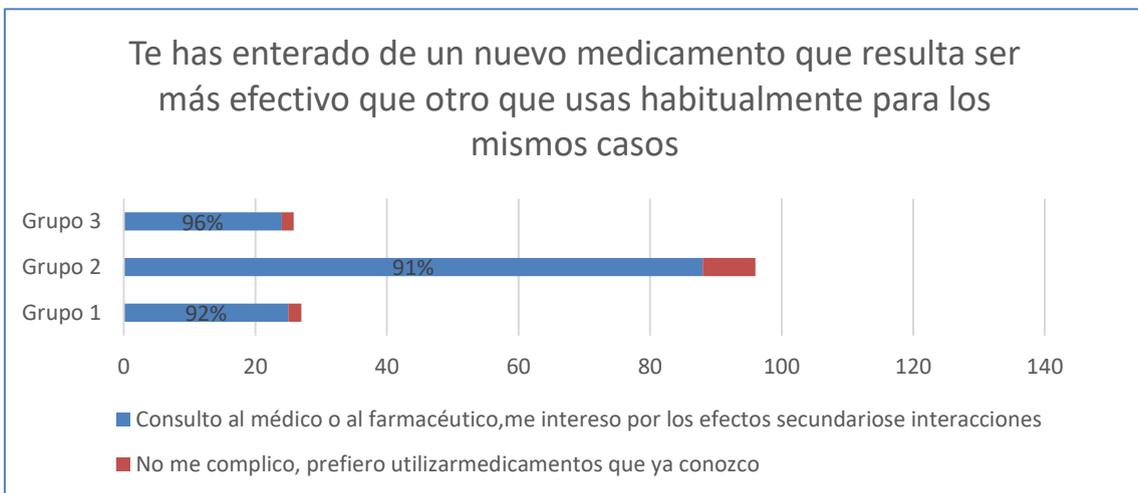
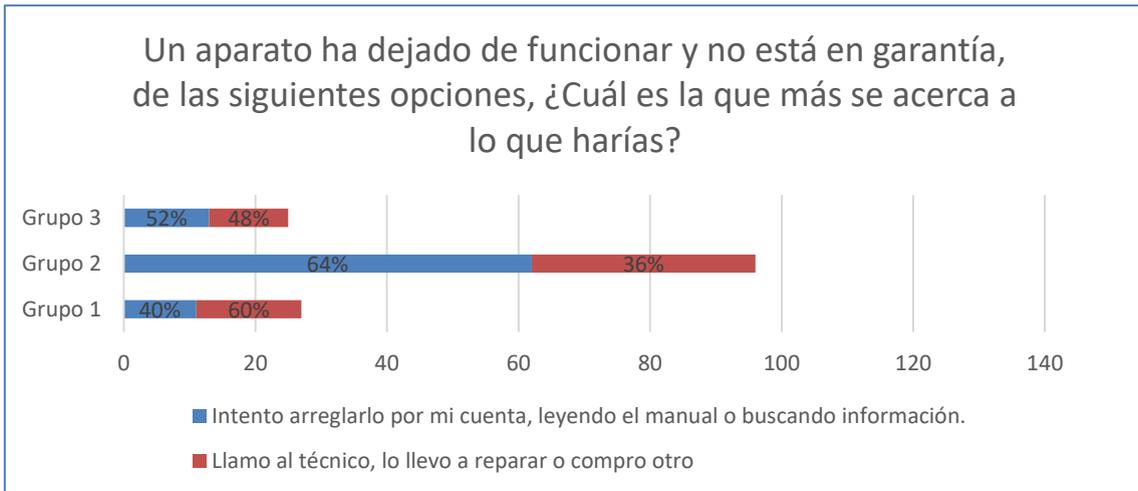


En este caso, el 77%, 81% y el 88% (grupos 1, 2 y 3 respectivamente) consideran que la información científica ha resultado ser útil o muy útil en su conducta como consumidor. Dada la importancia que actualmente tiene el saber científico en muchas decisiones cotidianas (nutrición, cosmética, medicina, tecnología...), no es de extrañar que la inmensa mayoría de la muestra considere importante el conocimiento científico en este apartado. El grupo 3 es el que puntúa más alto en este caso, pero cualquiera de los porcentajes de los grupos representa más de tres cuartos del total. En el siguiente apartado, referido a la comprensión del mundo, como era de esperar más del 80% de encuestados han respondido que la formación científica ha resultado ser útil o muy útil. Esto no debería de ser una sorpresa, debido al actual privilegio del cual goza la ciencia respecto a los aspectos más empíricos del mundo, permitiéndonos el conocimiento científico resolver problemas, innovar y mejorar nuestras vidas de manera significativa.

En relación con el conocimiento científico y su utilidad en las relaciones personales, los tres grupos puntúan de manera parecida, con aproximadamente un 50% respondiendo de acuerdo o muy de acuerdo, y más de un 80% si tenemos en cuenta la opción intermedia. En el apartado de la profesión, es interesante destacar que un 88% de los encuestados del grupo 3 han afirmado que el conocimiento científico es útil o muy útil en su profesión, lo que indica que la inmensa mayoría de este grupo desempeña una profesión del ámbito científico. Si la asociación que intentamos establecer en este trabajo es cierta, esto iría en la línea de otros artículos, que parecen observar la

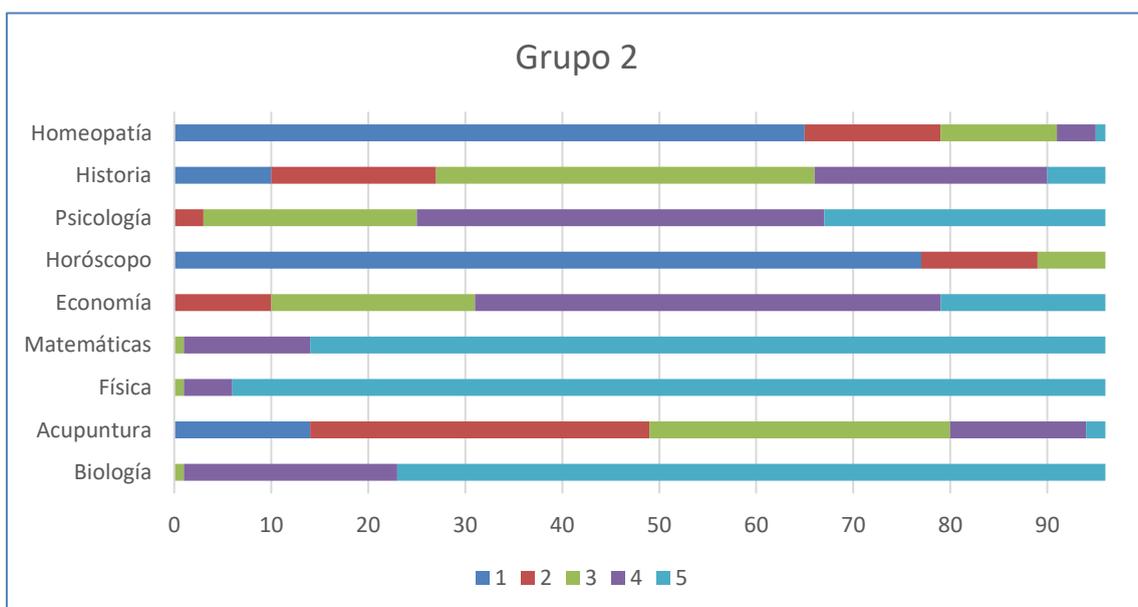
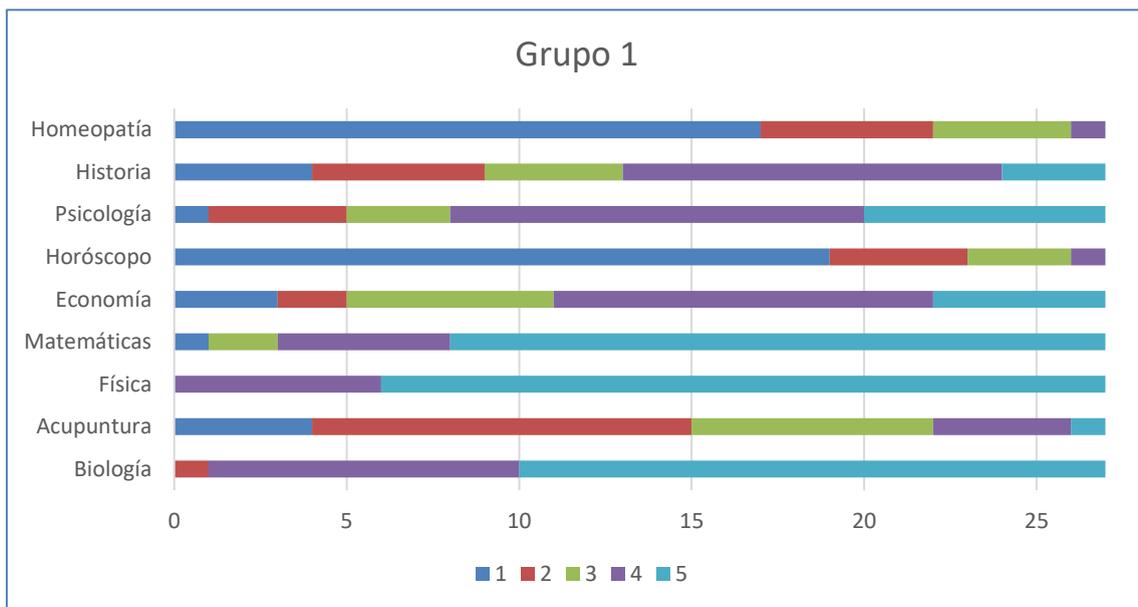
tendencia de profesiones (por ejemplo, profesores) de alta exposición a la ciencia adherirse con mayor intensidad a posiciones positivistas (Manassero Mas y Vázquez Alonso, 2000). Si hubiera que señalar algo en este grupo de preguntas, sería que el grupo 1 es el que tiene más concentración de respuestas poco o nada útil (con 13 entre las cinco preguntas), mientras que el grupo 3 es el que menos (con 2 respuestas nada útil o poco útil entre las cinco preguntas).

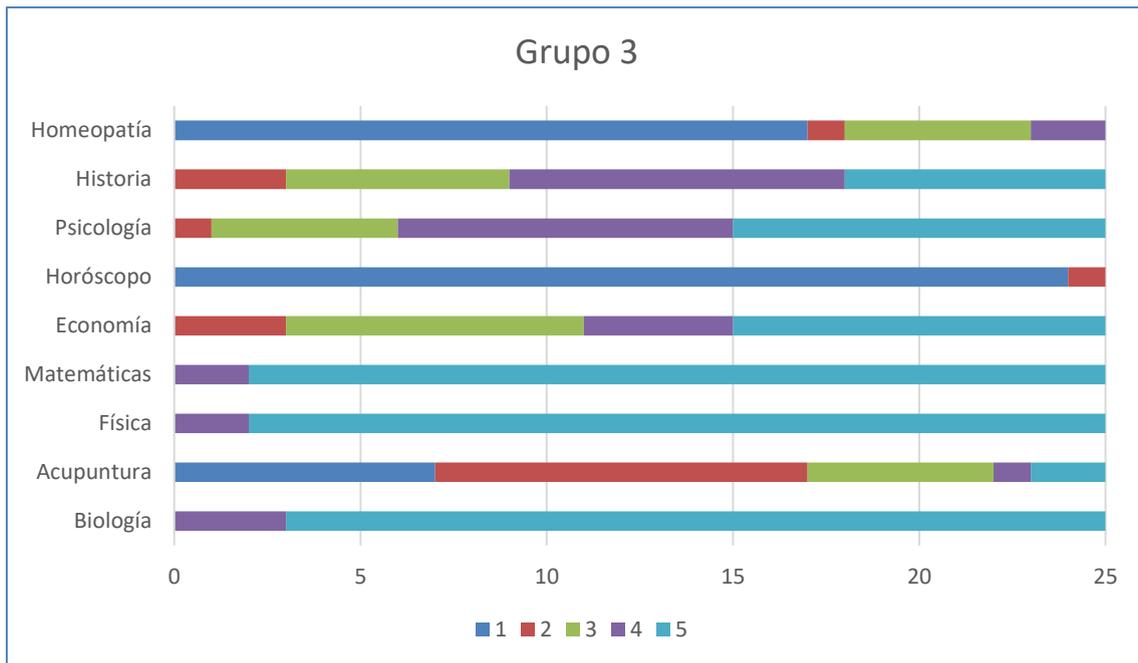
Las preguntas acerca de la apropiación social de la ciencia en situaciones cotidianas separadas por grupos se han repartido de la siguiente manera:



En la primera pregunta, el grupo que muestra más afinidad con la respuesta que está relacionada con un mayor nivel de apropiación (intentar arreglar el aparato) es el grupo 2, con un 64% de personas escogiendo esa opción. En esta respuesta, de hecho, el grupo 1, asociado con mayor conocimiento NOS, es el que muestra una menor apropiación social de la ciencia, puesto que es el que muestra un porcentaje mayor de la respuesta asociada con una menor apropiación, con un 40% intentando arreglar el aparato. En esta pregunta, una de las suposiciones del trabajo, que el conocimiento NOS podría estar asociado con un mayor grado de apropiación social, no se cumple. En las dos preguntas restantes, la inmensa mayoría de encuestados ha optado por la opción asociada con un mayor grado de apropiación, especialmente en la relacionada con el uso de medicamentos, donde 137 de 148 encuestados han respondido que consultarían al médico o al farmacéutico, suponiendo más del 90% en cada uno de los grupos.

Las respuestas a la penúltima pregunta, acerca de la confianza en varias disciplinas, toman la siguiente forma.

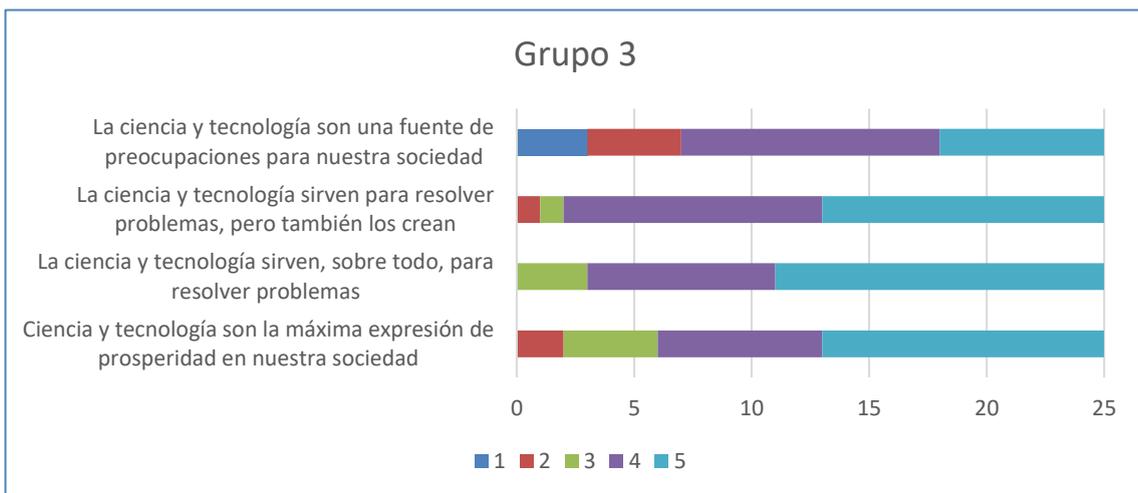
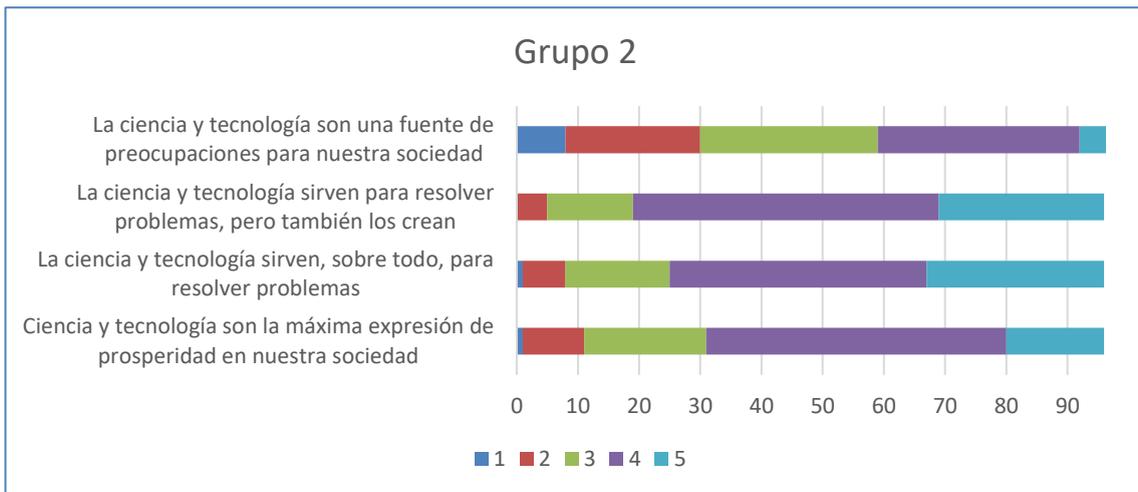
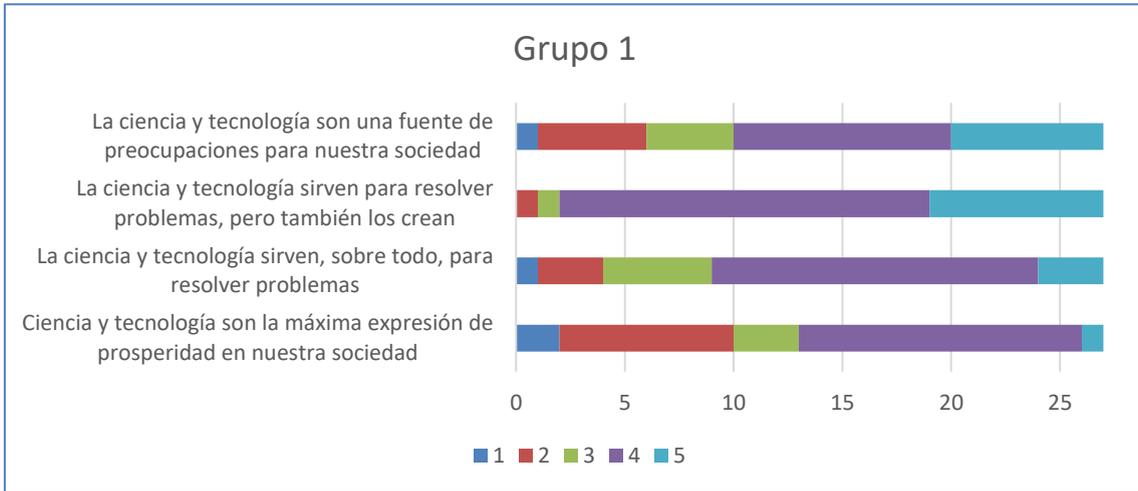




En esta pregunta todos los encuestados parecen estar de acuerdo en el grado de científicidad de las ciencias más “duras” que aparecen en la tabla, a saber, biología, física y matemáticas, puesto que las respuestas de todos los grupos parecen congregarse en torno a 4 y 5.

Respecto a las disciplinas pseudocientíficas que aparecen entre las opciones (acupuntura, horóscopo y homeopatía) nos encontramos con que la acupuntura es la que más asociación con un cierto grado de científicismo tiene. En todos los grupos, aproximadamente un 15% de los encuestados ha respondido que la acupuntura es bastante científica o muy científica. Las puntuaciones intermedias (3) para esta disciplina oscilan entre el 20% (grupo 3) y 33% (grupo 2). Es algo preocupante que uno de cada tres participantes del grupo 2 sitúe una pseudociencia como la acupuntura en la posición intermedia. Respecto al horóscopo, el 100% del grupo 3 lo relega totalmente del ámbito científico, mientras que en este caso es el grupo 1 en el que encontramos un mayor porcentaje de personas que lo consideran una opción superior a la intermedia, con un 15% de encuestados escogiendo una opción superior a 3. El grupo 2 está conformado también casi en su totalidad por personas que han escogido las opciones 1 o 2, con 7 personas (8%) escogiendo la opción intermedia, pero ninguna asociando el horóscopo con las opciones 4 o 5, que lo dotarían de científicidad. Por último, con respecto a la homeopatía el menor grado de rechazo se encuentra en el grupo 3, donde 7 de 25 personas (28%) han votado una opción superior a la intermedia. Los otros dos grupos obtienen poco más que un 15% bajo los mismos criterios. Si no tenemos en cuenta la opción intermedia, nos encontramos con que el rechazo directo del científicismo de la homeopatía (haber votado 1 o 2) en cada grupo es del 81%, 82% y 72% empezando por el grupo 3. En conclusión, la disciplina que más sospechas levanta entre los encuestados es sin duda el horóscopo, pero incluso esta tiene un 15% de aceptación en uno de los grupos (precisamente el que tratábamos de asociar con un mayor grado de cultura científica). No podemos encontrar ningún grupo que rechace abiertamente todas las disciplinas pseudocientíficas mencionadas.

Por último, las preguntas orientadas a tratar de asociar los grupos con las actitudes críticas que se han ido postulando en la literatura más actual acerca de la comprensión pública de la ciencia (Cámara et al., 2018; Hurtado y López Cerezo, 2014).



Respecto a esta última gráfica, podemos decir que el grupo 3 resulta ser el más optimista, y también el más crítico, con el conocimiento científico y su desarrollo. Muestra de eso es que prácticamente todas las preguntas alcanzan un 50% de respuestas señaladas como muy de acuerdo. 23 de 25 personas (92%) responden por encima de la opción intermedia a la primera pregunta. En el otro extremo se encuentra el grupo 1, que tan sólo tiene a 1 persona respondiendo muy de acuerdo, y 10 de 27 personas (37%) están nada de acuerdo o bastante en desacuerdo con que ciencia y tecnología sean la máxima expresión de prosperidad. El grupo 2 también es muy optimista al respecto, con 65 de 96 personas, es decir, dos tercios, respondiendo de acuerdo o muy de acuerdo. Casi un 90% optan por una opción igual o superior a la intermedia en este caso. Como vemos, el grupo más entusiasta resulta ser el grupo 3 y el que menos, el grupo 1, con el grupo 2 estando en una posición más intermedia pero que sin duda se decanta también por el entusiasmo.

Las tres siguientes y últimas preguntas se han venido utilizando como complementarias para detectar actitudes críticas, pero informadas acerca del conocimiento científico. Aunque tradicionalmente los beneficios/perjuicios causados por la ciencia tecnología se estudiaban de manera unidimensional, actualmente se considera signo de la cultura científica no tener una idea ingenua de la ciencia, reconociendo sus ventajas, pero también sus riesgos. Es por eso por lo que las encuestas de percepción pública, de las que hemos extraído estas cuatro últimas preguntas permiten responder afirmativamente tanto a que la ciencia posee muchos beneficios como que puede tener muchas consecuencias indeseadas. En este caso, el grupo 3 resulta tener una visión utilitarista de la ciencia, afirmando que esta sirve principalmente para resolver problemas. Esta perspectiva considera que la ciencia es valiosa principalmente por su capacidad para abordar problemas y generar soluciones prácticas. En este enfoque, la ciencia se ve como un medio para alcanzar resultados tangibles y aplicables en el mundo real. Esto se manifiesta puesto que nadie del grupo 3 está nada de acuerdo o poco de acuerdo con la afirmación mencionada. Son 22 de 25 (88%) personas las que responden estar de acuerdo o muy de acuerdo. Este porcentaje desciende al 71% en el grupo 2 y al 66% en el grupo 3. Ahora bien, la inmensa mayoría tanto del grupo 3 como del grupo 1 considera que ciencia y tecnología crean problemas además de solucionarlos. En el caso del grupo 3, 23 de 25 personas (92%) está de acuerdo o muy de acuerdo con la afirmación, mientras que en el caso del grupo 2, son 25 de 27, lo que representa el mismo porcentaje. En el caso del grupo 1, son 17 de 27 (62%) personas las que están de acuerdo o muy de acuerdo, lo que revela que no consideran que la ciencia y tecnología sean una fuente de problemas en la misma medida en la que los otros dos grupos lo hacen. En general, y aunque haya algunas muy pequeñas diferencias entre la manera en que los grupos conciben el papel de la ciencia y tecnología, podemos decir que todos están bastante de acuerdo en que la ciencia, además de solucionar problemas, los crea.

La última pregunta, acerca de si ciencia y tecnología son una fuente de preocupaciones para nuestra sociedad encuentra su mayor acuerdo también en el grupo 3. En el grupo 3, nadie ha respondido la opción intermedia, y 18 de los 25 integrantes (72%) han respondido estar de acuerdo o muy de acuerdo. En los otros grupos sí que encontramos representantes de la opción intermedia, especialmente en el grupo 2, que es el que manifiesta menos preocupación por las consecuencias negativas de la ciencia y tecnología, con 40 de 96 (40%) respondiendo de acuerdo o muy de acuerdo, y el resto respondiendo la opción intermedia o menos. El grupo 1 tiene una distribución parecida a la del grupo 3, si bien también manifiesta una menor preocupación, con 17 de 27 (62%) estando de acuerdo o muy de acuerdo.

CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en la segmentación por grupos, no está del todo claro que en nuestra muestra la hipótesis sugerida se cumpla. Si bien es cierto que el grupo 1 tenía ciertas peculiaridades, como ser el menos optimista respecto al conocimiento científico, y el más consistente en algunas de sus posturas, como en la pregunta de valores en el establecimiento de leyes, otras veces también actuaba de manera contraria a la prevista, como en la pregunta acerca del aparato estropeado o también siendo el grupo en el que el horóscopo tiene una mayor aceptación.

Pese a que este trabajo no haya podido arrojar mucha luz sobre la hipótesis, la necesidad de enseñar cuestiones acerca de la NOS es un hecho consensuado hoy en día. Concretamente, la exposición a las distintas posturas acerca de la NOS que han existido durante la historia parece ser la manera más sensata de proceder. Se trata de mostrar al conjunto de la población las distintas formas de entender la naturaleza de la ciencia, puesto que esto tal vez pueda traducirse en también entender mejor las distintas formas en las que la ciencia se nos presenta cada día. De ser así, muchos de los aspectos de la ciencia que hoy en día son denunciados y se utilizan para ponerla en tela de juicio, como la divergencia o multitud de opiniones, existencia de distintos métodos, o falta de evidencia (como si fuera posible tener evidencia de todo) tal vez puedan volver a ser comprendidos no como defectos de la ciencia, si no como elementos básicos y esenciales de su proceder.

BIBLIOGRAFÍA

- Abell, S. K. y Smith, D. C. (1994). What is science? Preservice elementary teachers' Conceptions of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 16(4), 475–487.
- Acevedo Díaz, J. A. y Acevedo Romero, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1–28.
- Acevedo, J. A. y Acevedo, P. y Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, 25(1), 1–14.
- Aguirre, M. y Haggerty, S. y Linder, C. (1990). Student-Teachers conceptions of science teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381–390.
- Aikenhead, G. (1979). Science: A way of knowing. *The Science Teacher*, 46, 23–25.
- Aikenhead, G. S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607–629.
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. y Fleming, R. G. (1989). *Views on Science-Technology-Society Form CDN.MC.5* (G. S. Aikenhead, A. G. Ryan, & R. G. Fleming, Eds.). Department of Curriculum Studies. College of Education.
- Althaus, S. (1996). Opinion Polls, Information effects and Political Equality: Exploring Ideological Biases in Collective Opinion. *Political Communication*, 13, 3–21.
- Bauer, M. W. y Allum, N. y Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda, *Public Understanding of Science*, 16(1), 79–95
- Cámara Hurtado, M. y Laspra, B. y López Cerezo, J. A. (2016). Aproximación social de la ciencia en España. En *Percepción social de la ciencia y la tecnología* (pp. 18–49). FECYT.
- Cámara, M. y Muñoz van den Eynde, A. y López Cerezo, J. A. (2018). Attitudes towards science among Spanish citizens: The case of critical engagers. *Public Understanding of Science*, 27(6), 690–707.
- Carnap, R. (1958). The methodological character of theoretical concepts. En H. Feigl & M. Scriven (Eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minnesota University Press.
- Central Association of Science and Mathematics Teachers. (1909). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary school. *School Science and Mathematics*, 7(3), 241–247.
- Daza-Cañedo, S. y Maldonado, O. y Arboleda-Castrillón, T. y Falla, S. y Moreno, P. y Tafur-Sequera, M. y Papagayo, D. (2017). Hacia la medición del impacto de las prácticas de apropiación social de la ciencia y la tecnología: Propuesta de una batería de indicadores. *Historia, Ciências, Saude - Manguinhos*, 24(1), 145–164.
- Duschl, R. A. (1988). Abandoning the scientific legacy of science education. *Science Education*, 72(1), 51–62.
- Eisner, E. W. (1979). *The educational imagination: On the design and evaluation of school programs*. MacMillan.
- FECYT. (2016). *Percepción social de la ciencia y la tecnología* (FECYT, Ed.).
- Felt, U. y Fouché, R. y Miller, C. A. y Smith-Doerr, L. (2017). *The Handbook of Science and Technology Studies* (U. Felt, R. Fouché, C. A. Miller, & L. Smith-Doerr, Eds.; 4th ed.). MIT University Press.
- Fernández, R. (2023, March 20). *Evolución de la edad media a la que se es madre por primera vez en España de 1975 a 2021*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/554373/evolucion-de-la-edad-media-de-la-maternidad-en->

- espana/#:-:text=La%20evoluci%C3%B3n%20de%20la%20edad,a%C3%B1os%20m%C3%A1s%20que%20en%201975.
- Feyerabend, P. K. (1982). *Tratado contra el método*. Tecnós.
- Hanson, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento: investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Alianza.
- Hempel, C. G. (1950). Problems and changes in the empiricist criterion of meaning. *Revue Internationale de Philosophie*, 11, 41–63.
- Hempel, C. G. (1951). The concepts of cognitive significance: A reconsideration. *Proceedings of the American Academy of Arts and Science*, 1, 61–77.
- Hurtado, M. C. y López Cerezo, J. A. (2014). La población española ante el riesgo y las aplicaciones de la ciencia. El caso de los procientíficos moderados. En *Percepción social de la ciencia y la tecnología* (pp. 167–187). FECYT.
- Mellado Jiménez, V. (1992). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 14(3), 289–302.
- Kuhn, T. S. (2011). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Encuentro.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science*, 29(4), 331–359.
- Lederman, N. G. (2018). The ever changing contextualization of nature of science: Recent science education reform documents in the U.S. and its impact on the achievement of scientific literacy. *Enseñanza de Las Ciencias*, 36(2), 5–22.
- Manassero Mas, M. A. y Vázquez Alonso, Á. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 37, 187–208.
- Martin, M. (1974). The Relevance of Philosophy of Science for Science Education, *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 1974, 293–300.
- Martin, M. (1979). Connections between philosophy of science and science education. *Studies in Philosophy and Education*, 9, 329–332.
- McComas, W. F. y Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. En William F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 3–39). Kluwer.
- Mellado, V. (1998). Preservice Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of the Nature of Science. En K. Tobin & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 1093–1110). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_64
- National Science Teaching Association. (2020, January). *Nature of Science*.
<https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>.
- Popper, K. R. (1977). *La lógica de la investigación científica* (K. R. Popper, Ed.). Tecnós.
- Ravanal, E. y Quintanilla, M. (2010). Caracterización de las racionalidades epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 9(1), 111–124.
- Serrallé Marzoa, J. F. y Pérez Rodríguez, U. y Lorenzo Rial, M. A. y Álvarez Lires, M. M. (2021). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en el profesorado en formación inicial. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(3), 113–133.
- Showalter, V. M. (1974). What is unified science education? Program objectives and scientific literacy. *Prism II*, 2, 1–6.
- Stinner, A. y Williams, H. (1998). History and Philosophy of Science in science

curriculum. En T. Kenneth & B. Fraser (Eds.), *International Handbook of Science Education*. Springer Netherlands.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Alianza.