

AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA 1995

Resolución de 29 de diciembre de 1994 por la que se convocan ayudas a la investigación educativa para 1995 (BOE 16 de enero de 1995).

MEMORIA FINAL

ACTITUDES Y VALORES RELACIONADOS CON LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD EN ALUMNADO Y PROFESORADO. IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN DE LAS ACTITUDES

ÁNGEL VÁZQUEZ ALONSO, director

Palma de Mallorca, octubre 1997

Equipo de investigación:

BERNAL GARCÍAS, FERNANDO

CALVIÑO ANDREU, CELSO

COLL MARÍ, LLUC

COLL PARETS, MIGUEL

FAR REYNÉS, GUILLEM

FERNÁNDEZ BENASSAR, M^a CARMEN

GENER LLOPIS, MARÍA

MANASSERO MAS, M^a ANTONIA

MAS POCOVÍ, LLUC

PERELLÓ RIPOLL, FRANCISCO A.

SAMPOL FORNÉS, JERONIA

VÁZQUEZ ALONSO, ÁNGEL (director)

CEPR DE PALMA DE MALLORCA

C/ Gregorio Marañón, s/n

07007 PALMA DE MALLORCA (BALEARES)

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| UNA DESCRIPCIÓN APROXIMADA SOBRE LA CIENCIA | 4 |
| CAPÍTULO 2. EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA | 7 |
| EL REALISMO FALSACIONISTA | 8 |
| LOS ANÁLISIS HISTÓRICOS: EL RELATIVISMO | 11 |
| EL PRAGMATISMO FUNCIONALISTA | 12 |
| LA MATRIZ DISCIPLINAR DE LA CIENCIA | 13 |
| OBSERVACIÓN Y OBJETIVIDAD | 15 |
| RELATIVISMO Y RACIONALISMO | 20 |
| INSTRUMENTALISMO Y REALISMO | 22 |
| La concepción realista de las teorías | 22 |
| La concepción instrumentalista de las teorías | 23 |
| El realismo no representativo | 26 |
| LA EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS CIENTÍFICOS: | |
| ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS | 27 |
| CAPÍTULO 3. EPISTEMOLOGÍA DE LA TECNOLOGÍA | 37 |
| EL CONCEPTO DE TECNOLOGÍA | |
| | 37 |
| LA TECNOLOGÍA Y LA RAZÓN TÉCNICA | 41 |

| | |
|---|----|
| EL MUNDO TECNOLÓGICO | 43 |
| RELACIONES ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA | 45 |
| Tecnología como ciencia aplicada | 46 |
| Ciencia y tecnología en interacción: la tecnociencia | 48 |
| LA SOCIEDAD Y SUS RELACIONES CON LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA | 52 |
| El proceso de separación entre ciencia y sociedad | 53 |
| El borrado de la historia | 54 |
| CAPÍTULO 4. SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA | 56 |
| EL ANÁLISIS SOCIOMÉTRICO DE LA CIENCIA: PEQUEÑA Y GRAN CIENCIA | 57 |
| LA CIENCIA: UN PROYECTO HISTÓRICO HUMANO | 58 |
| LA CIENCIA COMO INSTITUCIÓN SOCIAL | 59 |
| Las pautas de estratificación social en el sistema científico | 61 |
| LA SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO: | |
| EL LABORATORIO Y LAS CONTROVERSIAS | 62 |
| El análisis del discurso científico | 66 |
| LOS VALORES EN LA CIENCIA | 68 |
| Las dos caras de la ciencia | 71 |
| La proyección negativa externa de la ciencia | 72 |
| La proyección negativa interna de la ciencia: errores y fraudes | 74 |
| A MODO DE CONCLUSIÓN | 80 |
| CAPÍTULO 5. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD | 81 |
| TECNOCIENCIA Y DECISIONES SOCIOPOLÍTICAS | 81 |
| Modelos de decisiones sociocientíficas | 86 |

| | |
|---|-----|
| LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA | 88 |
| EL MOVIMIENTO EDUCATIVO CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD | 90 |
| La diversidad de enfoques CTS | 91 |
| El currículo CTS | 93 |
| La alfabetización científica del público | 95 |
| La adaptación a la diversidad del enfoque CTS | 96 |
| Los resultados de los programas CTS | 101 |
| La aplicación de programas CTS | 105 |
| NATURALEZA DE LA CIENCIA Y EDUCACIÓN | 105 |
| Naturaleza de la ciencia y currículo | 109 |
| Naturaleza de la ciencia y profesorado | 111 |
| CAPÍTULO 6. MÉTODO | 113 |
| MUESTRA | 113 |
| INSTRUMENTO | 113 |
| PROCEDIMIENTO | 114 |
| CAPÍTULO 7. RESULTADOS | 118 |
| DEFINICIONES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA | 118 |
| SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA | 120 |
| Influencia de la sociedad sobre la ciencia/tecnología | 120 |
| Interacciones mutuas ciencia- tecnología-sociedad | 124 |
| Influencia de la ciencia/tecnología sobre la sociedad | 124 |
| Influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad | 130 |
| SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA | 131 |

| | |
|---|-----|
| Características de los científicos | 131 |
| Construcción social del conocimiento científico | 135 |
| Construcción social de la tecnología | 140 |
| EPISTEMOLOGÍA: NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO | 142 |
| RESPUESTAS A LAS ALTERNATIVAS NO ACTITUDINALES | 148 |
| APROXIMACIÓN A LAS DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS | 149 |
| | |
| CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES | 151 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| APÉNDICE | |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el área del conocimiento donde el progreso humano se hace más evidente e innegable es el área de los avances científicos y tecnológicos. Ciertamente, estos avances son muy criticados por su ambivalencia y por ser instrumentos de poder, de modo que muchos discuten su valor y su alcance, pero hoy día son innegables. Asimismo, la importancia de la ciencia para el avance tecnológico, y viceversa, es, también, especialmente clara. En fin, tal vez demasiadas afirmaciones y muy gruesas, para empezar, pero la deuda de su explicación queda asumida desde este momento, como parte central de este trabajo enfocado sobre la ciencia y la tecnología y su relación con la educación científica de las personas. Este trabajo se refiere a la educación en ciencias, pero no es un análisis de la enseñanza ni un libro de texto de ciencia, de modo que la enseñanza/aprendizaje de los contenidos y logros de la ciencia no son el centro de atención, sino más bien, el pensamiento que ha fructificado a partir de la reflexión sobre esos contenidos y logros científicos y sus consecuencias para la educación en ciencias.

El análisis del progreso científico-técnico ha concitado gran atención investigadora, buscando la racionalidad implicada en las prácticas que lo han hecho posible. Este análisis ha desarrollado, fundamentalmente, tres vías principales de investigación, que aunque aparentemente diferentes, terminan siendo convergentes, dada la unidad del problema que intentan resolver. La primera vía ha sido la metodológica, centrada en descubrir las cualidades del método científico para el avance del conocimiento; la segunda vía corresponde a la historia de la ciencia, que plantea el análisis del progreso científico desde una perspectiva histórica; la tercera vía es la sociología de la ciencia, y en cierto modo es una variante de la anterior, pues no en vano ha sido disparada por ella, pero el contenido sociológico es tan específico, que suele considerarse un análisis con personalidad propia. En realidad, la historia y la sociología han venido a poner un contrapunto a los análisis exclusivamente filosófico-metodológicos, resaltando la insuficiencia de éstos para dar cuenta con suficiente precisión del progreso y la racionalidad en la ciencia. Análogamente, ni los análisis históricos y sociológicos, autónomamente por sí mismos, sin un armazón o marco metodológico, resultan suficientes para dar cuenta universal del progreso científico, de modo que en los modelos más actuales sobre el progreso del conocimiento científico están presentes claramente elementos pertenecientes a las tres vías de análisis reseñadas. En este camino, estas disciplinas crean y recrean su propia dinámica en torno a la ciencia como objeto de conocimiento, sus polémicas y dialécticas particulares y especializadas, hasta el punto, que en ocasiones resulta bastante difícil distinguir si el objeto de las discusiones resulta de un conflicto esencialmente científico o de un conflicto entre las propias posiciones filosóficas construidas por los investigadores especializados en epistemología, historia o sociología.

Los planteamientos sobre la ciencia citados han sido desarrollados y conducidos bajo paradigmas de tipo filosófico, histórico o sociológicos, externos, por tanto, a los paradigmas científicos, aunque en ocasiones, científicos célebres han intentado reflexionar también sobre estos temas, y precisamente, estos escritos con contenido no específicamente técnico o científico, son también fuentes importantes para los análisis sociológicos e históricos. Desde diversas instancias se ha intentado reducir la reflexión sobre la ciencia (metodológica, histórica o sociológica) a las categorías y esquemas propios de la ciencia empírica que tratan de analizar, generando posiciones que se han denominado científistas, que hoy día parecen sin perspectivas de éxito (Radnitzky & Andersson, 1982).

Los planteamientos filosóficos sobre la ciencia han sido planteamientos críticos, porque el método crítico es esencial en la filosofía, la historia y la sociología ... y también, en la ciencia, pero la reflexión crítica es tan radicalmente diferente en las ciencias humanas y en la ciencia, que muchos científicos que toman contacto con textos de epistemología, historia o sociología de la ciencia se sienten incómodos con el tipo de críticas que se leen sobre la actividad que constituye su trabajo diario. Estas críticas, lejos de percibirse como reflexiones legítimas, son percibidas por los científicos, en muchos casos, como ataques a la ciencia cuyo fundamento no se comprende bien, de modo que se consideran parte del trabajo inevitable con que emplean su tiempo los filósofos. De hecho, y aunque cada vez existe un mayor número de científicos que se aproximan a los temas epistemológicos, históricos y sociológicos de la ciencia, las críticas externas hacia la ciencia no han contribuido, aparentemente, a modificar las prácticas y usos de los científicos en sus laboratorios, ni tan siquiera existen pruebas de que muchos de los más eminentes

científicos del mundo tengan ningún tipo de formación o conocimiento epistemológico o sociológico. El conocimiento científico es producido por y para los humanos, de modo que la calidad de sus contenidos y su credibilidad dependen del ejercicio por los científicos de sus poderes como observadores, como informadores, como evaluadores y asimiladores del conocimiento, como expertos autorizados, y en general como representantes delegados de toda la humanidad en su trabajo. Por tanto, la eficacia para modificar la trayectoria de la ciencia en el mundo actual proviene más de fuerzas internas a la ciencia, de la reflexión de los propios científicos (piénsese, por ejemplo, en el caso paradigmático de Robert Oppenheimer) que de la oposición ideológica construida desde la epistemología o sociología.

El conocimiento científico pertenece, en último término, a toda la humanidad, y los científicos son los profesionales especializados en la creación de ese conocimiento y responsables de ello ante la sociedad. Geymonat (1980) utiliza el término de patrimonio científico-técnico para referirse a ese conjunto, tan complejo y contradictorio a veces, que forman los conocimientos y métodos propios de las prácticas científico-técnicas, los cuales van más allá de las meras teorías científicas formalizadas como tales, englobando desde los factores y variables que configuran la dimensión histórico-social de los acontecimientos científicos, hasta los logros científico-técnicos y su entrelazamiento, y pasando, también, por el conjunto de las teorías científicas. Sin embargo, por diversas razones muchos científicos eluden su responsabilidad social, que se manifiesta en un pobre ejercicio del deber de informar a la sociedad sobre sus logros y actividades; filósofos y sociólogos tienen una ventaja respecto a los científicos en la aldea global de la comunicación: están más frecuentemente presentes en los medios y suelen tener habilidades comunicativas mejores que los científicos, pues hablan en un lenguaje más próximo al hombre de la calle que los científicos. Así, nos encontramos que aunque la reflexión crítica sobre la ciencia no ha penetrado en el sistema mismo de la ciencia, sí que ha calado en la sociedad como una cierta actitud de oposición a la ciencia, que con frecuencia ha explotado, desproporcionadamente, los aspectos ambivalentes y negativos de la ciencia y la tecnología. Esta oposición a la ciencia surge desde perspectivas y situaciones muy diferentes, e incluso, contradictorias, lo cual mina su credibilidad ante los científicos e impide la penetración en el sistema socio-científico de aquellas ideas más válidas y fructíferas para mejorar el sistema. Así, desde posiciones conservadoras se teme que la ciencia destruya el mundo tradicional que posee tantos aspectos queridos para las personas; desde la perspectiva del progresista, que aspira a construir un paraíso en este mundo, la ciencia es una amenaza contaminadora que lo puede impedir; los aristócratas se ponen en guardia ante la capacidad igualadora de las máquinas, mientras los demócratas se retraen ante las posibilidades tiránicas de la tecnología. En el otro extremo se dan también posiciones excesivamente aduladoras para la ciencia, carentes también de sentido realista: la creencia firme en el inevitable y automático predominio de la ciencia; en que la planificación y el progreso científicos nos conducirán a una vida más confortable en el futuro y que la conquista del espacio es un objetivo irrenunciable en esta carrera.

Comenzar un trabajo sobre la ciencia con una buena definición del objeto de estudio podría ser una manera deseable, y tal vez muy efectiva, de enfocar el tema. Sin embargo, sólo los ingenuos serían capaces hoy de intentar tal programa de trabajo; la ciencia es una actividad humana tan compleja y tan aceleradamente cambiante que es imposible juzgarla con unas pocas frases o reflexiones, por muy afinadas y atinadas que sean. Las extremas posiciones dibujadas en el párrafo anterior no permiten sostener una postura única válida sobre la ciencia, pero desde una postura realista y sensata no puede borrarse la parte de realidad que aportan, tanto las críticas más acervas que ven en la ciencia una fuerza inhumana, incontrolada y materialista, como las posiciones más científicas que ven en la ciencia la solución a todos los problemas de la humanidad. Algo hay de cierto en una y otra posición que hacen de la ciencia ese ente ambivalente, cuyos resultados son extraordinarios para la humanidad, cuyos peligros y amenazas son también identificados por medios científicos, y en suma, que merece desde hace años la atención de científicos, pensadores, escritores y artistas. No obstante, sin pretender establecer definiciones excluyentes, puede ser ilustrativo adelantar algunas consideraciones sobre el sentido que se da a la ciencia, desde algunas instancias autorizadas. Popper (1974) en su mundo 3 (el dominio noético) considera ciencia todos los contenidos lógicos de los libros, bibliotecas, memorias de computadores, etc. Polanyi (1958) considera la ciencia un sistema coherente de conocimiento superior, apoyado por las personas que mutuamente se reconocen como científicos y reconocido por la sociedad moderna como su

guía. Carvie (1972) subraya el carácter de ideas que han sido comunicadas y, que por eso, residen en el reino público y social. El conocimiento científico no es simplemente la suma total de todas las observaciones, hechos, datos, medidas, fotografías, etc. que los científicos acumulan en la práctica de su trabajo; quizá lo más importante de todo es la estructura interpretativa que la comunidad científica construye con los datos acumulados y comunica articuladamente en forma de estructuras con sentido y coherencia, denominadas teorías. El trabajo de los científicos consiste fundamentalmente en construir, comunicar y evaluar públicamente las teorías y conseguir un máximo consenso en ese dominio público. La base de ese consenso surge del trabajo de personas independientes que comparten un conjunto de sentidos comunes, es decir, compartidos por todos los seres humanos, como las estructuras mentales y los sentidos de la percepción.

La ciencia es, ante todo, una forma de búsqueda permanente de conocimiento, un conocimiento que se pretende fiable, creíble y público. Toda la estrategia de la ciencia se dirige a lograr el máximo consenso sobre el conocimiento en el dominio público, basado en la armonía mental entre seres humanos independientes, desde una tensión un poco esquizofrénica: se alienta la innovación, pretendiendo conservar los logros del pasado; se estimula la disensión pero se busca el consenso; se favorece la competencia entre los científicos, pero éstos deben ser simultáneamente los guardianes de la ortodoxia. Como puede suponerse, la fiabilidad y la objetividad resultante para este conocimiento está lejos de la simplicidad dogmática que muchos profanos parecen exigirle. Así, es usual que la opinión pública se vuelva hacia las autoridades científicas para buscar respuestas claras y terminantes a problemas acuciantes, y se queda escéptica y frustrada, al ver que muchas de las cuestiones no tienen respuesta, o que los propios científicos dan respuestas diferentes, cuando no contradictorias. La ciencia como cuerpo de conocimiento no es un instrumento tan acabado ni tan sencillo de manejar para encontrar respuestas inmediatas a las cuestiones que se puedan plantear como si se tratase de un simple diccionario. La ciencia de la que se hablará en este estudio es la ciencia que inicialmente se conoció como filosofía natural, y hoy día está integrada por todas las disciplinas que intentan ampliar el conocimiento de la naturaleza. Intentar explicar los logros y los límites de la ciencia, así como las consecuencias que se deducen de ellos para la educación general es el objetivo fundamental de este estudio.

La ciencia es algo más que conocimiento puramente personal, antes bien una característica básica de la ciencia como conocimiento es que pueda comunicarse, compartirse, y sobre todo, discutirse entre las personas. Para minimizar los problemas de comprensión, derivados de la comunicación, la ciencia siempre se ha caracterizado por expresarse en lenguajes públicos e inequívocos, en particular, lenguajes altamente formalizados, como las matemáticas. Los instrumentos de comunicación entre los humanos son limitados y contribuyen a determinar la forma de los mensajes, e indirectamente, alguna parte del contenido factual sobre el mundo natural que conforma el conocimiento científico. Sin embargo, se verá que ni la lógica de la comunicación inequívoca, ni toda la sofisticada instrumentación tecnológica a disposición de la ciencia, ni los estrictos métodos y normas de la investigación podrán evitar la falibilidad de las proposiciones y teorías ... ¡pero así, la investigación científica resulta más arriesgada y emocionante, sin duda!

La ciencia se aborda en este estudio con una pretensión principalmente educativa, y esto debe ser una circunstancia siempre presente. El pensamiento crítico sobre la ciencia, en particular, la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia, tiene por sí mismo un interés obvio e indudable para esas tres áreas de conocimiento que lo patrocinan, y quizá menos para la propia ciencia y los propios científicos, que parecen bastante ajenos y refractarios a este tipo de análisis sobre la ciencia, en los que suelen percibir una oposición o ataque a la ciencia que no comprenden bien, suscitando una perezosa indignación antes quienes tienen la osadía de criticar su trabajo sin entender mucho de él. Desde la perspectiva educativa, el pensamiento crítico sobre la ciencia tiene un interés indudable para contribuir a corregir aspectos fundamentales de la educación en ciencia, especialmente para los alumnos que no van a tener una formación científica posterior y para quienes el objetivo básico es alcanzar lo que se denomina una alfabetización científica de calidad. Una persona tecnológica y científicamente alfabetizada debería ser capaz de :

* Usar los conocimientos, procedimientos y valores científicos en la vida diaria, de forma crítica para tomar decisiones e interactuar con otras personas y el entorno.

- * Comprender los procesos de innovación y de productividad tecnológica.
- * Comprender que el conocimiento científico depende de la investigación y de las teorías conceptuales sobre la naturaleza.
- * Distinguir la evidencia científica de las opiniones personales.
- * Reconocer las limitaciones, el impacto y la utilidad de la C&T para el bienestar humano.
- * Comprender el origen humano del conocimiento, y por ello, su naturaleza provisional.
- * Apreciar el trabajo científico de otras personas.
- * Tener una visión más rica y atractiva del mundo.
- * Adoptar valores científicos provechosos como disfrutar del conocimiento, la curiosidad y la emoción de la investigación, especialmente por su interés para asuntos sociales.
- * Continuar aumentando sus conocimientos científicos a lo largo de la vida.
- * Comprender las tecnologías necesarias para el desarrollo global y sostenible de la sociedad.
- * Estar familiarizado con las formas tecnológicas que amplían las capacidades científicas y tecnológicas.

Tradicionalmente, la imagen de la ciencia y la metodología científica que se transmite en las aulas es forzosamente una caricatura resumida y sintética, y por ello, se amplifican los riesgos de una imagen distorsionada e inadecuada respecto al modelo diseñado desde una perspectiva epistemológica, histórica y sociológica, como corroboran los estudios de la interacción en la clase y de los libros de texto utilizados en ellas. Si estos aspectos no se educan explícitamente en el aula, la formación se deja en manos de la educación informal y del currículo oculto, que puede conducir a resultados deformados en la educación científica que son bien conocidos y se analizarán con detalle. La educación distorsionada respecto a la ciencia a la que nos referimos no se identifica con el mal o difícil aprendizaje de los contenidos propios de la ciencia (por ejemplo, las leyes de Newton, la ley de Lavoisier o el modelo del átomo), sino que se corresponde más bien con la forma como esos contenidos científicos son presentados por el profesorado y asimilados por el alumnado y la imagen global de la ciencia que se transmite a través de esa forma didáctica. La educación de esos aspectos no pretende hacer que el alumno sepa más contenidos o sepa como hacer más cosas (procedimientos), sino más bien que el alumno sepa como funciona realmente la ciencia, o como se comportaría un científico medio, o en otras palabras, sepa saber ser científico. El conocimiento de saber ser alguien o saber comportarse como alguien está apuntando al corazón de la educación como formación integral de las personas y es lo que en lenguaje técnico se denomina la educación de las actitudes o educación en valores. Por tanto, desde una perspectiva educativa, el pensamiento crítico sobre la ciencia aporta numerosos elementos educativos y muy interesantes para una educación actitudinal en ciencia, útil, adecuada y necesaria para el ciudadano actual, obligado a vivir en un mundo inundado de ciencia y tecnología. En suma, este estudio sobre los aspectos epistemológicos, históricos y sociológicos de la ciencia es un análisis de esos aspectos buscando su aplicación práctica para una educación actitudinal en ciencia más útil y adecuada, pero también más humanizadora, para el ciudadano del mundo tecnificado actual.

UNA DESCRIPCIÓN APROXIMADA SOBRE LA CIENCIA

Definir la ciencia es una tarea compleja, porque las actividades, conocimientos, objetos, y personas relacionados con este vocablo son múltiples y multiformes. Etimológicamente, ciencia significa conocimiento, pero este significado es muy amplio. Históricamente, las diversas disciplinas de conocimiento han venido definidas por el tema de estudio que les es propio (y que ellas mismas determinan), adoptando, en muchos casos, desde el punto de vista semántico, una denominación constituida por un prefijo referido al tema de estudio y el sufijo griego "logos", que se adapta en castellano como "-logía". Así, surgen muchas de las denominaciones de disciplinas que hoy conocemos como teología, psicología, sociología, tecnología, biología, filología, geología, ... y la metadisciplina de todas las disciplinas, la epistemología, o ciencia de la ciencia. Una segunda acotación restringe la ciencia al conocimiento y estudio de la naturaleza, que significa el estudio de la materia y la energía, y las leyes que las gobiernan. La palabra alemana ciencia (wissenschaft) añade el sentido de conocimiento sistemático y organizado.

Aún con estas precisiones, la denominación ciencia sería todavía suficientemente amplia como

para incluir conocimientos, a los que no nos referiremos (como por ejemplo, los sociales) en este estudio; la utilización de métodos esencialmente observacionales y cuantitativos propios, y cuya naturaleza se irá desgranando más adelante, podría ser otro elemento diferencial importante de la ciencia. La ciencia, como el arte, la literatura o el derecho es una actividad humana, realizada por humanos y para los humanos, lo cual es la base principal de su limitación (sólo permite hacer aquello que esté al alcance de los humanos), pero también la base de su autoridad, que reside en los métodos de ganar conocimiento, entre los cuales la observación es esencial.

La persona de la calle suele entender la ciencia como una actividad que realizan los científicos en sus laboratorios y cuyos descubrimientos han posibilitado los avances en la industria y la medicina. Esta imagen popular es demasiado grosera porque dejaría fuera muchas actividades claramente científicas, como por ejemplo, las actividades de resolución de problemas realizadas en las fábricas, porque no se realizan en laboratorios ni por científicos cualificados, y por otro lado, tampoco entrarían en ella actividades realizadas por científicos cuando no tienen aplicación directa en la industria o medicina.

Algunas personas distinguen entre dos formas de ciencia, pura, como una actividad intelectual (investigación básica) y aplicada, como una actividad para obtener conocimiento útil y práctico (ciencia aplicada y tecnología). En la práctica, no existe ningún criterio claro que permita diferenciar entre ambos tipos de ciencia, de manera que la distinción entre los diferentes procesos que se pueden seguir para obtener conocimiento no es esencial. Un movimiento educativo denominado Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), precisamente, enfatiza el carácter integrado de la ciencia y la tecnología (C&T) y la importancia de sus relaciones con la sociedad para promover una educación en ciencia más adecuada para una sociedad que cambia continuamente sus demandas y su cultura. Algunos rasgos de un currículo CTS podrían ser:

- * Participación activa del estudiante en el planteamiento de los problemas actuales y reales y sus soluciones (procesar información, formular opciones, emitir juicios, contrastar con otros, etc.).
- * Considerar tanto los factores científicos y de conocimiento como los factores sociales, económicos, políticos, ambientales, etc. en la solución de los problemas.
- * Enfatizar las destrezas de resolución de problemas, toma de decisiones, juicios éticos y síntesis de conocimientos.
- * Aplicar los conocimientos de ciencia y tecnología para acciones planeadas e intencionales.
- * Trata temas de C&T actuales y relevantes para la sociedad, la nación o la existencia humana en general (contaminación ambiental, escasez de recursos, fuentes de energía, industrialización, armamentos, etc.).
- * Producir conocimientos significativos para el contexto de la vida diaria de los estudiantes, en particular, las implicaciones personales y sociales del conocimiento sobre C&T, de modo que se relacione la escuela con la vida real fuera de la escuela..
- * Relacionar la C&T con su influencia social y económica, y viceversa.
- * Establecer lazos transversales entre el currículo CTS con otros currículos de ciencias sociales, literatura, humanidades, artes, etc.
- * Cambiar el enfoque del aislamiento curricular de la C&T, para llevarlo hacia una relación con planificar, realizar y comprender más y mejor el mundo y la vida.

Las definiciones sobre la ciencia que científicos y filósofos han ensayado a lo largo del tiempo han sido muchas y muy variadas. En realidad, resulta imposible para cualquier definición de ciencia recoger con precisión todos los aspectos relativos a los temas, los procesos, los métodos, los valores, la sociología, el progreso, las controversias, las motivaciones, etc. implicados en el ejercicio de la ciencia, y por eso, aunque aquí se hará un pequeño inicio a modo de introducción, una revisión y análisis más profundos se llevarán a cabo en sucesivos capítulos.

El extraordinario éxito y progresos alcanzados en los últimos tres siglos por la disciplina denominada en los primeros tiempos "filosofía natural", más tarde, ciencia natural y después ciencia, a secas, han rodeado a la ciencia, los científicos y sus realizaciones de una aureola de prestigio y consideración enormes. Debido a esta aureola prestigiosa, en el último cuarto de siglo es claramente perceptible un movimiento de etiquetas donde las distintas disciplinas cambian sus denominaciones genuinas por otras que incluyen miméticamente la palabra ciencia; así, la pedagogía se transforma en ciencias de la educación, la psicología en ciencias de la conducta, la historia o la sociología se renombran

como ciencias sociales, la economía se redenomina ciencias económicas, etc. Entre otros efectos, esta utilización exagerada ha producido una extraordinaria inflación del vocablo ciencia, un vaciado del contenido y un cierto confucionismo, pues ya no se sabe de que ciencia se habla cuando se emplea este término. Pues bien, aún a riesgo de resultar ocioso, debe afirmarse que, al menos en este trabajo, cuando se emplee la palabra, a secas, ciencia o ciencias, se refiere única y exclusivamente a las ciencias naturales y a su metodología específica de conocimiento del mundo natural, es decir, se refiere al cuerpo de conocimientos sobre la naturaleza construido por los humanos y obtenidos por métodos basados en la observación de la naturaleza (a diferencia del pensamiento filosófico), pero no limitados sólo a eso.

Una de las primeras exigencias que requiere cualquier investigación sobre actitudes es intentar definir con precisión el objeto de la actitud. En este trabajo se pretende continuar una aproximación investigadora hacia las actitudes relacionadas con la ciencia, ya iniciada en un trabajo anterior (Vázquez & Manassero, 1995). El objeto de la actitud investigada es la ciencia (y la tecnología), y por tanto, como primer objetivo, es necesario precisar el concepto de ciencia y sus características, para después intentar valorar las actitudes relacionadas con ella. Más adelante se justificará en detalle como ciencia y tecnología son, actualmente, en las sociedades desarrolladas, sistemas aliados e imbricados mutuamente hasta tal punto que resulta difícil distinguir entre ambos, de modo que ambos, ciencia y tecnología, se consideran paralelamente en este estudio y como un único ente, la tecnociencia, que se introducirá y justificará en su momento.

En un párrafo anterior ya se ha renunciado al programa de trabajo encabezado por la definición de ciencia por ser una empresa difícil y que plantea numerosos problemas epistemológicos, dada la complejidad del ente a definir. Sería necesaria una definición tan amplia que abarcara los múltiples aspectos básicos de ambas, desde los aspectos científicos, a los programáticos o normativos, pasando por los históricos. No obstante, de alguna manera es necesario ofrecer una introducción a ella que contribuya a puntualizar los principales aspectos que luego se discutirán más en profundidad desde las perspectivas epistemológicas, sociológicas y tecnológicas.

La investigación sobre la naturaleza de la ciencia ha decantado dos aproximaciones principales para acercarse a una comprensión de lo que es la ciencia: una de tipo más filosófico o teórico - epistemológico -, que trata de penetrar metateóricamente en la naturaleza del conocimiento científico (la ciencia de la ciencia), y otra histórico-social, de tipo más narrativo, que describe como han evolucionado y se han consolidado determinadas prácticas científicas, en relación con la historia y la sociedad. Siguiendo este esquema general analizaremos en primer lugar los argumentos epistemológicos y después los análisis socio-históricos, aunque como se comprobará, la complejidad e interrelación de muchos de estos temas es tal, que no se puede establecer una separación, no ya rígida, sino medianamente disjunta entre los distintos rasgos y características que se considerarán. Como se ha sugerido en los párrafos anteriores, las aproximaciones más valiosas resultan cada vez más integrales y globalizadoras, teniendo en cuenta a la vez, los elementos epistemológicos, históricos y sociológicos y este es el camino que se seguirá en la primera parte. Posteriormente, se considerará la naturaleza de la tecnología y su convergencia y relaciones actuales con la ciencia. A lo largo de todos ellos se irán decantando las características centrales y las polémicas más ricas que conforman la ciencia como ese modo complejo, pero extraordinariamente eficaz, de llegar al conocimiento de la naturaleza. Desde la perspectiva educativa, el análisis servirá para definir las distintas unidades de contenido actitudinal susceptibles de ser educadas en la clase de ciencia.

CAPÍTULO 2. EPISTEMOLOGÍA DE LA CIENCIA

Muchos historiadores quieren ver el nacimiento de la ciencia occidental, sobre el siglo VI a.C., entre los filósofos de la antigua Grecia clásica (Tales, Anaximandro, Anaxímenes, Demócrito, Heráclito, Platón, Aristóteles, ...), y otros posteriores, deudores de ellos (Arquímedes, Eratóstenes, Euclides ...), porque se plantearon, por vez primera, dar una explicación racional de algunos fenómenos de la naturaleza, tales como el movimiento de los planetas y estrellas, la constitución de la materia, etc.

La más novedosa aportación de los pensadores griegos es la aplicación de la razón como criterio de explicación, aunque su pensamiento tiene todavía un alto grado de especulación y está muy imbuido de recurrencias míticas o mágicas, que habían sido hasta la fecha, y serían todavía después, en muchas culturas, el lugar común del pensamiento. No obstante, los griegos se plantean por primera vez problemas complejos y significativos, contrastando la utilidad y validez de las soluciones alcanzadas, mediante el uso de la razón y su metodología asociada, el rigor deductivo del razonamiento lógico. La geometría era considerada el ejemplo de la perfección en la ciencia.

Sin embargo, la otra cara de la moneda del pensamiento clásico hacia la posteridad es la imposición de la filosofía de Aristóteles y el olvido de las ideas interesantes de los otros pensadores; el peso del pensamiento aristotélico introdujo al pensamiento natural de occidente en un largo túnel, que costó superar varios siglos. Los numerosos errores cometidos en sus prescripciones respecto a la física de los objetos fue una rémora respecto a cualquier idea novedosa opuesta a ellos.

Por ello, el renacimiento de la ciencia occidental, datado en el siglo XVII y configurado en torno a las figuras de Galileo y Newton, honorablemente precedidas por las de Tycho Brahe, Copérnico o Kepler, tuvo caracteres de una verdadera revolución, pues no en vano debió abrir el túnel y levantar la losa de siglos que había sedimentado el pensamiento aristotélico. En síntesis, se puede decir que la nueva y decisiva arma revolucionaria fue la observación y experimentación (con las mediciones asociadas a ellas), para contrastar las prescripciones sobre la naturaleza. Éstas, junto con el razonamiento lógico, comenzaron a configurar las bases de una nueva metodología para el estudio de la naturaleza. La referencia empírica elimina la especulación subjetiva, alcanzando cotas de objetividad y universalidad desconocidas hasta entonces, de modo que el nuevo conocimiento científico surgido de esta metodología es no sólo un conocimiento razonado deductivamente, sino que además es un conocimiento sustentado empíricamente (razonado inductivamente), lo cual le confiere una fiabilidad intersubjetiva de la que emana el prestigio de sus formulaciones. El inductivismo o razonamiento inductivo se basa en la observación de la naturaleza abierta y libre de prejuicios, concretando las observaciones en medidas, clasificaciones o enunciados singulares. El paso de abstracción entre las medidas, clasificaciones y enunciados singulares hasta su generalización en un enunciado universal (ley) se denomina salto inductivo, que, mediante deducción, puede ofrecer nuevos enunciados desconocidos o consecuencias.

El progreso y sofisticación de la ciencia gracias al pensamiento inductivista fue extraordinario, y sobre todo en mecánica, sentó las bases de una visión mecanicista y realista del mundo que hicieron nacer una utopía optimista sobre el control infalible de los acontecimientos por las leyes de la mecánica. La formalización máxima de este pensamiento fue plasmada en la corriente denominada empirismo lógico, culminado como movimiento positivista en el Círculo de Viena, en la primera mitad del siglo XX, entre otros, por Carnap (1977) o Reichenbach (1966). Según las tesis inductivistas, la ciencia se inicia sobre la base de la observación, que produce enunciados observacionales singulares (se refieren a un acontecimiento concreto), cuya verdad se establece con toda seguridad por un observador cuidadoso, cualificado y libre de prejuicios. Las leyes y teorías científicas son enunciados universales (se refieren a todos los acontecimientos de un mismo tipo) que se obtienen como generalización de las observaciones singulares, cuando se cumplen ciertas condiciones (gran número, diversidad de condiciones e inexistencia de observaciones contrarias) en lo que se denomina el principio de inducción. Las leyes y teorías, aplicando la lógica y el razonamiento deductivo, permiten sacar consecuencias, que se utilizan como explicaciones y predicciones. La concepción inductivista de la ciencia tiene un cierto encanto y atractivo porque ofrece una interpretación sencilla de la naturaleza de la ciencia; la imagen de la ciencia que resulta de esta concepción resalta la objetividad y la fiabilidad (por basarse directamente en la observación). No obstante, debido a las críticas incontestables que analizaremos en párrafos posteriores, algunos

inductivistas complican ese inductivismo ingenuo del párrafo anterior por otra versión más sofisticada, que admite la existencia también de un conocimiento teórico obtenido por la creatividad del descubrimiento, que después debe ser justificado empíricamente. Esta versión positivista separa el modo de descubrimiento de leyes y teorías de su contexto de justificación, para salvar la crítica que la ciencia comienza siempre en la observación.

La epistemología o filosofía de la ciencia ha tenido un extraordinario desarrollo a lo largo de este siglo, analizando en profundidad la naturaleza de la ciencia, es decir, todos los valores y supuestos que caracterizan la actividad científica, contribuyendo a precisar el sentido del método científico y las prácticas y actividades de los científicos, aumentando la precisión de lo que se entiende por ciencia, y en consecuencia, lo que debe ser una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia. Dentro de la corriente que se suele conocer en filosofía de la ciencia, como racionalismo, se plantean dos posiciones conflictivas principales: por un lado, el empirismo lógico desarrollado por el círculo de Viena y seguidores, que defienden opiniones inductivistas, infalibilistas y realistas sobre el conocimiento científico, y por otro, las posturas popperianas falsacionistas y sus herederos filosóficos (Lakatos, Toulmin, etc.). Por otro lado, la discusión filosófica sobre la racionalidad y el progreso científico ha sido enriquecida por los análisis de tipo histórico iniciados por Kuhn y su tesis sobre las revoluciones científicas, que mejorada por sucesivas aportaciones, resaltan el papel ineludible del análisis histórico para contribuir a precisar algunos conceptos (Feyerabend, Laudan, Fourez, etc.). Las posiciones epistemológicas e históricas representan dos posiciones firmes de análisis de la ciencia, que se complementarán en un posterior capítulo con los análisis sociológicos, deudores del enfoque histórico, y que se considerarán más adelante.

El creciente desarrollo de los análisis epistemológicos han servido para profundizar la reflexión sobre qué es esa cosa llamada ciencia, superando los viejos y nuevos planteamientos positivistas, excesivamente ligados al empirismo lógico. Además Popper (1977), Kuhn (1962), Lakatos (1983), Feyerabend (1970), Toulmin (1972) y Bunge (1976, 1980) representan distintas posiciones de análisis y crítica que han contribuido a acotar y precisar algunos aspectos esenciales de la ciencia y la metodología científica a la que han contribuido numerosos filósofos de la ciencia como Chalmers (1993), Hempel (1979), Laudan (1986), Nagel (1961), Polanyi (1958), Quine (1981) y Ziman (1981) quedando deudores de todos los que no son nombrados aquí, que aparecen en la bibliografía de citas, y de todos aquellos otros que no aparecen por la natural limitación de este estudio.

EL REALISMO FALSACIONISTA

En 1934, Karl Popper plantea las primeras críticas serias al modelo del empirismo lógico como representación idónea del método científico, atacando dos grandes puntos débiles del empirismo inductivista. En primer lugar, la observación (medida o clasificación) neutra u objetiva respecto al objeto no sólo es problemática, sino que es una ficción; la observación depende de la teoría. La psicología de la percepción ha demostrado que nuestros sentidos (ni los del más avezado observador) no son fiables: las percepciones están influidas por la experiencia, el conocimiento previo, las expectativas y el estado interno del observador. El científico no observa (mide o clasifica) la realidad en el vacío, sino a través de unas anteojeras, que son sus propias hipótesis iniciales sobre lo que espera ver, o sus teorías previas sobre el problema que investiga, de manera que la pretendida objetividad de la medida es relativa, en tanto en cuanto va guiada por una teoría previa (la teoría estructura la observación), o en sentido inverso, la observación estructura un modelo teórico (lo cual no quiere decir, ni de lejos, que estemos en la pura especulación). Los datos desnudos no poseen una pretendida objetividad que no existe, son simplemente descripciones útiles en función de un proyecto concreto, de modo que la objetividad reside en la institución social que sustenta el proyecto (Fourez, 1994). Aunque pueda parecer ocioso, estas consideraciones no pretenden ni siquiera insinuar que es imposible la observación y la comunicación científicas, sino sólo que éstas no tienen el carácter absoluto de objetividad y fiabilidad que les confiere el empirismo inductivista, sino que los enunciados universales observacionales producidos pueden tener una base perceptiva cierta, pero su formulación se realiza siempre en un marco teórico, que trasciende ya la mera observación. Por tanto, los enunciados observacionales son tan falibles como las teorías que

permiten formularlos, y por tanto, están lejos de ser una base segura e infalible de las leyes y teorías científicas.

En segundo lugar, desde el punto de vista lógico, el salto inductivo es un salto en el vacío (injustificable), quedando, por tanto, muy lejos de otorgar infalibilidad a sus generalizaciones; por otro lado, las condiciones de validez de la inducción no son nada objetivas, antes bien son vagas y equívocas y su cumplimiento se debe determinar apelando también al conocimiento teórico previo de la situación. Por tanto, la teoría desempeña un papel esencial antes, durante y después de la observación. Ante estos inconvenientes, algunos inductivistas han atenuado la validez del principio de inducción reduciéndolo a una verdad de mayor probabilidad; la crítica falsacionista propone que este principio no constituye la base del conocimiento científico.

El falsacionismo de Popper (1977) resalta la asimetría lógica entre la refutación y la confirmación en la contrastación empírica de las hipótesis. Así, mientras que nunca se puede decir que una hipótesis está definitivamente y absolutamente confirmada, por numerosos que sean los resultados favorables confirmatorios (debido a la endeblez del principio de inducción), basta un sólo hecho contrario, o refutación, bien fundada, para que la credibilidad de la hipótesis quede dañada, si no definitivamente falsada. Es más, la repetición de contrastaciones, lejos de aumentar la corroboración de una teoría, producen una disminución de los rendimientos, por la súbita percepción que los sucesivos resultados de confirmación se han integrado en el conocimiento básico de la teoría, de modo que se acepta provisionalmente ese conocimiento como aporético y deja sin sentido la repetición innecesaria de confirmaciones equivalentes. De ahí la insistencia de los popperianos en que las potenciales falsaciones deberían ser consecuencias directas de la teoría, pero no subsumidas en ella como conocimiento básico.

En realidad, la falsabilidad es el criterio o condición que los popperianos exigen a cualquier conjetura científica para ser aceptada provisionalmente como potencial descripción o explicación de la naturaleza; una hipótesis es falsable si es capaz de generar uno o varios enunciados observacionales que sean incompatibles con ella, esto es, que su verificación falsaría la hipótesis. Una teoría o ley es falsable si hace afirmaciones claras y definidas sobre la naturaleza, de modo que la posesión de un contenido informativo es paralelo a correr el riesgo de falsación. Desde esta perspectiva, una teoría será considerada tanto mejor cuanto mayor alcance tenga su contenido informativo, lo cual significa que será sumamente falsable, y también, cuanto mayor número de falsaciones sea capaz de superar; por tanto, la práctica científica consiste en estimular las conjeturas más audaces y falsables, seguidas de intentos deliberados de falsarlas. La falsabilidad requiere que la teoría sea formulada con claridad y precisión, y no de forma vaga o indefinida, que sería una estrategia elemental para evitar o impedir la falsación.

Debido a la importancia que tiene la falsación como instrumento para desechar conjeturas, la ciencia se conforma como un proceso iterativo de ensayo y error, de modo que las falsaciones, como hitos más importantes del desarrollo científico, resaltan el papel didáctico de los errores y la necesidad de aprender de ellos, ya que los científicos se ven continuamente enfrentados a resolver los problemas derivados de la falsación de hipótesis. La consecuencia más importante del falsacionismo metodológico es que el conocimiento científico es siempre falible y provisional, nunca absoluto, ni definitivo; es un conocimiento hipotético (conjeturas) y falsable (capaz de ser sometido a refutación empírica), siempre sometido a falsación, y resulta tanto mejor cuanto más falsaciones haya superado y sea capaz de generar. Las teorías se pueden falsar a la luz de las pruebas, esto es, se pueden rechazar concluyentemente, pero nunca se pueden considerar definitivamente confirmadas sean cuales sean las pruebas acumuladas, esto es, son siempre provisionales.

Sin embargo, el concepto de falsabilidad es demasiado negativo; es la expresión máxima del escepticismo y el hipercriticismo en la ciencia, con respecto a lo que se ha probado más allá de toda duda y que es creído firmemente. La principal objeción al falsacionismo se basa en que las falsaciones de las teorías no son tan concluyentes ni tan simples como se sugiere, pues se asientan sobre el supuesto que existen enunciados observacionales completamente seguros a la hora de falsar algo (en aplicación de la propia tesis falsacionista, también serían falibles, y por tanto, controvertibles). Dicho con otras palabras, la exageración puesta en dudar de las teorías, aplicada al caso que un resultado observacional contradice una teoría, desde el punto de vista lógico nos llevaría a poner en duda los dos ... y esperar posteriores falsaciones de ambos. La historia de la ciencia ofrece ejemplos de estas falsaciones, donde a veces, la

teoría ha salido indemne de aparentes refutaciones, mediante la falsación posterior de la hipotética refutación; en todo caso, la historia evidencia que una única refutación de una teoría no es suficiente para ser abandonada. Las propias situaciones reales de prueba son tan complejas que implican numerosos enunciados teóricos y observacionales, a veces sólo afectan a parte de las teorías, influyen las teorías añadidas para dar cuenta del funcionamiento de los instrumentos de observación, etc. En suma, ante una falsación no resulta sencillo excluir la propia situación observacional (y no la teoría misma que se prueba) como responsable del resultado obtenido. Por otro lado, el análisis histórico demuestra que si la metodología falsacionista fuera un modelo adecuado para la actuación de los científicos ninguna de las grandes teorías de la física (por ejemplo, la teoría newtoniana o el modelo de átomo) hubieran sobrevivido lo suficiente para producir la fecundidad de avances que originaron. Estas objeciones apuntan a la incompatibilidad de la descripción falsacionista con el progreso histórico real de la ciencia, y sientan las bases de otros análisis para producir un modelo epistemológico más conciliador entre la confirmación y la falsación.

La línea post-falsacionista de Lakatos (1983) se centra en el concepto de programa de investigación: conjunto de teorías caracterizadas por una cierta continuidad entre sus elementos y un conjunto de reglas metodológicas que señalan las vías a seguir o a evitar. El programa está formado por un núcleo central de conocimientos, dura y tenazmente resistente a las refutaciones, rodeado de un cinturón protector de hipótesis auxiliares. El programa tiene la capacidad de guiar la investigación, mediante una heurística negativa, o exigencia que estipula la infalsabilidad del núcleo central durante el desarrollo del programa, como una decisión metodológica de sus protagonistas. Además, el programa debe tener lo que Lakatos denomina una heurística positiva, esto es un conjunto de sugerencias que indican como se puede desarrollar el programa, cuyo objetivo es explicar fenómenos conocidos y conducir al descubrimiento de otros nuevos, mediante el desarrollo y refinamiento del cinturón protector refutable. En la medida en que el programa consiga aquel objetivo se habla de programas progresistas, mientras que si no lo consigue, se consideran degeneradores. La existencia de una línea de investigación coherente y el hecho de conducir al descubrimiento de fenómenos nuevos son las condiciones lakatosianas para ser un verdadero programa científico progresista.

Cuando un programa se ha desarrollado suficientemente, puede someterse pruebas observacionales, teniendo más importancia las verificaciones que las falsaciones (atenuado la importancia exclusiva de la falsación popperiana). Cualquier anomalía entre observaciones y programa no se atribuye al núcleo central del programa sino a cualquier otra de sus hipótesis auxiliares. Dentro de un programa de investigación se considera científica toda metodología cuyas modificaciones o adiciones de hipótesis al cinturón protector no sean ad hoc (es decir, que no estén implicadas en el conocimiento básico de la teoría y sean, a su vez, falsables). La posición de Lakatos permite caracterizar las revoluciones kuhnianas como aquellas situaciones, donde las anomalías son tales, que requieren la modificación de la heurística negativa o núcleo de la teoría.

Existen otras posiciones racionalistas no vinculadas directamente con el falsacionismo popperiano. La epistemología de Mario Bunge (1976, 1980) se construye sobre una base de definiciones lógicas, en particular de los objetos conceptuales y las proposiciones, la referencia y el contenido, que constituyen la base de las teorías científicas y distinguiendo diferentes filosofías según la rama de la ciencia (Física, Biología, etc.). Concibe el método científico como un conjunto de reglas que inspiran la resolución de los problemas de investigación científica. El conocimiento científico es un sistema hipotético-deductivo de proposiciones susceptibles de ser contrastables, empírica o teóricamente, no sólo por los correlatos empíricos sino también por todos los objetos conceptuales del sistema. En este marco de definiciones, Bunge ofrece también una definición de Tecnología, como un cuerpo de conocimientos compatible con la ciencia y el método científico y que controla, transforma o crea cosas o procesos, naturales o sociales; la tecnología es central en la cultura moderna por los múltiples contactos con todos los demás elementos de esta cultura (ciencia, matemática, filosofía, humanidades, arte e ideología).

Esta última idea será uno de los ejes fundamentales de la epistemología evolutiva de Toulmin (1972), por analogía con la evolución biológica: la ciencia es una empresa racional, donde las ideas dominantes de su cuerpo teórico son las que sobreviven a un mecanismo de selección, que surge del consenso racional de la comunidad científica, como las más adaptadas a la ecología conceptual de la

disciplina. Los problemas pendientes de resolver ejercerían una presión selectiva sobre las poblaciones conceptuales, donde la innovación se produce por supervivencia ante la selección. En esta selección influyen los criterios internos (intelectuales) y externos (socio-políticos), y tienen lugar a través de una permanente discusión en el seno de la comunidad, donde juegan un papel crucial los grupos de referencia, depositarios de una autoridad profesional e intelectual, que realizan las apuestas racionales definitorias de las líneas prospectivas de la disciplina. La racionalidad, como criterio del progreso científico, no se identifica con la lógica positivista, antes al contrario, se trataría de adherirse a aquellas ideas y modificar las propias ideas en función de su potencia explicativa; por tanto, la consecuencia más inmediata de esta reflexión es el carácter evolutivo del conocimiento científico, que lo hace relativo y provisional. La reconceptualización del cambio científico de Toulmin sostiene que no existe ningún cambio metodológico o teórico que sea absoluto; la evolución se produce mediante una sucesión de cambios, cuyas diferencias, más o menos grandes en cada caso, son, fundamentalmente de grado.

LOS ANÁLISIS HISTÓRICOS: EL RELATIVISMO

El estudio de la evolución histórica del conocimiento y las teorías científicas ha arrojado nuevas luces sobre las características del conocimiento científico. La evolución de las teorías científicas revela la existencia y desarrollo de estructuras que no captan ni el inductivismo ni el falsacionismo, como es evidente en el caso de la teoría copernicana o newtoniana. Por otro lado, ni la definición, por la necesidad de una recurrencia definidora infinita a otros conceptos, ni la observación como definición ostensible, constituyen procedimientos precisos en la definición de los conceptos; los conceptos científicos no pueden precisarse por esos métodos, de modo que sólo el marco que ofrecen las teorías científicas como totalidades estructurales permite captar el papel de los conceptos en esa estructura y ofrecer, a través de ellos, una definición adecuada. Desde el punto de vista práctico, resulta más fácil admitir y comprender el progreso científico cuanto más estructuradas se vean los conceptos científicos. El desarrollo de esta idea estructural de las teorías científicas ha sido fruto del trabajo de investigación histórica de Kuhn, en una línea de quiebra con el falsacionismo, y por otro lado, en una línea de perfeccionamiento del falsacionismo, llevada por Lakatos y sus programas de investigación.

Kuhn (1962) ha puesto de manifiesto que las concepciones inductivistas o falsacionistas no se corresponden con la evolución histórica de la ciencia. Las dos grandes aportaciones de la epistemología kuhniana son los conceptos de revolución científica y la importancia de las características sociológicas de las comunidades científicas, desarrolladas, con posterioridad, más ampliamente, por la sociología del conocimiento. La historia de la ciencia tiene momentos de preciencia, ciencia normal, crisis y revoluciones. La fase de preciencia se caracteriza por la desorganización y el debate sobre aspectos fundamentales, que finaliza con la adhesión de la comunidad a unas ideas básicas o fundamentos que no se cuestionan (paradigma), iniciando un período de ciencia normal. La ciencia normal o madura se caracteriza por un solo paradigma, dentro del cual, los científicos desarrollan su labor de explicar y predecir de forma aproblemática; los científicos parecen liberados de revisar sus supuestos básicos, y la ciencia es, en este aspecto un "sueño dogmático". En estos momentos normales, la evolución se produce por aproximaciones sucesivas y sin discontinuidades, sin roturas, ni cambio de los fundamentos. Los paradigmas siempre desarrollan dificultades, problemas sin resolver y anomalías, pero tiene capacidad para convivir con ellos sin crisis; sólo cuando estas anomalías afectan a los fundamentos del paradigma y resisten ante los intentos de eliminarlas, o proliferan en gran número, se inicia un período de marcada inseguridad profesional. El paradigma entra en crisis cuando los intentos por resolver las anomalías se hacen cada vez más radicales y se dirigen a los fundamentos del paradigma llegando la crisis al culmen cuando emerge un paradigma rival; los momentos de crisis, "revolucionarios", se caracterizan por cuestionar los paradigmas básicos aceptados dentro de la comunidad científica, pudiendo llegar a una sustitución brusca (revolucionaria) del paradigma dominante.

Este enfoque resalta los aspectos sociales de la ciencia, no sólo atendiendo a la interacción histórica entre la ciencia y la sociedad, sino subrayando la sociología interna de la ciencia; la ciencia es una construcción social de la comunidad científica, y sometida, por tanto, a la influencia de las ideas, personas y poder dominantes en esa comunidad.

Desde el materialismo dialéctico y la provocación intelectual, Feyerabend (1970) mantiene una postura ácrata y relativista en relación con la metodología científica, de la que es suficientemente explícito el título de su obra; sus críticas han ayudado a liberar al método científico de la visión excesivamente encorsetada del empirismo lógico. Según este autor, la historia de la física parece incompatible con las metodologías derivadas del falsacionismo e inductivismo, y en consecuencia, ninguna de estas metodologías resulta adecuada como fuente de reglas metodológicas que actúan como guías en las actividades de los científicos. Feyerabend niega la existencia de reglas que digan al científico lo que debe hacer, pero el sentido de esta afirmación debe puntualizarse bien: no se trata que en la ciencia valga todo, sino que las reglas que se han inventado los epistemólogos como presuntamente seguidas por los científicos no tienen una validez incuestionable. La metodología científica puede considerarse constituida por una serie de elementos identificables y singulares, como el descubrimiento y planteo de problemas, la búsqueda de información relevante para su solución, las soluciones tentativas, la invención de hipótesis, la obtención de una solución, el análisis de sus consecuencias, el contraste y corrección de hipótesis, etc., pero no es en modo alguno un esquema estereotipado y rígido de etapas que deben ser seguidas obligatoriamente. Los anteriores procesos citados son más bien orientaciones generales que guían la actitud y la práctica habitual de los científicos en la obtención del conocimiento, pero sujetos a la improvisación, la creatividad, e incluso, la revolución. En el extremo, sugiere que la historia de la ciencia es tan compleja que no es razonable pensar que unas cuantas reglas metodológicas son suficientes para explicar toda la actividad científica.

EL PRAGMATISMO FUNCIONALISTA

Laudan (1986) sostiene un modelo epistemológico a caballo entre muchos de los conceptos citados anteriormente, como paradigmas o programas de investigación, pero añadiendo algunas diferencias significativas. Parte de que la ciencia es, fundamentalmente, un modo de resolver problemas con la mayor efectividad posible, cuya práctica a lo largo del tiempo genera un conjunto de hipótesis, métodos, teorías y nuevos problemas cuya solución se consolida en lo que denomina tradiciones de investigación.

Los problemas son cuestiones sobre el mundo natural que necesitan una explicación; ahora bien, todo problema se plantea en un contexto de indagación, de modo que el carácter de problema es transitorio y variable y las soluciones suelen tener requerimientos cada vez más exigentes en el tiempo, que enriquecen la ciencia. Laudan divide los problemas en empíricos (potenciales o no resueltos, resueltos y anómalos) y conceptuales (internas y externos), aunque se reconoce que los denominados problemas empíricos están cargados de teoría. Las soluciones de los problemas son siempre aproximadas, por tanto, se excluye considerar su verdad, y también, resulta irrelevante la verdad o falsedad de la teoría que lo resuelve. A efectos de evaluar los méritos relativos de las teorías, la clase de problemas no resueltos es irrelevante; la única guía fiable para identificar problemas relevantes para una teoría es examinar los problemas resueltos por la teorías rivales.

Las anomalías tienen una relevancia especial en la ciencia. La postura clásica de positivistas y realistas considera que las anomalías, definidas como datos lógicamente inconsistentes con la teoría, obligan a abandonar la teoría, aunque para los pragmatistas sólo son objeciones importantes, pero no decisivas para la adecuación de una teoría; es decir, existen anomalías que no son refutadoras de teorías. Cuando el problema anómalo se resuelve, la anomalía se convierte en una instancia confirmadora de la teoría. La capacidad refutadora de una anomalía depende del grado de amenaza epistemológica que plantean a la teoría. La evaluación de esta amenaza tiene que hacerse en el contexto de las teorías rivales, pues no es lo mismo que la teoría anómala sea la única que no resuelve el problema, a que existan otras muchas que también fallan. La amenaza depende del grado de discrepancia mostrado por la anomalía y por la antigüedad de la misma sin ser resuelta (que es un indicador directo de sus resistencia a la solución). No obstante, la amenaza epistemológica planteada por una anomalía es forzosamente ambigua, y esto está relacionado directamente con la naturaleza ambigua de la falsación o corroboración de teorías, debido a que las atribuciones de verdad y falsedad de un resultado, respecto a todo el complejo de teorías que lo han producido, debe repartirse entre todo este complejo, y es éste el que en conjunto debe

considerarse exitoso o fracasado.

Los problemas conceptuales pueden ser internos (fruto de una inconsistencia, autocontradicción, ambigüedad, o circularidad de los principios de la teoría) y externos: incongruencias con los principios de otras teorías, inconsistencia con los principios de la tradición de investigación a la que pertenece la teoría o inconsistencias con principios y supuestos de otras teorías. Los problemas más importantes para la valoración de teorías son, sin duda, los problemas externos.

El problema resuelto (empírico o conceptual) es la unidad de progreso científico y el objetivo de la investigación científica es ampliar al máximo el ámbito de problemas resueltos y reducir al mínimo los problemas anómalos y conceptuales.

Las tradiciones de investigación son sistemas de creencias fundamentales, que están por encima de las teorías científicas, que poseen dos componentes: creencias sobre entidades y procesos que conforman el dominio de investigación (ontología) y normas epistémicas y metodológicas sobre los procedimientos de investigación (epistemología); en suma, una tradición de investigación es un conjunto de supuestos generales acerca de las entidades y procesos de un ámbito de estudio y de los métodos apropiados que deben ser utilizados para resolver problemas y construir las teorías. Toda tradición de investigación tiene asociadas una familia de teorías que comparten la ontología y metodología de la tradición de investigación matriz, pero que pueden ser consistentes o rivales entre sí.

Las tradiciones cumplen funciones importantes: marcan los supuestos fundamentales de la tradición de investigación no discutidos, identifican las partes de una teoría en dificultades, señalan la ontología y las reglas metodológicas que dirigen la actividad, plantean problemas conceptuales a toda teoría que viole los postulados ontológicos y epistemológicos y determinan problemas, delimitando el dominio de aplicación y generando problemas para sus teorías, proporciona directrices acerca de como se modifican y transforman las teorías para mejorar su capacidad para resolver problemas (heurística) y racionalizan las teorías que contienen.

Las tradiciones de investigación representan lo de más persistente y continuista en la ciencia, mientras que las teorías son sustituidas y abandonadas con mayor frecuencia y velocidad. El instrumental de la resolución de problemas es clave para comprender la evolución de las tradiciones de investigación y teorías. El progreso acumulativo, caracterizado porque toda nueva teoría debe aportar algo nuevo a los problemas resueltos, es rechazado por irreal, considerando que existe progreso siempre que la importancia relativa de las ganancias compense las pérdidas de conocimiento (dando por sentado que estas pérdidas existen siempre, cuestión absolutamente rechazada en la tesis de progreso acumulativo). El modo más normal de evolución de una tradición de investigación ocurre mediante la modificación de algunas de las teorías subordinadas, y de una manera más excepcional e importante, mediante el cambio de alguno de sus elementos nucleares básicos. Las tradiciones de investigación pueden entrar en colisión con creencias o cosmovisiones externas, que pueden redundar en el abandono de las cosmovisiones o de las tradiciones de investigación o en la integración de tradiciones de investigación.

Los análisis epistemológicos expuestos apuntan siempre al método científico y a las estructuras de contenidos científicos creadas a partir de él (teorías, modelos, hipótesis, leyes), pero se han dejado a salvo los contenidos específicos de cada área de conocimiento. Las posiciones de los diversos autores y escuelas analizados han contribuido a clarificar aspectos parciales de la metodología dando una imagen bastante alejada del monolitismo y falta de sentido crítico con que se suele enseñar y formar a los futuros científicos en las diversas especialidades científicas. Cada una de ellas, sin duda, tiene un punto de exageración en el aspecto que ha elegido como blanco de sus críticas y ha reunido razones y argumentos para defender su propia posición; a su vez, genera críticas y contrapropuestas, que contribuyen a mejorar la comprensión de la naturaleza del método científico y de la ciencia misma.

LA MATRIZ DISCIPLINAR DE LA CIENCIA

La ciencia nace como una nueva forma de estructurar y percibir el mundo y la naturaleza, y esta nueva estructura mental, que sirve para clasificar y entender el mundo, es la esencia de la ciencia. Esta nueva forma de estructurar el mundo determina un conjunto de reglas, normas, instrumentos y prácticas cuya aplicación permite plasmar la clasificación y ordenación del mundo, cuyo paulatino crecimiento va

conformando lo que se denomina el paradigma o matriz disciplinar de la ciencia (Kuhn, 1962). Este crecimiento supone avanzar por clasificaciones y diferenciaciones conceptuales cada vez más finas y sofisticadas, tales como la separación entre objetos animados e inanimados, entre ciencia y teología, entre química de la vida y química del carbono, etc. y que constituyen la base de cualquier paradigma científico.

El concepto de paradigma o matriz disciplinar es bastante intuitivo, pero, ciertamente, no es muy preciso; algunos lo han interpretado como el conjunto de presupuestos disciplinarios, mientras otros lo han interpretado en sentido más etimológico, como el prototipo de contenidos y situaciones que constituyen el estereotipo de la disciplina.

En contra de lo que parece evidente, la matriz disciplinar o paradigma de la ciencia en general, o dentro de ella, el paradigma de cualquier disciplina científica no está definido por el objeto de estudio que las caracteriza, sino que este objeto viene determinado por la evolución y avance de la propia disciplina. Lo que ocurre es que las clasificaciones y avances conseguidos por la ciencia, desde el momento que se consolidan, se asocian sustancialmente con la disciplina olvidando su origen de ruptura mental en el momento de su nacimiento, y que antes de ese momento no existían. Por tanto, los objetos no determinan la disciplina, sino que es la matriz disciplinar la que va generando los objetos propios y esta característica dinámica es esencial dentro de la construcción de los paradigmas.

La evolución de los paradigmas carece de lógica o leyes predeterminadas, de forma que los resultados no se pueden prever y no son en modo alguno necesarios o predecibles desde una posición dada, sino contingentes al propio proceso histórico. Así, aunque los avances científicos y tecnológicos han despertado siempre la imaginación de los escritores (desde Verne a Asimov) en un género conocido como ciencia ficción, es claro que ni siquiera imaginaciones tan fecundas han acertado a imaginar en toda su extensión lo que intuyeron difusamente.

Los avances esenciales para el nacimiento de una matriz disciplinar constituyen lo que Bachelard (1971) ha llamado rupturas epistemológicas, es decir, los cambios en un área del saber que dan personalidad y estatuto definido a la matriz disciplinar, en cuanto que sirven para delimitar el objeto de la disciplina, y alcanzan así la "objetividad" propia de cada disciplina (Fourez, 1994). Habitualmente, las rupturas epistemológicas no suelen ser procesos drásticos, sino el resultado de la lenta construcción intelectual del paradigma asociado a un proyecto humano. Por ejemplo, la definición de los conceptos científicos constituye todo un proceso de decantación y traducción, desde el lenguaje ordinario o artesanal (los códigos restringidos de Bernstein), hasta la acepción tecnicada del concepto, que sólo es posible y tiene sentido dentro del paradigma que lo ha construido (código elaborado). Ni que decir tiene que ambos códigos, aunque semejantes, de ningún modo pueden considerarse equivalentes; las definiciones y los conceptos elaborados en el marco de un paradigma sólo tienen sentido en ese contexto y dentro del proyecto que representa el paradigma.

Los períodos de construcción disciplinar dentro de un paradigma han sido denominados por Kuhn períodos de ciencia normal. Se caracterizan por la aceptación/modificación del paradigma básico y la ausencia de cuestionamientos drásticos, y como consecuencia, predominan las operaciones estandarizadas en los saberes, la nomenclatura, las normas, los procedimientos y las interpretaciones (acordes con el paradigma vigente). El ejemplo más grande de la cara estandarizada de la ciencia es la informática, que permite hacer de toda ciencia y de la comunidad científica un gigantesco sistema normalizado a través de las conexiones informáticas transnacionales entre todos los laboratorios y centros de estudios de todo el mundo.

Kuhn ha acuñado el término de revolución científica para referirse a aquellos períodos donde se cuestiona la propia base paradigmática de la disciplina, de modo que lo que está en juego no son ya pequeñas rupturas y cambios, sino la drástica ruptura y cambio que supone la sustitución del paradigma propio de la disciplina. Aunque la distinción entre pequeñas revoluciones y grandes es muy cuestionada desde una perspectiva teórica, el mérito del análisis kuhniano es reconocer la importancia de la relación entre la historia y la evolución de las disciplinas científicas, de modo que los factores psicológicos, históricos, sociales y culturales tienen una influencia directa en ellas.

Otros autores han sugerido paradigmas tomados de las ciencias físicas para explicar la contingencia de la evolución de las disciplinas, y por tanto, la falta de determinación en la misma. Si las

condiciones iniciales no son suficientes para predecir los estados posteriores de evolución de un paradigma, la situación es análoga a la dinámica de los sistemas fuera del equilibrio, que queda condicionada por las estructuras disipativas alimentadas por energías externas y que originan trayectorias y bifurcaciones desconocidas e imprevisibles que vienen generadas por la propia dinámica anterior (historia) del sistema, de modo que dependiendo de la trayectoria seguida, las trayectorias posteriores pueden ser muy diferentes (Prigogine & Stengers, 1983). Posteriormente, la energía externa ha sido empleada para explicar la migración de conceptos de una disciplina a otra - los conceptos nómadas - conceptos que se toman prestados del paradigma de otras disciplinas, por su potencia explicativa o su productividad (el caso más típico es la economía que toma prestados muchos conceptos de la ciencia para conceptualizar sus modelos). También analizan como determinados conceptos se "endurecen", de forma que se convierten en referencias inatacables (en cierto modo equivalentes al paradigma de la ciencia normal), y que por eso, se han denominado falsos objetos empíricos.

Sintetizando muchas de las ideas expuestas hasta aquí, Fourez (1994) ha descrito la evolución de las disciplinas en tres etapas: preparadigmática, paradigmática y postparadigmática.

El período preparadigmático se caracteriza porque las normas y prácticas propias de la disciplina no están todavía bien definidas; los problemas planteados y las técnicas se toman de la realidad social y es la propia demanda social la que va configurando la necesidad de unas prácticas generadoras de respuestas a los problemas planteados, a medida que las respuestas van satisfaciendo las demandas. El nacimiento de una disciplina es, pues, un fenómeno condicionado socialmente, aún cuando las condiciones intelectuales sean también necesarias, pero no son suficientes. El nacimiento se considera consumado cuando sus especialistas delimitan una zona de autonomía propia que caracteriza la disciplina.

El período paradigmático se caracteriza por la existencia de un paradigma concreto que permite definir en su seno los problemas que proponen las demandas externas, traduciendo estos al lenguaje disciplinar y las soluciones al lenguaje vulgar, de modo que el trabajo se realiza siempre en referencia al paradigma vigente. En esta traducción disciplinar reside parte de la eficacia de la ciencia para resolver los problemas en cuanto que simplifica la realidad, para reducirla a los términos disciplinarios y facilitar la solución en este marco. En este período, el predominio del paradigma es tan total, que se borran los orígenes sociales de la disciplina y los científicos son relativamente independientes del contexto social. Las elecciones paradigmáticas suponen siempre un reduccionismo por cuanto las elecciones y simplificaciones se dan por supuestas, y no siempre resultan evidentes, en tanto en cuanto el paradigma no se muestre impotente o ineficaz para solucionar el problema. La institución por excelencia de aplicación del paradigma es el laboratorio, el lugar donde se traducen los problemas diarios al lenguaje científico para luego retraducirlos otra vez. En el laboratorio se fragua la universalidad de la ciencia, se filtra la realidad a través del paradigma, los resultados se normalizan para ser comprendidos, comunicados y replicados por otros colegas, y se institucionaliza la red intelectual necesaria para la supervivencia y el progreso de la disciplina (se forman nuevos científicos, se traban relaciones sociales y económicas, se construye el paradigma, etc.)

Por el contrario, el período postparadigmático se caracteriza por la falta de fecundidad y el agotamiento del paradigma; cuando una disciplina no se plantea ni resuelve nuevos problemas externos a ella, sólo tiene como alternativas o renovar su paradigma (mediante una revolución científica), o bien anquilosarse como una tecnología intelectual, útil en su área de aplicación, pero "muerta" en el sentido paradigmático y de investigación.

La formación del paradigma es un proceso social que indica el compromiso consensual de los científicos con una misma representación del mundo y que permite la comunicación y la crítica. La educación de los científicos profesionales va dirigida a internalizar el paradigma de la propia materia, y ello conlleva algunas contrapartidas importantes. En primer lugar, la formación como físico, químico o biólogo profesional se adquiere en el marco de la ciencia normal del momento, lo cual supone una cierta indoctrinación en el paradigma vigente y una contradicción con el necesario escepticismo que el científico debe cultivar. En segundo lugar, en aras de lograr la mayor extensión y efectividad de la formación el currículo del científico en formación se esquematiza sobresimplifica, se eliminan las dificultades y las contradicciones, los errores, y en general, el contexto que rodearon los descubrimientos y los avances. Se forma o adoctrina así un profesional que carece de los valores que se dicen centrales y constitutivos de la

ciencia, y gracias a los cuales progresa incesantemente, y que se coloca en riesgo de extrapolar imprudentemente dogmas .

OBSERVACIÓN Y OBJETIVIDAD

El método científico se ha caracterizado a lo largo de la historia, entre otras cosas, por favorecer la sustitución incesante de las representaciones teóricas de la naturaleza. La ciencia privilegia la ruptura creadora de conocimiento más que la continuidad inercial del mismo, como consecuencia de una observación continua y persistente de la naturaleza, gracias a la cual asistimos al descubrimiento incesante de nuevos hechos que confirman y falsan las teorías. La ciencia depende fundamentalmente de la capacidad humana de percibir, reconocer patrones, diferenciar e interpretar, y por tanto, los fundamentos neurofisiológicos de la percepción, los procesos mentales, la intuición como forma que resume percepción, imaginación, deducción, síntesis, sentido común y evaluación, las creencias y las conductas.

Antes de abordar el problema de la naturaleza de la objetividad en la ciencia y el papel que juega la observación en ella, puede ser útil considerar dos posturas opuestas que pueden ayudar a clarificar el problema, como son el denominado objetivismo (realismo) y el subjetivismo (individualismo).

El individualismo, como teoría del conocimiento, establece que el conocimiento consiste en una serie de creencias sustentadas por las mentes de cada individuo, matizando que se habla de conocimiento verdadero, lo cual excluye muchas creencias cuyo valor de verdad no interesa. El problema de establecer la veracidad del conocimiento individual ha tenido dos grandes corrientes filosóficas: el empirismo (el fundamento de la verdad del conocimiento es la percepción sensorial) y el racionalismo clásico (la razón humana es la fuente de verdad).

El objetivismo es una concepción del conocimiento conformado por propiedades y características que trascienden los estados mentales puramente individuales (creencias, actitudes, valores, ...), por tanto, se asigna una existencia externa a la mente, y por tanto, admite la existencia de conocimiento desconocido para mente alguna. Las predicciones de hechos desconocidos, tan frecuentes en el seno de las teorías científicas, y que son descubiertos posteriormente, avalarían esta tesis de la existencia de un conocimiento con una existencia objetiva externa a las mentes de los científicos, que pueden haberlo buscado intencionalmente o no, ser conscientes de ello o no, entenderlo o no, descubrirlo o no. Ni que decir tiene que el objetivismo tiene una honda tradición en la investigación científica, y que se formula más o menos en estos términos: cuando los científicos tratan cuestiones referentes a una teoría su atención se centra en el estatus objetivo de la teoría y no en los rasgos personales de los científicos o grupos que trabajan en ella; dicho con otras palabras, aunque el interés y la curiosidad puedan actuar como motivación hacia el conocimiento, a la hora de su construcción, la objetividad se consigue abstrayendo los intereses personales.

El problema de la liberación del conocimiento respecto a los intereses personales ha sido tratado por Habermas (1984, pp. 159-181), que considera la teoría pura como expresión de conocimiento crítico y verdadero. Tacha de ingenuo el objetivismo de Husserl en el sentido de referir los enunciados de la teoría pura a los estados de cosas (tesis positivista), porque considera esta relación mediada por las reglas metodológicas y los intereses que guían el conocimiento; en el caso de las ciencias empírico-analíticas interviene el interés técnico, que identifica con el control técnico dirigido a la seguridad del interés informativo y a la ampliación de la acción por el éxito controlado (p. 170). Las ciencias han retenido de la filosofía la ilusión de la teoría pura, y en su búsqueda aplican sus métodos con rutinas que no reflexionan sobre el interés que guía el conocimiento, y en la medida en que no problematizan su marco metodológico inconsciente, consiguen su objetividad. Sin embargo, considera que este objetivismo contiene oculta la relación entre conocimiento e interés, de modo que las realizaciones del sujeto trascendental tienen su base en la historia natural del género humano (primera tesis, p. 174), que es lo mismo que decir que las representaciones o descripciones no son nunca independientes de las normas metodológicas, que no son ni arbitrarias ni obligatorias, pero se manifiestan como acertadas o equivocadas, y necesitan de la evaluación crítica, mediante argumentos, porque no pueden ser deducidas lógicamente ni probadas empíricamente.

Por otro lado, en los tiempos actuales resulta claro que la ciencia es una construcción social, es decir, un resultado del trabajo cooperativo de un conjunto de individuos, en el cual las creencias

individuales resultan minimizadas por debajo de las habilidades, técnicas y conocimientos especializados comunes a todos. Las teorías científicas comparten técnicas comunes formalizadas en lenguajes matemáticos y concretadas en técnicas experimentales que sirven para objetivizar aún más la tarea de los individuos. En suma, por todos estos factores, la actividad científica como actividad social se asemeja más a la concepción objetivista que a la individualista.

Una descripción espontánea e ingenua que tienen muchas personas respecto al papel de la observación es que permite llegar a percibir las cosas tal como son y, por tanto, que reproduce fielmente la realidad. Sin embargo, esta ingenua creencia no resulta muy apropiada, pues no es confirmada por experimentos perceptivos simples, donde se somete a juicio de varios observadores un mismo dibujo con figuras adecuadas, que concluyen describiendo cosas bien diferentes unos de otros. Estos experimentos demuestran que la naturaleza de las cosas no es algo con existencia única y objetiva, sino que aparece determinada por el observador. La observación de cualquier cosa no es un acto puramente pasivo de identificación de una realidad cuya existencia es independiente de todo lo demás; es una actividad que organiza la percepción de las cosas de una determinada manera, y no de otra, con lo cual está contribuyendo activa, y no pasivamente, a construir el resultado de la observación. En consecuencia, la predeterminación de la observación por los prejuicios existentes en la mente del observador es un elemento clave a la hora de considerar el carácter objetivo o subjetivo de las observaciones.

Por otro lado, la observación no tiene sentido sin descripción; las experiencias puramente introspectivas y personales, incluso místicas, deben ser descritas a los demás para alcanzar la existencia, es decir, para ser. Estas descripciones deben recurrir a instrumentos apropiados como el lenguaje, las imágenes, las emociones, el arte o el lenguaje corporal, y a conceptos previos a los que referir lo percibido. Los conceptos previos y los instrumentos descriptivos producen una interpretación de las percepciones que terminan de construir lo que, abreviadamente, se denominada hecho observado u observación, esto es, el significado más preciso que se quiere dar a la observación.

Llamar la atención sobre estas circunstancias que mediatizan la observación puede parecer fuera de lugar, ya que ofrece una imagen de la observación compleja y difícil de construir, cuando todas las personas tienen la sensación que observar es algo inmediato y rápido. Esto es cierto, sin duda alguna, pues los elementos interpretativos necesarios para la inmensa mayoría de las observaciones han sido aprendidos por las personas a través de su integración sociocultural, de modo que los elementos interpretativos siempre están tan implícitos que su acción se ha borrado de la adquisición de la observación. Por tanto, la inmediatez y obviedad de una observación no es un indicador de ausencia de elementos teóricos de interpretación, sino un signo de que se está empleando el modelo teórico convencional y cultural de siempre. Un buen ejemplo de esto puede ser la observación de un simple trozo de hielo, que puede conducir a resultados diferentes para un indígena ecuatorial, ya que el hielo está fuera de su experiencia habitual y para el cual no dispone de modelos, incluso tal vez no lo ha visto jamás, y para un esquimal, de cuya experiencia diaria el hielo forma parte habitual y cuyo lenguaje dispone de múltiples vocablos para describir las múltiples variantes del agua sólida. El modelo teórico del esquimal es tan complejo y asumido que seguramente produciría una observación inmediata, precisa y obvia, mientras que la observación del ecuatorial sería torpe, dubitativa y provisional. El lenguaje aporta a la construcción de lo observado una cierta lógica, pero que no es impuesta arbitrariamente por la sociedad, ni está instalada en las mentes de los que utilizan el lenguaje, sino que se ha desarrollado por el comportamiento de las cosas del entorno material donde se ha desarrollado el lenguaje; las relaciones sobre la naturaleza, implícitas en el lenguaje, son asimiladas cuando los niños aprenden a hablar. Esto no supone que el lenguaje sea una barrera diferencial, ya que su adquisición, en todos los casos, está condicionada por las leyes de evolución de los humanos, que aunque condicionadas y diferenciadas por el medio, poseen un sustrato biológico, cuyas coincidencias comunes y universales son superiores a las diferencias, como han puesto de manifiesto suficientemente los estudios de psicología evolutiva (Piaget, Luria, Vigotsky ..). Por otro lado, con todas sus deficiencias originales, el lenguaje es sobre todo un medio de comunicación; cuando el emisor es plenamente consciente de esta función, y se comienza a plantear las necesidades del receptor, para obtener una máxima comunicación del mensaje, es cuando se intenta hacer que el lenguaje sea más intersubjetivo y así los mensajes se hacen más objetivos. La búsqueda de la precisión en la comunicación científica recorre este camino de objetividad intersubjetiva.

En suma, observar es interpretar a través de un modelo teórico previo las percepciones sensoriales, de modo que la observación se construye activamente (individual o colectivamente), pero no se aprehende o descubre pasivamente como algo externo. El concepto de observación activa, interpretada por las teorías previas del observador, no sólo es una exigencia epistemológica, sino que también es congruente con el funcionamiento psicológico de la mente humana. Las teorías cognitivas sostienen que la mente humana construye su conocimiento (aprende) a partir de las ideas previas, que asignan significado a los elementos nuevos y los integran en las estructuras mentales de conocimiento.

Estas reflexiones sobre la naturaleza de la observación plantean directamente los temas del papel del sujeto de la observación, la esencia de los denominados hechos y definiciones científicos y, todos ellos, apuntan a la cuestión central de la objetividad de la observación. Observar supone siempre construir y estructurar subjetivamente datos percibidos, por lo que si sólo se limitara a esta operación la observación científica carecería de objetividad. La noción de sujeto científico (Fourez, 1994), entendiendo por tal el conjunto de reglas estructurantes propias de la matriz científica disciplinar (paradigma), ayuda a entender como la observación subjetiva más las reglas producen los objetos científicos. Ahora bien, las reglas son convenciones asumidas por la comunidad científica, por lo que la colectividad es la referencia última de la objetividad y la que permite ajustar la subjetividad al proyecto común de conocimiento.

Para explicar el grado de objetividad de la ciencia, Ziman (1981) ha sugerido los conceptos de cosensualismo y cosensibilidad. Se dice que un aserto es cosensible cuando no es tan oscuro ni ambiguo para que el receptor sea incapaz de asentir entusiásticamente o hacer objeciones bien fundamentadas; la cosensibilidad pretende establecer el carácter de experiencia común de un conjunto de sucesos o afirmaciones. Se dice de un aserto que es cosensual cuando después de numerosas comprobaciones y observaciones existe una coincidencia universal sobre él. Por tanto, la cosensibilidad es una condición previa para la cosensualidad, es decir, la experiencia común es una condición necesaria, pero no suficiente, para un potencial consenso. En estos términos, se restringen muy notablemente los posibles contenidos de la observación en la ciencia, pues deben cumplir ambas condiciones, y esto impone restricciones importantes sobre un lenguaje inequívoco en el cual debe buscarse la cosensibilidad y el consenso, un lenguaje que no añada, por sí mismo, nuevos problemas a los más arduos problemas que se intenta esclarecer. Las matemáticas son el lenguaje ideal, mediante el cual, los asertos significativos de la ciencia eluden las trivialidades nominalistas y de precisión lógica. Sin embargo, la importancia de un lenguaje formal para la ciencia no debe hacernos caer en el puro formalismo, ya que sólo la lógica por sí misma no puede justificar el conocimiento científico, pues entre otras cosas excluiría la cosensibilidad necesaria para la percepción de la naturaleza.

La cosensibilidad aprovecha una de las cualidades psicológicas más universales del ser humano como es el reconocimiento de patrones, donde los sentidos corporales, especialmente la percepción visual, conforman el vínculo fundamental entre la mente humana y el mundo observado, aunque sea prolongando artificialmente sus capacidades naturales, mediante una complicada instrumentación tecnológica (ordenadores, placas impresas, microscopios electrónicos, ...). El reconocimiento de la necesidad de una observación precisa y validada intersubjetivamente revolucionó la anatomía y fisiología del siglo XVI, como puso de manifiesto el genio de Leonardo da Vinci. La intuición es una componente importante de la percepción cosensible, que Bunge (1962) considera como un conjunto de procesos mentales perceptivos (identificación rápida, comprensión clara, capacidad interpretativa), comprensivos (sentido común), imaginativos (creatividad, capacidad de representación, construcción de imágenes y metáforas), deductivos, sintéticos y evaluativos, que recuerdan las propuestas de diferentes teorías psicológicas de la inteligencia y taxonomías cognitivas utilizadas en educación (Bloom, 1971). La intuición debe estar refinada y controlada por la razón, y por tanto, en la medida en que deja de ser escueta intuición para incorporarse a un conocimiento racional, llega a ser útil y fértil.

La cosensibilidad intersubjetiva tiene como principio básico la naturaleza intercambiable de los observadores, que es la piedra angular de toda la ciencia, de modo que el modelo de observación comunitaria de la ciencia se restringe a lo perceptualmente cosensible y a lo comunicablemente consensual. Por tanto, es el consenso intersubjetivo sobre lo cosensible lo que da importancia a la observación y las operaciones implicadas en ella. El flujo de los mensajes perceptivos y racionales es de doble dirección, de la mente al cuerpo de conocimiento social y de éste hacia la mente de cada persona;

aunque son conocidas las deficiencias de la percepción y de los procesos mentales, los obstáculos más importantes a la consensibilidad y al consensualismo proceden más bien de las características de los grupos sociales, a los que pertenecemos y de los que nos alimentamos como seres pensantes, como se verá al estudiar los análisis sociológicos de la ciencia (Ziman, 1961, p. 158).

Los habitualmente denominados hechos son observaciones interpretadas, explícita o implícitamente, en función de alguna teoría o modelo. Por tanto, el papel de punto de partida indiscutible de la ciencia, que se suele asignar a la observación, la neutralidad de la observación respecto al objeto, la pretendida oposición entre proposiciones teóricas y empíricas (éstas ya son teóricas) y la indiscutibilidad de éstas, son ficciones muy problemáticas, por la circunstancia que muchas de ellas se toman como incuestionables, ... pero hay que tener siempre presente que ésto puede ser aceptado sólo mientras no existan dudas sobre la teoría que las sustenta.

Análogamente, las definiciones científicas son reinterpretaciones de conjuntos de elementos mediante un modelo teórico, que abstraen los objetos concretos produciendo los conceptos abstractos científicos, propios de los modelos y teorías científicos. Los objetos reales de las observaciones científicas quedan transformados por las convenciones, el lenguaje y los modelos científicos instituidos y admitidos dentro de la comunidad en hechos científicos, cuya objetividad se basa, no tanto en la imparcialidad de los científicos, sino en la objetividad socialmente instituida por el carácter público y colectivo de la empresa científica (Popper, 1977), lo cual no quiere decir, tampoco, que se puede observar lo que se quiera. Reflexionando sobre estas cuestiones, en relación a la importancia para la educación en ciencia, Feynman (1969) ha escrito "Ciencia es observar. Pero omite el factor vital del juicio sobre qué observar y en qué se pone la atención observadora", y también, "Las definiciones no son ciencia; las definiciones en ciencia son necesarias pero no son ciencia; aprender definiciones no es aprender ciencia".

La cuestión de la precedencia entre el modelo teórico y la observación plantea crudamente una dialéctica abierta entre posiciones ontológicas (realistas) e instrumentalistas. Por ejemplo, se tiende a considerar que una célula existe realmente, mientras que la teoría de la relatividad sólo existe mentalmente. La posición ontológica afirma que la célula observada por el microscopio existe realmente, mientras que la posición epistemológica afirma que es el modelo celular el que confiere a la célula una existencia instrumental, en función del modelo que la crea. Algunos de los más importantes epistemólogos (excepto los positivistas) han defendido la precedencia de la posición instrumental sobre la ontológica, y por tanto, del modelo sobre la observación: la realidad viene determinada por los modelos (leyes o teorías), y no al revés, que se resume en la frase "las observaciones están lastradas de teoría".

El sentimiento ingenuo de inmediatez de la realidad observada por los sentidos tiene como consecuencia elevar la observación al nivel de "pruebas fehacientes" de hechos. La ideología realista de la fiel observación de los hechos, resulta paradójica, porque en su afán de neutralidad y objetividad, conlleva la atención exclusiva a los datos y la difuminación del sujeto observador, de modo que no se reconoce la existencia de un modelo socialmente aceptado y construido como base de la observación. La interpretación instrumentalista reconoce la fidelidad a las convenciones teóricas que fundamentan las observaciones. Por tanto, la interpretación de los hechos como pruebas de una teoría no deja de ser, en cierto modo, una reinterpretación reiterativa de las observaciones en función de la teoría que pretenden hacerla verosímil.

En la época actual, los avances tecnológicos han puesto a disposición de la investigación científica un auténtico arsenal de aparatos que permiten extender la capacidad perceptiva hasta límites insospechados. La instrumentación es una necesidad perentoria de cualquier laboratorio desde hace dos siglos, pero el avance experimentado en los últimos años con la explosión de la Gran Ciencia es espectacular. Los famosos experimentos de dispersión de Rutherford se realizaron con un instrumento construido por un artesano, los pesados conteos de centelleos y cálculos estadísticos elementales fueron realizados por estudiantes; en esencia, el mismo tipo de experimento es realizado hoy en gigantescos aceleradores electromagnéticos, cuya construcción, mantenimiento y puesta a punto requiere una legión de físicos e ingenieros, así como inversiones fabulosas, cuya utilización requiere años de planificación de los experimentos por equipos superespecializados, cuyos resultados se plasman en placas donde se entrecruzan trazos incomprensibles, y cuyo aprovechamiento es realizado por computadores y cálculos numéricos cuidadosamente diseñados. La gigantesca escala de tal instrumentación evidencia hasta qué

punto los resultados de una observación experimental se incrustan irremediabilmente en la teoría del diseño de todo el sistema observacional, para producir un sistema aislado, raro y alejado de la naturaleza al alcance de cualquier humano.

Por otro lado, las grandes máquinas que se perfilan como instrumentos observacionales únicos y exclusivos suscitan problemas epistemológicos en otros niveles. El consenso, la calidad y la fiabilidad del conocimiento científico descansan sobre la reproducibilidad de las observaciones y la competencia entre los equipos científicos. La limitación en la instrumentación por los enormes gastos y la tendencia a la unicidad de algunos aparatos reduce la posibilidad de programas en competencia, críticas y contrastes independientes, aumentando las posibilidades de errores, e incluso, de conspiraciones surgidas de la burocratización única. La credibilidad y fiabilidad de la ciencia no depende tanto de la sofisticación de la instrumentación empírica, cuanto de las relaciones sociales de independencia mental que regulan el consenso en la ciencia.

En suma, los objetos de la ciencia son objetos construidos en base a una visión estructurada por los modelos científicos socialmente construidos, de modo que el mundo que nos ofrecen es un mundo organizado por los humanos y para los humanos. La objetividad y la realidad de ese mundo radican en la institución social de la ciencia que organiza ese mundo. Para ser estrictos, debe reconocerse que ningún objeto científico existe fuera del modelo teórico que lo justifica, con independencia de la mayor o menor carga observacional, conceptual o mental que posea. Debe aceptarse que las teorías y leyes científicas están sujetas a estas limitaciones, de modo que ni los esfuerzos de la instrumentación tecnológica, ni la lógica del lenguaje comunicativo inequívoco, ni las normas ideales del consensualismo científico nos liberan absolutamente de que las representaciones de la naturaleza construidas con todas esas precauciones estén libres de incertidumbre y error.

RELATIVISMO Y RACIONALISMO

El progreso científico se ha ligado en numerosas corrientes epistemológicas, especialmente positivistas y realistas, con la cuestión de la racionalidad. La ciencia suele percibirse como prototipo de la racionalidad en la toma de sus decisiones de investigación y la imagen que proyectan los científicos en la sociedad es la de profesionales altamente cualificados, comprometidos implacablemente con la lógica e insensibles a sus propias pulsaciones en el ejercicio de su trabajo. Existen muchas definiciones de racionalidad en la acción, sin duda, la más común consiste en hacer o creer cosas que suponemos verdaderas, tener razones de peso, pero también, aumentar las utilidades personales propias, maximizar la relación coste/benefici y, ofrecer enunciados que no pueden ser refutados.

Sin embargo, ninguna de ellas se ajusta la presunta racionalidad de la historia del pensamiento científico, donde abundan los casos de presunta irracionalidad:

1. Usar problemas anómalos no refutadores como falsadores de teorías.
2. Reducción de problemas conceptuales y clarificación de conceptos.
3. Usar teorías menos adecuadas que otras rivales, pero más prometedoramente progresivas.
4. Usar argumentos metafísicos (filosóficos o religiosos) y metodológicos en contra de teorías y tradiciones de investigación.
5. Aceptar teorías enfrentadas a numerosas anomalías.
6. La variabilidad de la importancia de un problema.
7. Aceptar teorías que no resolvían todos los problemas empíricos resueltos por sus antecesoras (progreso no acumulativo).

Con esta base, los dos análisis epistemológicos actuales más influyentes, como son el análisis lakatosiano, de corte falsacionista, y el análisis histórico de Kuhn son las cabezas visibles de un debate epistemológico que enfrenta el racionalismo frente al relativismo. El debate se centra en torno a los criterios de valoración y elección de una teoría científica (el criterio de validación del conocimiento) y a las formas de demarcación entre conocimientos científicos y no científicos.

La postura racionalista mantiene la fe en la existencia de criterios racionales para decidir cuestiones como elegir la mejor teoría o distinguir ciencia y no ciencia. Los racionalistas más radicales sostendrían la existencia de un criterio único y universal, por tanto, intemporal y ahistórico (válido para

siempre e independiente de situaciones concretas), que permite tomar aquellas decisiones; este sería el caso de los inductivistas (cuyo criterio sería el apoyo inductivo) y los falsacionistas estrictos (cuyo criterio sería el grado de falsabilidad). La concepción racionalista extrema tiende a identificar el conocimiento aceptado según el criterio universal como conocimiento verdadero, en sentido absoluto y cree en la existencia de una distinción nítida entre ciencia y no ciencia (por supuesto, el único conocimiento válido sería la ciencia).

La postura relativista, por el contrario, niega la existencia de un criterio universal y ahistórico, aceptando que el conocimiento que se considera mejor o peor, puede variar entre los individuos y las distintas comunidades. Las descripciones del progreso científico y los criterios de evaluación del conocimiento científico son relativos al individuo o comunidad que los juzga, de modo que las decisiones y elecciones, tanto de los científicos individuales como de los grupos estarán influidas por los valores de esos individuos o grupos. De aquí se deduce que la comprensión de las decisiones y elecciones científicas requiere investigación psicológica, en el caso de las decisiones individuales, o sociológica, en el caso de las decisiones comunitarias. El relativista afirma la relatividad de la verdad y niega la existencia de una categoría única de ciencia que sea superior a los demás conocimientos.

Considerando las propuestas relativistas excesivamente carentes de sentido racional, Lakatos propugna una filosofía racionalista de la ciencia, en la cual la naturaleza progresista del programa de investigación, entendido como su grado de coherencia y su capacidad de predicción, sería el criterio de racionalidad. Sin embargo, ésta no es una postura de racionalismo extremo, ya que la competencia entre programas de investigación sólo produciría una aproximación gradual a la verdad; por otro lado, aunque como todo racionalista intenta hacer del criterio una categoría universal, coherentemente con su raíz falsacionista consideraba a este criterio universal hipotético, es decir, una conjetura comprobable al confrontarla con la historia de la ciencia. El análisis de la corroboración de esta tesis no es muy favorable, en particular, porque los argumentos se hacen circulares en muchos casos, y en general, porque los análisis de Lakatos y colaboradores toman ejemplos extraídos exclusivamente de la historia de la física, a la que, apriorísticamente consideran superior a otras ciencias (Chalmers, 1993, pp. 150-152).

Kuhn afirma en "La estructura de las revoluciones científicas" que el criterio o norma superior es la aprobación de la comunidad correspondiente, de modo que son los valores establecidos en el seno de esa comunidad los explicadores de las decisiones que se adoptan. Algunos de los valores sugeridos por este autor son la exactitud, la simplicidad, el alcance, la fecundidad y la compatibilidad, pero es el carácter psicológico y sociológico de estos valores lo que les confiere su relatividad y por ello Kuhn se considera el representante conspicuo del relativismo, aunque él mismo niega esta asignación (porque en el fondo cree, como Lakatos, que la racionalidad de la ciencia es superior a otros tipos de conocimiento), sugiriendo, como defensa, una especie de criterio racional basado en la capacidad de una teoría para resolver problemas, pero admitiendo que no resulta vinculante individual ni colectivamente y que consideraciones estéticas pueden ser también decisivas, lo que nos devuelve a la posición relativista. Según Chalmers (1993) incluso la capacidad de resolver problemas es un criterio relativo, pues determinar lo que es y no es un problema y su importancia relativa depende del paradigma o de la comunidad, y lo argumenta con el ejemplo de la intensa actividad para determinar los pesos atómicos de elementos y compuestos en el siglo XIX, antes de conocer la existencia de isótopos. En suma, el relativismo de Kuhn centra las decisiones y la forma de operar de los científicos en la autoridad (relativa) de la comunidad científica, que resulta, inapelable, aunque sólo sea localmente, en el tiempo y espacio históricos.

Esta última conclusión sugiere que si la base de la racionalidad en la ciencia se encuentra depositada en la comunidad, parece inmediato concluir que serían los análisis sociológicos de las actividades de esa comunidad los que podrían arrojar nueva luz sobre el asunto. De hecho, una de las virtualidades del trabajo histórico de Kuhn ha sido iniciar el camino de estos análisis que ha desarrollado la moderna sociología del conocimiento, y que referiremos en un capítulo posterior.

El debate entre racionalismo y relativismo en la epistemología de la ciencia ha sido resumido en una descripción feliz por Chalmers (1993, p. 156) diciendo que "Lakatos pretendía dar una explicación racionalista de la ciencia pero fracasó, mientras que Kuhn negaba que pretendiera dar una explicación relativista de la ciencia, pero, sin embargo, la dió.

Desde la perspectiva pragmatista de Laudan (1986), el modo principal de ser científicamente

racional es hacer todo lo posible para aumentar al máximo el progreso de las tradiciones de investigación científica. Por esto, la valoración de la racionalidad de la decisión de aceptar una teoría o tradición de investigación es triplemente relativa respecto a sus rivales contemporáneas, a las doctrinas de valoración dominantes y a las teorías anteriores dentro de la tradición de investigación. Según esto, las elecciones racionales son las elecciones progresivas, sin necesidad de presuponer nada acerca de la veracidad o verosimilitud de las teorías que juzgamos racionales o irracionales. Por el contrario, positivistas y realistas, ligan la racionalidad de las decisiones con la veracidad (o grado de aproximación a la verdad) de la elección teórica realizada, dando fundamento al análisis relativista que concluye la irracionalidad de la ciencia dado que las teorías no son nunca verdaderas. Perseguir la verdad, la probabilidad o un gradual acercamiento a la verdad son objetivos utópicos para la ciencia, que impiden clarificar la racionalidad. Este modelo admite la influencia de otras disciplinas no científicas en la toma de decisiones científicas respecto a las teorías y las tradiciones de investigación científica. La racionalidad o irracionalidad de cada decisión científica donde se pueden unir otros factores intelectuales y no científicos debe evaluarse en cada caso concreto, en base a los siguientes principios directores:

-Entre dos tradiciones de investigación rivales, una compatible con la cosmovisión más progresiva y la otra no, es preferible la primera.

-Entre dos tradiciones de investigación rivales, si las dos son compatibles con la cosmovisión más progresiva, la decisión deberá tomarse atendiendo a criterios exclusivamente científicos.

-Entre dos tradiciones de investigación rivales, si ninguna es compatible con la cosmovisión más progresiva, se requiere reelaborar la cosmovisión o la tradición de investigación.

INSTRUMENTALISMO Y REALISMO

Otro de los aspectos conceptuales fundamentales de las teorías científicas se refiere a su relación con el mundo natural, al cual se pretenden aplicar para describirlo y explicarlo, es decir, al tipo de vínculo entre el mundo y la teoría. La respuesta a esta cuestión ha girado en torno a dos interpretaciones diferentes, que se suelen denominar realismo e instrumentalismo. En ambos casos está fuera de toda duda que las teorías científicas aspiran a describir la naturaleza lo más correctamente posible, aunque ambas concepciones, instrumentalista y realista, han tenido diversas formulaciones que resaltan, ponen de manifiesto y conducen a consecuencias epistemológicas enfrentadas sobre el concepto de verdad de las teorías científicas.

La concepción realista de las teorías

La tesis central del denominado realismo consiste en aceptar la existencia de una realidad externa, diferenciada de la propia individualidad, que está conectada directamente a las percepciones personales en un doble sentido, ontológicamente, porque está en la base de las percepciones, y perceptivamente, porque debe utilizarse la percepción para llegar a conocerla. Esta tesis realista es denominada ingenua por algunos (Geymonat, 1980), porque suele ser aceptada acríticamente por la persona media, y también, por no pocos científicos.

La interpretación realista de las teorías científicas sostiene que éstas describen el mundo tal como realmente es, es decir, confiere existencia real en la naturaleza a los "objetos científicos", aunque estén más allá de la percepción u observación. Los postulados del realismo conducen a una idea de verdad/falsedad asociada intrínsecamente a las teorías científicas: si una teoría es validada como verdadera y las teorías muestran como la naturaleza es de hecho, por tanto, el mundo es como propone la teoría. Para los realistas, el carácter de verdad tiene una existencia objetiva, de manera que se podría dar la paradoja de que una teoría podría ser verdadera aunque nadie crea en ella, o falsa aunque todo el mundo la acepte.

La idea realista de la ciencia supone que ésta ofrece una descripción verdadera de la realidad, lo cual representa un contrapunto al relativismo, ya que si el mundo es como es y las teorías pretenden describirlo así, no es válido cualquier criterio para juzgar la validez de una teoría. En este aspecto, los popperianos son realistas a través del concepto de falsabilidad y verosimilitud de las teorías (como

conjunción de su contenido de verdad y su contenido de falsedad), el cual progresa hacia la verdad en aproximaciones sucesivas. Parece obvio que la tesis realista está muy próxima de las tesis de la objetividad y de la verdad absoluta del conocimiento científico, propias del mecanicismo y del positivismo.

La concepción realista de las teorías como enunciados verdaderos (o falsos) tiene importantes objeciones. La más importante de ellas, por su obviedad, se basa en la existencia de objetos teóricos ideales o límites, los cuales no corresponden a ningún objeto realmente existente en el mundo (p.e. la masa puntual) que impedirían afirmar una verdad sin aspectos vacíos. Los realistas superan esta objeción considerando que la veracidad de las conclusiones extraídas con estos conceptos justifican éstos, y también, considerando que las discrepancias entre lo afirmado por la teoría y los resultados observacionales sean pequeñas (atribuibles al error experimental), de modo que aquella constituya una aproximación razonable.

Otro hecho que no encaja con la concepción realista de las teorías es la constatación de emplear diferentes teorías para el mismo fenómeno u objeto, a veces, incluso, manifiestamente incompatibles (p.e. la mecánica clásica aplicada al movimiento de un electrón en un campo magnético, considera la masa constante, mientras que en condiciones de alta energía la masa del electrón depende de su velocidad). La solución de esta objeción para un realista puede ser triple: por un lado, se puede aducir las diferentes condiciones de validez de las teorías (en el límite ambas coinciden), que obligaría a aplicar la teoría que se adecue a esos límites, la simplicidad, que justificaría el uso de aquella que produzca una solución correcta más rápida y simple, y el carácter provisional de las teorías, que justificaría cualquier solución correcta, provisionalmente, y a falta de otra mejor que se puede lograr en sucesivas aproximaciones.

La mecánica cuántica constituye el ejemplo paradigmático de objeción sólida contra la concepción realista de las teorías científicas. La mayoría de los entes creados por la teoría no tienen correlato observacional, e incluso, es conocido que la interpretación de la función de onda ha tenido dos corrientes en competencia entre los físicos. En el ámbito de los fenómenos atómicos, el principio de incertidumbre (la precisión con la que podemos conocer determinadas variables es limitada) y el principio de complementariedad (los entes físicos pueden presentar al observador diferentes apariencias) imposibilitan tener una imagen realista. Las acciones del observador determinan el aspecto del sistema observado, con lo que es necesario admitir la coexistencia de varias descripciones diferentes y complementarias de los sistemas (continuo/discreto, onda/partícula, etc.). Además, las medidas de las magnitudes no guardan una relación determinada con la que podrían mostrar un instante antes o en un momento posterior. Sin necesidad de entrar en profundidades, a pesar de que hay autores que consideran que la postura realista puede ofrecer réplicas válidas a esta objeción (Nagel, 1961, pp. 142-143), otros consideran que las interpretaciones realistas de la mecánica cuántica no sólo son innecesarias para la teoría, sino que resultan incompatibles con ella, y presumiblemente con el mundo en que vivimos (Cabello & García, 1995).

Por otro lado, en sistemas macroscópicos fuera del equilibrio, la teoría del caos echa por tierra la tesis mecanicista de poder determinar el estado de los sistemas si se tiene información suficiente de un estado anterior; las inestabilidades hacen imposible predecir fiablemente la evolución de los sistemas, de modo que sólo podemos conocer el mundo a través de "una ventana temporal limitada" (Prigogine, 1987).

Todas estas objeciones contradicen radicalmente la pretensión de los realistas que la ciencia describe la naturaleza tal como es. Los ejemplos anti-realismo aducidos sugieren la idea que, efectivamente, los físicos pueden ser los científicos que se encuentren más alejados de las tesis realistas, pues se ven obligados a tratar con entidades cuya percepción está lejos de ser primaria tales como fotones, quarks, supercuerdas, etc. El abandono del realismo supone abandonar la pretensión de objetividad y de verdad dogmática, que resulta demasiado duro para muchos científicos, de modo que el realismo, en diversas formas, se mantiene vagamente anclado en el pensamiento implícito.

La concepción instrumentalista de las teorías

Desde una perspectiva extrema, las objeciones más radicales contra el realismo provienen del denominado solipsismo, que no es más que la expresión de un idealismo extremadamente individualista:

sólo se puede afirmar la existencia real de cada persona individual, mientras el resto (personas o cosas) sólo existen como ideas mentales, y por tanto, su presunta existencia real es una ilusión. Aunque la tesis solipsista repugna al sentido común, es perfectamente coherente desde un punto de vista lógico; ahora bien, el hecho que la experiencia con los otros o con la naturaleza no viene sólo gobernada por nuestra mente, sino que los otros y la naturaleza son fuente de ricas y variadas experiencias, insospechadas incluso para nuestra mente, demuestra la insuficiencia del solipsismo para dar cuenta de toda la racionalidad del conocimiento.

Desde una perspectiva menos radicalizada, el convencionalismo es la concepción científica que, tal vez ha contribuido en mayor grado al abandono del realismo ingenuo (Geymonat, 1980). El convencionalismo afirma el carácter artificial (convencional) del conocimiento científico, es decir, de las categorías de clasificación, de las leyes, las teorías desarrolladas, etc., de modo que cualquier conocimiento puede construirse en base la aceptabilidad de los axiomas básicos que los sustentan. El carácter principal del conocimiento como convención es que no es verdadero ni falso, sino sólo aceptado o rechazado, en función de diversos criterios, de modo que un conocimiento podría aceptarse para un grupo de fenómenos y rechazarse para otros, que expresado con otras palabras equivale a aceptar un cierto relativismo. El principal mérito del convencionalismo es que no admite el presunto carácter absoluto de las ideas y los axiomas, y sirvió, sobre todo, para preparar el terreno a las revoluciones científicas que tuvieron lugar, a principio del siglo XX (relatividad, geometrías no euclídeas y mecánica cuántica). Como resulta obvio, el riesgo del convencionalismo dogmático es elevarlo a categoría general, afirmando, sin excepción, el carácter exclusivamente convencional, y por tanto, relativo del conocimiento, dejándolo desprovisto de ningún carácter de verdad. La convencionalidad de las teorías científicas lleva a negar su carácter absoluto y a admitir un cierto carácter relativo de las mismas, pero no a negar su valor de conocimiento.

Otra versión próxima al convencionalismo es el denominado pragmatismo, esto es, aquella concepción que define la veracidad del conocimiento en función de su capacidad para conseguir resultados prácticos. La posición pragmática se caracteriza por diferenciar entre conocimiento teórico y conocimiento práctico, y por tanto, rompe la unidad del valor de verdad del conocimiento científico y de las teorías científicas. Esta visión pragmática del conocimiento científico está muy extendida, y goza de mucha aceptación en la organización de la educación científica, de la cual es un reflejo la frecuente división entre clases "teóricas" y clases "prácticas" en los centros escolares y en la propia organización mental de muchos científicos. La objeción más importante a esta concepción es que rompe artificialmente la unidad del conocimiento científico y su valor de verdad: en efecto, el conocimiento científico tiene una unidad dialéctica entre todos los elementos cognitivos y metodológicos puestos en juego, y separarlos en dos partes supone distorsionar en profundidad esa unidad. Aunque los relativistas coinciden con el pragmatismo en la dificultad de mantener un concepto de verdad y consideran la utilidad de las teorías un criterio importante, su valor de verdad no depende sólo de su utilidad, es decir, no son más verdaderas por ser más útiles, sino que son más útiles cuanto más verdaderas sean y critican al pragmatismo el olvido del entramado social existente en la construcción de las teorías y su valor de verdad.

La afirmación central de la concepción instrumentalista sostiene que una teoría es una regla o principio para analizar y representar simbólicamente materiales de la experiencia en bruto o instrumento para inferir enunciados de observación a partir de otros enunciados de observación. El instrumentalismo niega que una teoría sea una descripción resumida o una enunciación generalizada de relaciones entre datos observables. La teoría no está implicada lógicamente por los enunciados observacionales, sino que es una regla, mecanismo de inferencia o guía de la investigación para sacar consecuencias sobre hechos observables (Nagel, 1961).

La interpretación instrumentalista es funcionalista en cuanto que su fuerza deriva de considerar como central la función que cumplen las teorías en el marco de la investigación científica, considerando que los elementos de la teoría son sólo ficciones mentales que nos permiten relacionar diferentes estados observables en las naturaleza (describir, explicar, predecir, ...). El concepto de verdad asociado al instrumentalismo es restringido, ya que las teorías son juzgadas por el grado de utilidad como instrumentos para describir adecuadamente la naturaleza.

La concepción instrumentalista permite deducir varias consecuencias directas que resultan muy

ilustrativas. La primera de ellas resalta el papel de las teorías como herramientas intelectuales o esquemas conceptuales creadas intencionalmente para poner de manifiesto relaciones entre resultados observacionales, que de otra manera podrían quedar inconexos, y dirigir de una manera eficaz la investigación; por ello, la teoría es una taquigrafía conveniente que permite la traducción y retraducción de enunciados observacionales, donde no son esenciales ni prioritarias, aunque pueden ser importantes, las cuestiones acerca de su contenido excedente o su referencia fáctica, de la misma manera que no cabe preguntarse ni limitar las cosas producidas o producibles por un martillo con la intención de especificar para siempre todos sus usos posibles.

La segunda consecuencia de la concepción instrumentalista es que la cuestión de la verdad/falsedad de la teoría pasa a un segundo plano, relegada por la más perentoria sustancia de su efectividad para representar e inferir enunciados observacionales. Aunque el teorema de Craig de la lógica formal permite la sistematización de un conjunto de resultados observacionales mediante la axiomatización, sin recurrir a la teorización, no se garantiza que el número de axiomas sea finito y, además, se requiere conocer todos los enunciados observacionales verdaderos de la teoría, por lo que no resulta práctico. Por tanto, el corolario del teorema de Craig respalda la concepción instrumentalista de las teorías científicas, pues la importancia de las teorías científicas, antes de que se pueda demostrar la verdad de todos sus enunciados de observación, descansa, prácticamente, no en su verdad o falsedad, sino, prioritariamente, en guiar la investigación, formulación y organización de todos los hechos y cuestiones relevantes para la teoría. Por tanto, el teorema de Craig pone de manifiesto la existencia de otras cuestiones relevantes para las teorías, además de su posible verdad o falsedad.

Otra consecuencia de la concepción instrumental de las teorías desarrolla las cuestiones relevantes de una teoría. La función de una teoría no es dar una imagen fiel y real (un reflejo) del objeto natural que representa, sino ofrecer una representación o herramienta que permita relacionar el máximo de propiedades y observables del objeto representado. Si la verdad literal de la teoría no es la cuestión esencial, queda abierta la posibilidad de utilizar conceptos ideales o límites (que no describen nada observacional) como medios para cubrir sus fines relacionales, y de hecho, ésta es una de las características más universales de las teorías científicas. El uso de las matemáticas como núcleo de las teorías científicas es el ejemplo más claro de aplicación de conceptos ideales en la construcción de las teorías científicas; el punto, la recta, la derivada, la función de onda o la teoría de grupos no representan, en sentido literal, ningún objeto natural observable, pero su papel es esencial en la construcción de la mecánica clásica, la mecánica cuántica o la teoría de las partículas elementales. La presencia de tales conceptos ideales en las teorías científicas ha sido motivo de objeción, ya que, como resulta obvio de su carácter ideal o límite, imposibilitarían construir la verdad/falsedad fáctica de una teoría, y en general, en muchos casos, carecen de correlatos empíricos, por falta de correspondencia o reglas de traducción adecuadas, en muchas teorías. La lógica de los enunciados empíricos no se identifica con la lógica de la teoría ideal matemática, de modo que la identificación de los enunciados empíricos con el ideal no es deductiva, y por ello todo cálculo teórico se convierte en algo metafórico: puede representar la realidad pero no reflejarla. Estas objeciones son definitivas para el positivismo realista, pero no plantean dificultades insalvables en el marco de la concepción instrumentalista, pues no sólo son introducidos para lograr con más eficacia los objetivos funcionales de las teorías, sino que en la mayoría de los casos ayudan a conseguir formulaciones de la teoría más simples, y la simplicidad, aunque no es una condición necesaria de las teorías, siempre ha sido un rasgo muy apreciado en ciencia. Por fin, la presencia de conceptos ideales o límites en las teorías matiza el sentido ficcionista que les asigna la concepción instrumentalista, no en un sentido peyorativo, como algo distante de la realidad, sino como un producto de la creatividad humana al servicio de la comprensión más simple de la naturaleza.

Aunque entre quienes sostienen una posición instrumentalista existen matices a la hora de defender los rasgos comentados en los párrafos precedentes, las principales limitaciones de esta concepción surgen del grado en que se niega la posibilidad de reconocer una teoría como verdadera (o falsa). Del hecho que se considere fundamental el papel instrumental de las teorías, como principios para la investigación, no se deduce que éste sea incompatible con la investigación o afirmación de su veracidad, y quienes así lo hacen se encierran en considerar, exclusivamente, el papel de las teorías como reglas de inferencias, ignorando que, a veces, en determinados contextos, éstas actúan en las explicaciones

y predicciones como enunciados o premisas, respecto a los cuales se puede plantear su verdad. En otro nivel, una concepción instrumentalista extrema sostiene que ninguna teoría implica lógicamente enunciados observacionales, lo cual sería literalmente cierto si una teoría se considerase como un simple principio de inferencia, pero en muchos contextos, una teoría se emplea, de hecho, como premisa o contradictoriamente (p.e. la teoría cinética de los gases aplicada en termodinámica considera a estos como partículas aisladas, mientras que la propagación de sonidos considera los gases como medios continuos). Otro aspecto de fricción con una concepción instrumentalista extrema sería el grado en que se concede existencia real a los "objetos científicos" (p.e. un electrón, una onda de luz, etc.). En fin, la raíz de estos problemas radica en la reducción drástica del papel de las teorías a técnicas de inferencia, excluyendo otras alternativas, que no es apoyado por la lógica ni la práctica científica, pero aún en este caso extremo, la cuestión de diferenciar entre la eficacia como instrumento o su verdad como premisa, podría considerarse, en buena medida, un asunto puramente formal o nominalista, pues debajo de ello, subyace el mismo problema, se formule de una manera o de otra, a saber, la validación del conocimiento científico.

A la luz de las posiciones realistas e instrumentalistas resumidas en los párrafos precedentes resulta obvio que la elucidación de criterios adecuados para afirmar o negar la realidad física de objetos científicos puede ser vital para ambas concepciones, y de hecho, al margen de la polémica epistemológica realismo/instrumentalismo, en la historia de la ciencia se han empleado, de hecho, diversos criterios. El requisito de realismo más común y antiguo en ciencia es la percepción pública de los entes, en las condiciones adecuadas de observación; sin embargo, en el estadio de desarrollo actual de la ciencia este criterio de realidad física de las entidades teóricas es de escasa relevancia porque excluiría la mayoría de las entidades subatómicas (ondas, electrones, neutrinos, funciones de onda ...). Un segundo criterio de realismo es que el objeto teórico figure en más de una ley empírica, siendo estas leyes independientes (no deducibles unas de otras) entre sí, de manera que el objeto se pueda identificar de manera independiente de su definición; obviamente cuantas más leyes contengan el objeto más se consolida su existencia, aunque en el caso de los objetos microscópicos este criterio sigue teniendo problemas, que los realistas intentan salvar asociándolos a conceptos experimentales mediante reglas de correspondencia. Un tercer criterio considera real un objeto si figura en una ley dotada de apoyo empírico y aceptada como válida por la comunidad científica (bien establecida), una versión más restrictiva del cual añade que la ley sea del tipo causal, es decir, que describa un estado de un sistema físico, criterio muy ligado con las diferentes interpretaciones de la mecánica cuántica ya citadas. Por fin, un quinto criterio de realidad física es que el objeto sea invariante bajo un conjunto de transformaciones.

El realismo no representativo

Chalmers (1993) sugiere una concepción que denomina realismo no representativo para interpretar la descripción que las teorías científicas proporcionan del mundo. Esta concepción pretende huir del instrumentalismo y del realismo ingenuo basado en la teorías de la verdad como correspondencia. En el primer caso, la separación artificial entre concepto teóricos, cuya existencia es ficticia, y enunciados observacionales, cuya existencia sería real, implícita en el instrumentalismo, es considerada artificial y menos productiva que la visión realista. En el segundo caso, las objeciones más importantes son la existencia de teorías muy diferentes sobre el mismo ámbito, de formulaciones diferentes de la misma teoría, y la dificultad de conciliar la existencia de la verdad absoluta escrita en la naturaleza con la naturaleza social de la ciencia. El realismo no representativo parte del supuesto realista que el mundo es como es, independiente de nuestro conocimiento sobre él, las teorías deben ser aplicables al mundo en todas las situaciones (experimentales o no), y su objetivo es producir teorías progresivamente más aproximadas al mundo pero con sus límites de aplicabilidad bien establecidos. En realidad, el realismo no representativo parece un realismo instrumental, y como todo realismo que no lo sea estrictamente, deviene una concepción instrumental, aunque su grado de instrumentalismo pueda ser variable, cuando afirma "... no tenemos acceso al mundo independientemente de nuestras teorías de una forma que nos permita valorar la exactitud de tales descripciones" (p. 227).

Para concluir la controversia entre realismo e instrumentalismo en la ciencia, resulta difícil hacer una síntesis precisa de las polémicas, por la naturaleza siempre cambiante, nueva y elusiva, cuando no

simplemente formal, de muchas de las fricciones originadas entre ambas, de modo que afirmar o negar una de ellas puede no ser razonable siempre, de modo que la controversia entre ambas puede prolongarse indefinidamente, ya que los científicos se han apuntado a uno u otro bando, seguramente, en función de sus diferentes tradiciones de investigación. Por otro lado, el interés de saber si resulta más correcto el instrumentalismo o el realismo, en general, sólo tiene un interés meramente formal, porque en la práctica, las discrepancias en este punto no se han traducido en discrepancias en otros hechos de la práctica científica; el problema más relevante, que trasciende con mucho la controversia realismo/instrumentalismo es, sin duda, la cuestión de la validación de las teorías científicas.

Quizás, volviendo a los orígenes, no resulte ocioso decir que el realismo es una concepción asociada con los estadios iniciales de la ciencia (la observación de la caída de los cuerpos, los satélites de Júpiter o los cráteres de la luna), con una pretensión más dominadora de la naturaleza, y en el fondo, más extrema y menos versátil que la más dúctil y dialéctica versión instrumentalista. El realista tiene muy acotada su posición, mientras que el instrumentalista dispone de un espacio más amplio y confortable en torno a su concepción. En este aspecto, la concepción instrumentalista ha tenido que abrirse paso para dar razón de la creciente complejidad del progreso y las teorías científicas, teniendo el mérito de ir contra la corriente, de la más primaria y excelsa concepción realista. Porque, sin duda, el término real lleva asociado estatus superior y un sentido de superioridad y honorífico, frente a lo meramente instrumental, que siempre ha sido una posición más cauta y reservada para permitir y asegurar el progreso más audaz de la ciencia. No obstante, debe reconocerse que ambas concepciones sobre el estatus cognitivo de las teorías científicas, aparentemente opuestas, tienen réplicas y respuestas para adaptarse a los hechos más relevantes de la investigación científica, de modo que algún autor (Nagel, 1961) considera que la controversia entre ambas es un conflicto formal acerca de distintas maneras preferidas de hablar; de hecho, la propuesta integradora y conciliadora de Chalmers (1993) puede ser una muestra de esta valoración.

LA EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS Y TEORÍAS CIENTÍFICAS: ACEPTACIÓN Y RECHAZO DE LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS

La forma en que el cuerpo de conocimientos científicos se establece y crece, desde Galileo hasta hoy, es un proceso social, epistemológica e históricamente complejo. Los asuntos implicados en él son muchos y de gran fuste, y algunos de ellos ya han sido aislados y tratados en los párrafos anteriores. Hoy día parece que el problema esencial se cifra en elucidar el grado de racionalidad de este proceso, y en él se afanan epistemólogos, historiadores y sociólogos de la ciencia. La imagen que la ciencia ha construido de sí misma, a través de los manuales y revistas donde se condensa el cuerpo de conocimientos y los escritos de los científicos, reflejan una imagen racional y lógica, como ningún otro tipo de conocimiento construido por los humanos ha sido capaz de lograr; sin embargo, desde una perspectiva externa a la ciencia, existe un gran debate sobre este asunto. En este apartado se describirá brevemente la aproximación epistemológica al crecimiento de la ciencia, que volverá a ser abordado en el capítulo dedicado a la sociología de la ciencia.

La concepción inductiva y positivista de la ciencia se basa en la validez del principio de inducción, es decir, que una colección de observaciones finitas sobre un fenómeno permiten deducir lógicamente una ley. De este principio se deriva una epistemología ingenua que considera las leyes consecuencia directa de los datos empíricos. El modelo inductivista del progreso de la ciencia es acumulativo: la agregación de un conjunto de datos empíricos permite deducir inductivamente una ley, de la cual se siguen explicaciones y predicciones, cuya confirmación empírica amplía las leyes y el modelo. La diferencia entre una observación y una predicción es puramente psicológica, ya que desde la perspectiva del peso lógico, confirmador o falsador, para la teoría deberían ser idénticos; desde la perspectiva psicológica, sin embargo, la significación de una predicción confirmadora es suprema, por su incidencia en la comunicación intersubjetiva y en la persuasión. La predicción confirmada respalda el principio de legalidad establecido desde el inicio de cualquier serie de inducción.

Geymonat (1980) ofrece tres versiones históricas de esta perspectiva: los esquemas galileano, laplaciano y kleiniano. El esquema galileano cree que el universo es divisible en zonas donde el

conocimiento puede ser llegar a ser perfecto; el crecimiento se produce al estudiar nuevas zonas y agregar el conocimiento de las mismas al cuerpo general. El esquema laplaciano, basado en las deterministas leyes de los sistemas mecánicos, no necesita las zonas galileanas ya que cree en la posibilidad de un conocimiento absoluto del universo (pasado, presente y futuro), si se pudiera llegar a disponer de todas las condiciones iniciales; como esto sólo estaría hipotéticamente al alcance de una inteligencia superior (el demonio de Laplace), nuestro conocimiento sólo puede ser aproximado, y el crecimiento de la ciencia consistirá en incrementar la probabilidad de verdad de este conocimiento, a través de nuevos conocimientos. El esquema kleiniano considera que el conocimiento es jerárquico, de modo que las teorías de mayor nivel pueden incluir a las de más bajo nivel; el progreso del conocimiento consistirá en pasar a teorías de nivel cada vez más alto. Aunque podrían desarrollarse diversas objeciones a estos esquemas, sin duda, el peso mayor proviene del argumento histórico: la incuestionable pluralidad de caminos a lo largo de la historia que han conducido al crecimiento científico.

La falacia lógica del principio de inducción ha sido ampliamente evidenciada, demostrando lo que se denomina la subdeterminación de las teorías científicas, esto es, existe un número virtualmente infinito de leyes o teorías que permiten ajustar un conjunto finito de datos empíricos. Por tanto, los datos empíricos sobre la ley de la gravedad, lejos de demostrar la ley, lo que hacen es, simplemente, comprobarla, es decir, dada la ley, los datos evidencian que la ley de la gravedad es un modelo razonable para dar cuenta de ellos. Por otro lado, la constatación que el crecimiento de la ciencia no sólo no se detiene, sino que se estimula y fortalece con el fallo de alguna teoría, evidencian la limitación del esquema acumulativo (lineal) que deduce de los planteamiento inductivistas.

Popper (1977) sofisticará y precisará la función de comprobación de los datos en relación con las teorías con su concepto asimétrico de falsación: los datos favorables, por muchos que sean, no permiten validar definitivamente una teoría, pero un dato desfavorable sí permite su invalidación (falsación). El modelo falsacionista del progreso científico es iterativo y podría resumirse así: los científicos se plantean problemas para cuya solución proponen hipótesis falsables, que son analizadas, criticadas y comprobadas; las que no son falsadas continúan sometiéndose a nuevas pruebas más rigurosas y las que resultan falsadas son eliminadas, lo cual plantea un nuevo problema a resolver, y vuelta a comenzar. Como en el caso del inductivismo ingenuo, existe un falsacionismo más sofisticado que trata de solventar algunas críticas elementales, como la insistencia en que la principal actividad de la ciencia es falsar las teorías, para insinuar más en la importancia de la confirmación (corroboración) de teorías. Así se abordan las cuestiones de la exigencia de conseguir el mayor grado de falsabilidad para las hipótesis, y la contrapuesta necesidad que éstas no resulten falsadas para ser consideradas como conocimiento, y por otro lado, la evidencia de la existencia de las hipótesis ad hoc, que pueden neutralizar cualquier falsación. El falsacionismo sofisticado en lugar de centrarse en la falsación de una teoría individual, considera los méritos relativos de las teorías enfrentadas, comparando los grados de falsabilidad de las teorías en una perspectiva más evolutiva y dinámica, de modo que la nueva teoría que sustituye a la falsada sea más falsable y aporte nuevas predicciones.

En esta línea, la doctrina popperiana sobre las hipótesis audaces y el tratamiento de las hipótesis ad hoc es una de las más completas y se basa en el concepto de conocimiento básico, entendiendo por tal conocimiento las teorías científicas aceptadas y bien establecidas. En general, se considera una hipótesis audaz aquella que establece afirmaciones improbables a la luz del conocimiento básico de alguna época concreta. Desde el punto de vista falsacionista Chalmers (1993) cree un error considerar que el progreso de la ciencia se produce con la falsación de conjeturas audaces. Las teorías más audaces que superan las falsaciones y las teorías prudentes que resultan falsadas aportan un mayor progreso científico, porque implican descubrimientos más inesperados y sorprendentes que originan un mayor aprendizaje; por el contrario, la falsación de una hipótesis audaz y la confirmación de una prudente no permiten progresar demasiado porque son resultados más probables. Como corolario, se consideran ad hoc todas las hipótesis que no añaden ningún conocimiento diferente al conocimiento básico que resultaría si se eliminara esa hipótesis.

Las tesis falsacionistas vuelve a situar las representaciones previas (teóricas) del mundo natural en una situación de precedencia respecto a los datos, por encima del principio de inducción. Las representaciones que la ciencia construye sobre la naturaleza se conocen con el nombre de leyes, modelos

o teorías, y algunos autores matizan que una ley se refiere a una relación muy concreta entre pocas variables, mientras que una teoría es más amplia, incluyendo eventualmente muchas leyes más simples, y un modelo suele ser una teoría fundamentada en un principio de analogía con otro fenómeno. Por encima de estos pequeñísimos matices, más que discutibles, lo esencial es que leyes, modelos y teorías son representaciones mentales que pretenden explicar y describir la naturaleza, y cuya validez radica en su consistencia con el proyecto humano donde se han construido. Debido a su idéntica naturaleza epistemológica, las palabras leyes, modelos y teorías se usan indistintamente en este estudio.

Además del principio de inducción/falsación, otro aspecto básico que define la diferencia entre la concepción inductivista y falsacionista del progreso, centrada en la confirmación y la falsación de teorías, es la importancia del contexto histórico. La posición inductivista, basada en la infalibilidad de los datos observacionales, concede igual importancia a todos los datos, con independencia del momento histórico, ya que cuanto mayor sea el número de datos confirmatorios acumulados, la teoría resulta más probablemente verdadera. Por el contrario, en la concepción falsacionista, el contexto histórico determina el valor de la confirmación. El ejemplo de escuchar una radio resulta muy ilustrativo: para un inductivista, cuando Hertz detectó las ondas electromagnéticas a través de su montaje experimental estaría sólo iniciando la serie inductiva de datos que llevarían a la confirmación de la teoría electromagnética de Maxwell, pero para un falsacionista está confirmando una hipótesis audaz y la prueba es que conmocionó la comunidad científica; cada vez que yo escucho mi radio hoy, para un inductivista estoy acumulando un dato más, confirmador de la teoría, pero para un falsacionista, carecería ya de importancia para el contexto científico (simplemente estaría pasando el tiempo), porque lo que tendría sentido sería la experiencia falsacionista, es decir, la actitud crítica permanente que intenta falsar la teoría.

Como toda representación, las teorías son invenciones del espíritu humano que las construye, con el proyecto de organizar e interpretar las percepciones del mundo. Complementariamente, esto significa que las leyes no se descubren en los datos observacionales (como si tuvieran una existencia previa e independiente en ellos, hasta el momento de su descubrimiento), puesto que éstos no las determinan unívocamente; por tanto, las teorías se inventan, como una nueva manera de interpretar las cosas más fecundamente. La naturaleza inventada de las teorías científicas hace que deban ser construidas por referencia a conceptos previos, lo cual lleva a que toda teoría científica tenga un alto grado de metáfora, es decir, de analogía con otros conceptos previamente construidos, a los que la construcción científica global les dota de un significado más preciso y adaptado a las necesidades del conocimiento, que los vuelve más fecundos. Stengers (1987) ha demostrado el carácter nómada, es decir, tomados prestados de otras disciplinas, de muchos conceptos científicos. Los conceptos nómadas no sólo hacen evidente el carácter metafórico de las teorías sino que con frecuencia condicionan la evolución de la disciplina que los toma prestados.

Los modelos teóricos de la ciencia tienen un alto grado de funcionalidad gracias al elevado grado de correspondencia entre el modelo y la naturaleza, aún con ser limitado e imperfecto. Desde una perspectiva ontológica se tiende a pensar que los modelos son copias exactas de la realidad, mientras que una posición más acorde con la naturaleza mental e inventada de los conceptos científicos, en general, consideraría a los modelos científicos como copias útiles del mundo para alcanzar los fines para los que se han proyectado, que no son otros que organizar la comprensión del mundo y facilitar la acción de los seres humanos en él. En suma, los modelos científicos son una representación de la acción humana posible en el mundo, más que una descripción absoluta de la realidad del mundo.

Quizá, la analogía que mejor describe estos matices epistemológicos no realistas es la del mapa (Fourez, 1994; Ziman, 1961). Un mapa es representación abstracta de un territorio, al que ninguna persona sensata se le ocurriría identificar con el propio territorio, pero que refleja con bastante precisión determinadas relaciones topológicas del mismo. Un mapa pretende cuadrar los datos del topógrafo, siempre incompletos y con errores, y servir a un objetivo instrumental previo, por lo que en determinados detalles sólo podemos mantener conjeturas o aproximaciones inteligentes; un mapa no es una copia fotográfica del terreno, sino una copia limitada y adaptada a unos objetivos diferentes, y precisamente, en esa limitación radica su utilidad. Así, por ejemplo, un mapa físico y un mapa de carreteras son distintas representaciones limitadas de una misma realidad, cuyo contenido está determinado por el proyecto que guía su construcción y las personas que lo van a utilizar. Análogamente, las teorías científicas son intentos

de ajustar una evidencia experimental, imperfecta e incompleta, y que, por ello, contiene muchos elementos hipotéticos y conjeturales. Su potencial utilidad está dentro una comunidad científica que, previamente, ha convenido una serie de símbolos compartidos, para objetivar una realidad para su uso por esa comunidad.

La analogía del mapa permite ilustrar también los procesos evolutivos de las teorías entre los períodos de ciencia normal y ciencia revolucionaria preconizados por Kuhn. En los períodos de ciencia normal, el mapa representa el paradigma vigente, es tan bien conocido por los científicos que apenas necesita ser consultado para resolver los problemas; en los períodos de ciencia revolucionaria, cambia el mapa, y en consecuencia, como cuando se llega a una ciudad desconocida, las consultas son frecuentes y reiteradas, hasta que es internalizado, asimilado y utilizado con la misma familiaridad y facilidad que el anterior paradigma normal.

Los modelos se usan en combinación con el paradigma que los sustenta, de modo que las explicaciones que producen son el resultado de la aceptación implícita de las convenciones intelectuales y sociales asociadas tanto al paradigma como al modelo concreto. Para llegar a una explicación científica, las cuestiones o problemas planteados deben traducirse a la matriz paradigmática y expresarse en función de un modelo; este proceso de traducción no es inocuo, sino que supone siempre una reducción a los moldes y esquemas paradigmáticos, lo cual plantea el asunto de la falta de equivalencia entre esta traducción y el problema original. Por ello, las soluciones científicas que pasan por alto esta circunstancia, y van más allá, pretendiendo que la explicación o solución obtenida en el marco de un paradigma y modelo concretos como la única solución posible, caen en el defecto denominado reduccionismo cientifista, que es otra forma de reducir la razón general a la razón científica empleada.

El problema del reduccionismo cientifista tiene consecuencias de mayor alcance y más profundas, dentro del mismo campo exclusivo de la ciencia, es decir, sin salir de la razón científica, debido al problema de la inconmensurabilidad de los paradigmas (Fourez, 1994; Kuhn, 1962), y todo ello está muy relacionado con la problemática de la aceptación y rechazo de las teorías científicas. Tanto los modelos y conceptos teóricos como las normas propias de un paradigma son sistemas complejos que definen su propia área disciplinar, pero a la hora de comparar modelos o paradigmas diferentes, incluso en conceptos y definiciones próximos o similares, el salto interpretativo que supone toda traducción del marco paradigmático, hace prácticamente imposible encontrar una equivalencia precisa entre ambos, y esta imposibilidad es lo que se conoce como inconmensurabilidad. De hecho, la evolución de paradigmas y teorías se justifica a partir de la competencia entre teorías rivales para producir mejores explicaciones y soluciones a los problemas, es decir, la inconmensurabilidad de los paradigmas hace que la única posibilidad para discernir su validez sea, no a través de una búsqueda teórica de la equivalencia mutua, sino a través de una competencia directa, y aún ésta, como se verá, resulta difícil de discernir por la misma inconmensurabilidad, lo cual hace imposible validar un modelo mediante un único test experimental.

La concepción de inconmensurabilidad de Feyerabend es una consecuencia de la dependencia entre observación y teoría, ya analizada anteriormente, es decir, que los significados e interpretaciones de los conceptos científicos y enunciados observacionales dependen del contexto teórico en cuyo marco se emplean y que les da sentido. Aunque la inconmensurabilidad es una propiedad general aceptada de las teorías científicas, el grado de esta inconmensurabilidad puede ser muy variable, desde aquellas teorías cuyos conceptos básicos sean intraducibles, con lo cual no compartirán ningún enunciado observacional, y serán totalmente incomparables, hasta aquellas otras donde estas operaciones conducen a enunciados compartidos; así, Feyerabend considera inconmensurables la mecánica clásica y la relatividad, la mecánica clásica y la cuántica, la teoría del impulso y la mecánica de Newton, el marialismo y el dualismo, etc. La existencia de la inconmensurabilidad no elimina, sin embargo, la posibilidad de comparar dos teorías; su gradualidad permite aprovechar las situaciones observacionales comunes y comparar las interpretaciones que da cada una en sus propios términos; en todo caso, se pueden valorar comparativamente aspectos generales de las teorías como su coherencia, su fiabilidad, su linealidad, etc.

Sin embargo, en el caso de la elección entre teorías, la inconmensurabilidad tiene como consecuencia lógica y evidente la subjetividad, según Feyerabend, que de esta manera alcanza una conclusión similar al relativismo de Kuhn, ya que si la comparación entre teorías nunca puede ser completa, al final deberán ser los criterios subjetivos y no los argumentos lógicos los que acaben de

concretar la decisión de elección. Un corolario de esta tesis subjetivista/relativista es que la pretendida superioridad racionalista de la ciencia sobre otras formas de conocimiento no es un resultado obvio ni trivial; el concepto de incomensurabilidad requiere que para decidir la supuesta superioridad de la ciencia deban compararse en profundidad las dos teorías que se analizan (sus objetivos, métodos, documentos, etc.), y sólo después de este escrutinio pueda pronunciarse un veredicto. En la tesis anarquista de Feyerabend la subjetividad del científico es bienvenida como un grado de libertad más a disposición del científico, y por tanto, una actitud humanista, en favor del científico como ser humano; aunque aparentemente negativa para concepciones tradicionales o ingenuas de la ciencia, la epistemología de Feyerabend, en el marco estrictamente científico incrementa la libertad de los científicos al negar la existencia de imperativos metodológicos en la ciencia, y en general, fomenta la libertad de las personas para elegir entre la ciencia y otras formas de conocimiento. En este aspecto, Feyerabend considera que la institucionalización de la ciencia, y en particular, la ciencia petrificada que se ofrece con preferencia en las instituciones educativas son incompatibles con la actitud humanitaria citada, esto es, coartan y limitan a la persona en su posibilidad de formarse una idea cabal de distintas formas de conocimiento, para después, libremente, elegir y decidir entre ellas; en particular, la ciencia debería estudiarse como un fenómeno histórico más, junto con otros que forman la cultura humana, para permitir la decisión libre de los ciudadanos. No obstante, la principal crítica que suele recibir esta posición extrema sostenida por el anarquismo metodológico es una enmienda a la totalidad: la libertad total del científico no es realista, puesto que todos los científicos saben que su tarea está mediatizada por múltiples factores como la situación de hecho que se encuentran, el instrumental que posee, la financiación disponible, las actitudes de los colegas, la capacidad intelectual del equipo, etc., factores que han sido desmenuzados por la sociología; por otro lado, si no existen reglas, si todo vale, en la práctica esto sólo suele servir para que todo siga igual, por lo que el anarquismo no suele ser un elemento práctico de progreso real.

El problema de la incomensurabilidad de las teorías no es algo exclusivo de la ciencia, sino que tiene analogías muy claras en otras construcciones humanas, la más clara de las cuales puede ser el caso de las lenguas; por más que se intente nunca dos lenguas se pueden hacer equivalentes, de modo que toda traducción de un libro supone perder algo de su lengua original ("traduttore, traditore" que reza el aforismo italiano). Estas consideraciones refuerzan el carácter teórico y mental, instrumental, falible y limitado, por contraposición al carácter holista que muchos quieren ver en la ciencia, cuando afirman que esta ofrece copias ideales, absolutas y verdaderas de la realidad de todas las construcciones humanas, la ciencia entre ellas. La conciencia de la limitación de las representaciones científicas no elimina un ápice de su utilidad, ni siquiera de su necesidad, y de ahí que la evolución de las teorías científicas sea una búsqueda incesante de la mejor traducción posible, de la misma manera que el bibliófilo se empeña en encontrar la mejor traducción de su libro favorito. El reconocimiento del carácter finito, falible y limitado de la ciencia no es más que el reconocimiento de la naturaleza humana de la misma, y en ese aspecto, abandonar la pretensión del holismo y del absoluto sobre ella, en todos los niveles, significa recuperar el humanismo en toda la extensión de la palabra. Desde una posición historicista, Max Weber (1992) considera la especialización en la ciencia, que tiene lugar hacia finales del siglo XIX, como la causa fundamental de la naturaleza limitada, falible y constantemente superada del conocimiento; en efecto, la especialización acaba con la figura del sabio universal capaz de abarcar todas las áreas, de modo que el trabajo del especialista ya no puede aspirar nunca más a obtener una visión de conjunto del mundo, y en consecuencia la especialización acaba con la posibilidad de ningún conocimiento absoluto, ya que siempre le faltará algún aspecto.

El grado de verdad de una teoría científica viene determinado por su aceptación como una teoría válida por la comunidad científica según Lakatos. La validez de una teoría científica es uno de los puntos más polémicos epistemológicamente, puesto que engloba complejas nociones científicas, teóricas y prácticas. La decisión de conservar o rechazar una teoría no está sometida a criterios generales o abstractos y es una de las más difíciles de explicar, ya que ni siquiera es totalmente racionalizable, pues se mezclan en ella voluntarismo y no existen condiciones necesarias (Fourez, 1994).

Una ingenua explicación del cambio de teorías en la ciencia considera que una teoría es conservada mientras no existe ningún resultado que contradiga sus presupuestos o predicciones, o bien, en el caso opuesto, que una teoría es rechazada cuando existe un resultado o experimento crucial contrario a

la teoría; en general, cuando la investigación revela defectos y contradicciones en una hipótesis o teoría, después de un período de confusión y conjeturas, se reemplaza por otra que parece sustancialmente correcta a la luz del conocimiento disponible. Sin embargo, esta imagen de la ciencia rápidamente autocorrectora y, hasta cierto punto automática, no se corresponde con la realidad histórica: teorías completamente erróneas se han establecido firmemente durante largos períodos de tiempo, sin ser eliminadas, a pesar de las evidencias contrarias (i.e. las teorías del éter, el flogisto, la generación espontánea o el calórico), mientras otras con evidencia crecientemente favorable no fueron reconocidas hasta después de mucho tiempo (i.e. la teoría de Wegener de la deriva continental).

En la visión inductivista, sobrepasar un determinado umbral de resultados empíricos favorables permite dar por probada la teoría, es decir, los resultados empíricos comprueban que la teoría es verdadera; en general, la ausencia de resultados contrarios hace que una teoría puede tener más favorecida su aceptación, pero existen muchos matices a esta afirmación general. Sin embargo, por más resultados empíricos favorables que coseche una teoría, la falta de validez lógica del principio de inducción no permite cerrar definitivamente nunca la aceptación de una teoría, tan sólo la hacen cada vez más verosímil, pero nunca definitivamente la comprueban o prueban. La visión popperiana determina el criterio de falsación como demarcación entre teorías científicas y teorías no científicas, de modo que todas aquellas teorías incapaces de determinar situaciones que sean susceptibles de ser falsadas, es decir, verificar que la teoría no funciona, no pueden considerarse teorías científicas. Lo crucial para la validación de una teoría es poder someterla a la prueba de que podría no funcionar, de modo que la aceptación de una teoría se incrementaría a medida que superase más falsaciones (aumenta su grado de corroboración).

Por otro lado, la validación o falsación de una teoría no sólo atiende a las evidencias empíricas, sino que los presupuestos teóricos que fundamentan la teoría también condicionan su aceptación, bien por su novedad, bien por su falta de tradición en la comunidad científica, u otros. La perspectiva popperiana ha insistido en este aspecto de considerar más importante los aspectos mismos de la teoría (qué presupuestos hace, qué hipótesis contiene, etc.), resaltando que el acto imaginativo de crear las teorías o modelos es más productivo que centrarse exclusivamente en las evidencias empíricas que se generan. En particular, la existencia en las teorías científicas de conceptos no falsables y elementos humanos no científicos que influyen en las decisiones ayudan a comprender que tampoco la falsación es un concepto absolutamente claro para decidir la validez de una teoría.

Las principales críticas al concepto de falsación como criterio de demarcación y validación de teorías resultan de la visión histórica de ciencia normal de Kuhn, dentro de la cual las teorías conviven con numerosas anomalías sin que por ello se den por falsadas, lo que demuestra que el falsacionismo es un concepto irreal y poco útil en la práctica, pues buscar siempre la falsación de una teoría disminuye las posibilidades de éxito de los científicos. El punto crucial de la visión kuhniana de la evolución en la ciencia es el cambio revolucionario de un paradigma por otro paradigma rival. Sin embargo, no existe un criterio racional, ni único, ni un factor determinante que pueda justificar el cambio de paradigma, debido a la inconmensurabilidad de los paradigmas, esto es, la imposibilidad de llevar a cabo una comparación estricta entre ellos, pues tienen principios y normas muy diferentes. Por ello, Kuhn considera que la adhesión de los científicos a un nuevo paradigma es fundamentalmente de tipo psicológico, un proceso análogo a un cambio de gestalt, en el cual influyen juicios sobre la simplicidad, el alcance, la coherencia, la compatibilidad con otros conocimientos, la satisfacción de necesidades sociales urgentes, la resolución de problemas científicos cruciales, convicciones personales, etc. La revolución científica se consolida cuando la comunidad científica se ha decantado mayoritariamente por uno de los paradigmas en competencia (criterio sociológico).

La teoría de los paradigmas y su cambio revolucionario fundamentan la teoría epistemológica de Kuhn. En los períodos de ciencia normal, las distintas interpretaciones posibles dentro del mismo paradigma que realizan los distintos grupos y científicos actúan como elementos que multiplican y varían el número y tipo de estrategias intentadas, aumentando las posibilidades del éxito a largo plazo. Sin embargo, la función de alternativa a la evolución acumulativa inductivista la cumple la revolución: si la ciencia estuviera siempre en un período normal, el progreso sería muy difícil; el paso revolucionario de un paradigma a otro es el aspecto esencial para el progreso eficaz de la ciencia.

Las tesis de Kuhn suponen el inicio de un planteamiento histórico en los análisis sobre la ciencia, pero han recibido críticas en cuanto a la precisión de los conceptos empleados (¿donde se debe situar el salto para considerar un cambio ciencia normal o revolución?). Por ello, posteriormente ha flexibilizado el concepto de revoluciones, considerando minirevoluciones a los cambios menores pero relevantes, que son más frecuentes; otros autores han diferenciado entre los cambios científicos democrático-pluralistas, los conceptos nómadas, las migraciones (colonización de nuevos campos) y ramificaciones (ocupación de campos menos desarrollados). Asimismo el autor ha debido revisar los conceptos de inconmensurabilidad de las teorías científicas y el concepto mismo de paradigma, que ha transformado en matriz disciplinar. En suma, frente a una postura de revolución crítica permanente en pos de la falsación de las teorías de Popper, Kuhn sugiere que ésta es excesivamente utópica, y una falsación así, en la práctica, sólo es posible en los raros momentos de crisis; frente a la lógica del conocimiento representada por la falsación popperiana, Kuhn sostiene una razón psicológica.

En esta tesitura del debate, desde una posición inicial popperiana, Lakatos intenta sustituir los criterios psicologistas kuhnianos por otros más racionales, situándose en una posición intermedia entre ambos, con su propuesta del apoyo fáctico o empírico a los programas de investigación. La racionalidad es un concepto central en la epistemología de Lakatos (1983), que describe el desplazamiento de una teoría (programas de investigación científica) por otra, como un resultado del exceso de contenido empírico de la teoría aceptada con respecto a sus competidoras. El progreso científico viene determinado por la aparición de programas científicos en competencia, consolidándose en la comunidad científica aquellos programas que no sólo explican los éxitos de otros programas rivales, sino que además les superan mediante un despliegue adicional de potencia heurística, pronosticando nuevos hechos empíricos (progresividad teórica) que pueden ser corroborados posteriormente (progresividad empírica). Los programas que resultan teórica y empíricamente más progresivos ganan la batalla de la confianza de la comunidad científica frente a los que no lo son tanto (regresivos), consolidándose, y ésta sería la marca de la reconstrucción racional de la ciencia, de modo que lo que externamente puede parecer caótico obedece a un estricto orden interno racional y que evidencia el carácter racional del desarrollo del conocimiento científico. En esta perspectiva, la racionalidad científica no es un fruto instantáneo, de modo que ni la verificación ni la refutación son consecuencia de una prueba ni de una anomalía, sino consecuencia de una decisión metodológica; se reconoce, incluso, que un programa anteriormente regresivo, puede llegar a articularse después como progresivo.

Un programa de investigación científica, que puede contener varias teorías, se acepta o rechaza si tiene un contenido empírico excedente (predicción de hechos nuevos) y mayor potencia heurística (capacidad de crear apoyo empírico) que sus rivales; a diferencia del falsacionismo, Lakatos sostiene que el apoyo fáctico sirven para corroborar un programa o teoría, siempre que este apoyo no sea una explicación ad hoc. Los conceptos de contenido empírico y potencia heurística constituyen una explicación popperiana de los períodos de ciencia normal kuhnianos, de modo que muchos ven la posición de Lakatos como un intento de conciliar ambas posturas enfrentadas, desde una perspectiva racional no exenta de dificultades.

Históricamente está bien documentada la existencia de teorías que por su utilidad o productividad se mantienen al margen de la falsación. Así se pueden considerar la ley de conservación de la energía, que ha resistido sucesivas falsaciones inventando nuevas formas de energía que mantenían la validez de la ley, o el concepto de evolución en biología. Paralelamente, la falsación o validación de una hipótesis no arrastra sólo la falsedad o verdad de una proposición escueta, sino que detrás hay todo un complejo mundo de líneas de investigación que se abren y cierran, las cuales llevan adheridos sentimientos de personas, que pueden englobar creencias, expectativas, o incluso, convicciones estéticas de los propios científicos, respecto a lo prometedor de unas u otras. Así es bien conocido que los estadios iniciales de la mecánica cuántica cosecharon agrias polémicas y oposiciones por considerar que la interpretación estadística de la función de onda era impropia de la descripción precisa o mecanicista de la física, a pesar de las evidencias empíricas favorables acumuladas; en otro aspecto, la repetidamente citada lapidaria frase de Einstein (Dios no juega a los dados) es bien reveladora de sus convicciones. Cualquier experimento crucial de falsación contiene tantos aspectos teóricos que para admitir su validez es necesario tener previamente determinada, según una teoría, el alcance de la misma.

En consecuencia, el rechazo de una teoría no es automático cuando se descubre un resultado contrario, como pretende Popper, fundamentalmente, porque una teoría es un todo complejo de presupuestos, prescripciones, leyes, hipótesis, etc. cuya función e importancia son muy variables, dentro del entramado hipotético-deductivo que forma la teoría. Matizando la posición popperiana, Lakatos (1983) sostiene que todas las teorías (programas de investigación) tienen un núcleo duro (la parte central y más importante de la teoría) y un cinturón protector de hipótesis auxiliares (en particular, la interpretación de todo resultado falsador necesita hipótesis auxiliares para su interpretación) que pueden ser modificadas a la vista de resultados contrarios, sin afectar al núcleo de la teoría. De modo que una teoría se puede autoproteger ante los resultados contrarios, bien abandonando la parte directamente cuestionada, o bien, reformulando nuevas proposiciones auxiliares (hipótesis "ad hoc") que permitan explicar los resultados empíricos contradictorios manteniendo la teoría incólume (en la historia de la física son clásicos ejemplos de hipótesis "ad hoc" el calórico para explicar los fenómenos caloríficos y el éter para explicar los resultados negativos del experimento de Michelson-Morley).

Para hacer predicciones contrastables desde una teoría se necesitan hipótesis auxiliares, de modo que el resultado de una contrastación se refiere a la teoría más las hipótesis auxiliares ¿hasta donde se puede llegar construyendo hipótesis "ad hoc" para salvar una teoría, o cuando las evidencias contrarias se pueden considerar concluyentes para rechazar una teoría? ¿cuando un resultado desconfirma la teoría o las hipótesis auxiliares? Este problema es conocido en la bibliografía epistemológica como el problema de Duhem y, como se ha visto, no existe una respuesta general para esta pregunta y la historia de la ciencia ilustra ejemplos para todos los gustos: unos donde el rechazo de la teoría ha sido inmediato y otros donde la decisión ha sido larga, difícil y costosa. Puesto que todas las decisiones se basan en interpretaciones empíricas, teóricas y otros factores adicionales, parece que no existiera una razón científica en sentido estricto, pero tampoco debe quedar la impresión que las decisiones son arbitrarias, en absoluto. Los seguidores de Lakatos sostienen que los hechos o hipótesis empleados en la construcción de la teoría (el núcleo duro) no pueden considerarse como apoyo fáctico de la teoría, que se puede considerar una salida paralela al popperiano conocimiento básico de las teorías, que invalida como hechos corroboradores todos aquellos que se sigan de este conocimiento básico (Radnitzky & Andersson, 1982). Las modificaciones ad hoc son, desde la perspectiva pragmatista, empíricamente progresivas porque ayudan a resolver un problema más de los que ya resolvía una teoría. Sin embargo, estas modificaciones comienzan a ser negativas cuando la efectividad global de la teoría o tradición de investigación resulta disminuida, porque aumentan sus dificultades conceptuales; en general, cualquier modificación en una teoría o tradición de investigación para resolver una anomalía sólo se debe considerar negativa si conduce a una disminución de la efectividad para la resolución de problemas.

La razón científica que sustenta la validación de las teorías ha sido concebida por Toulmin (1972) como una competitiva adaptación a la cambiante ecología conceptual que generan las sucesivas conjeturas y refutaciones, en base a una búsqueda colectiva, a través de procesos de negociación racional que se desarrollan en el seno de la comunidad científica, condicionados por diversos factores económicos, técnicos, personales, afectivos, políticos e ideológicos (Latour, 1992).

El cambio de teoría según Lakatos y Kuhn es explicado por las decisiones y elecciones de los científicos, en el primer caso con prescripciones difíciles de evaluar, y en el segundo, recurriendo a la sanción de la comunidad científica. Chalmers (1993) propone una concepción objetivista del cambio de teoría en la ciencia, apoyada en ejemplos tomados de la física, continuando la línea y rellenando un vacío de Lakatos, y que está basada en los conceptos de oportunidad objetiva y grado de fertilidad. Un programa de investigación posee un conjunto de posibilidades teóricas y prácticas que abre diversas vías de desarrollo, acordes con los elementos teóricos y prácticos disponibles del programa, muchas de las cuales coexisten, y que constituyen las diferentes oportunidades objetivas del programa. El grado de fertilidad de un programa evalúa las oportunidades objetivas del programa, esto es, la capacidad para abrir nuevas vías de investigación; el grado de fertilidad es una propiedad objetiva del programa, y es independiente de la conciencia de los científicos respecto a ella. El grado de fertilidad se determina por comparación cualitativa entre teorías, y no de una manera cuantitativa, y tiene la virtualidad de poner de manifiesto hasta qué punto oportunidades objetivas de desarrollo existentes en determinados programas no fueron, de hecho, aprovechadas históricamente.

La concepción objetivista de Chalmers se basa en el denominado supuesto sociológico, esto es, la existencia de científicos con los recursos necesarios para desarrollar el programa, de modo que si se cumple este supuesto, al trabajar sobre las oportunidades objetivas, alguna de ellas, en algún momento, será aprovechada por algún científico. Los programas que ofrezcan un grado de fertilidad mayor que otros, producirán un efecto neto a largo plazo de superar a sus rivales; incluso aunque la mayoría de los científicos elijan trabajar en el programa con menor grado de fertilidad, la minoría que elige el programa fértil terminará obteniendo el éxito. Por tanto, el reemplazamiento de las teorías se explica por su mayor grado de fertilidad, que es una propiedad del programa, en lugar de por las elecciones metodológicas de los científicos de Lakatos (propiedad individual), y en este sentido se dice que la concepción es objetivista ya que trasciende las elecciones y decisiones conscientes de los científicos. Esta concepción separa el problema de la elección de teoría por los científicos, del problema del cambio de teoría, que será un hecho inevitable, siempre que se cumpla el supuesto sociológico y esta condición tiene consecuencias interesantes sobre la planificación de la ciencia. En efecto, para que triunfe el programa de mayor grado de fertilidad es necesario que se cumpla el supuesto sociológico, esto es, que existan científicos con recursos desarrollando las oportunidades objetivas del programa; si no existen garantías de que esto se cumpliera, estaría imposibilitado el progreso. En la sociedad actual, la inversión en investigación está tan fuertemente coartada por agentes externos a la propia ciencia, tales como los gobiernos y las grandes corporaciones, que puede poner en riesgo el aprovechamiento de las oportunidades objetivas fértiles.

Para Laudan (1986) la evaluación de teorías y tradiciones de investigación se basa en la adecuación y el carácter prometedor. Para ello define la efectividad de una teoría en la resolución de problemas, como resultante del número e importancia de los problemas que resuelve, y las anomalías y problemas conceptuales que genera, y la adecuación de una teoría, como la mayor eficacia en la resolución de problemas (empíricos y conceptuales; potenciales, anómalos, etc.); una tradición de investigación es más adecuada que otra, en un momento dado, si el conjunto de teorías que la componen es más adecuado que las teorías de la tradición de investigación rival. El hecho que una teoría o tradición de investigación sea en un momento la más adecuada no es la única razón para su aceptación o consideración; se buscan teorías prometedoras o fértiles que permitan en el futuro extender el ámbito de la explicación o predicción. El progreso se define como la diferencia entre la eficacia de una teoría en la resolución de problemas en un momento y en otro momento anterior; la tasa de progreso es la velocidad a la que se produce el progreso, esto es la relación entre progreso y tiempo que se ha tardado en producir el progreso. El progreso general de una tradición de investigación se da cuando el cambio entre la tradición de investigación posterior y anterior muestra una mayor eficacia en la resolución de problemas, y análogamente, la tasa de progreso de una tradición de investigación mide el cambio durante un período de tiempo específico.

Se produce progreso en un dominio determinado si y solo si el conjunto de teorías muestra un grado creciente de efectividad en la resolución de problemas, o para plazos más cortos de tiempo, si la versión posterior de una teoría resuelve los problemas con más eficacia que la anterior. El progreso y la tasa de progreso son conceptos importantes para la aceptación, pero diferentes, ya que pueden discrepar mucho; existen teorías y tradiciones de investigación que son más adecuadas pero menos progresivas que otras, y viceversa. La aceptación, el rechazo, la utilización y la no utilización constituyen las grandes actitudes cognoscitivas que pueden legítimamente adoptar los científicos respecto a las teorías y tradiciones de investigación, con independencia de la verdad o falsedad de las mismas. La evaluación de teorías y tradiciones de investigación es algo fundamentalmente comparativo, lo cual significa que no importa el valor absoluto de la efectividad o progresividad, sino estos valores en comparación con sus rivales. Los rasgos individuales de una teoría, tales como la adecuación o la progresividad, no bastan para evaluar una teoría; sólo cuando se comparan estos rasgos de una teoría con otra se puede concluir algo sobre la aceptación o preferencia por las teorías.

La evaluación científica tiene siempre lugar en un contexto, relacionado con la determinación de la consistencia empírica de las teorías y tradiciones de investigación. Existen dos contextos diferentes: -Contexto de aceptación. La racionalidad en la elección de una teoría o tradición de investigación sobre sus rivales se basa en su progresividad. Este criterio es operativo, posee una racionalidad y puede ser aplicable a la historia de la ciencia.

-Contexto de utilización. Los científicos tienen razones para utilizar teorías o tradiciones de investigación que no son, globalmente, las más progresivas, es decir, las más aceptables, pero tienen la tasa de progreso más elevada, con lo que resultan altamente prometedoras.

El desarrollo efectivo de la ciencia está más próximo de la coexistencia de teorías y paradigmas rivales confrontadas entre sí, que del dominio de un paradigma y el salto brusco a otro (revolución). La coexistencia perenne de tradiciones de investigación rivales es más la regla que la excepción en el desarrollo de la ciencia. Por otro lado, las revoluciones pueden ser llevadas a cabo por una minoría de científicos en un campo particular. Una revolución científica se produce cuando una tradición de investigación, hasta entonces desconocida o ignorada por los científicos de un campo, alcanza un grado de desarrollo tal que los científicos comienzan a considerarla como aspirante a su adhesión.

La tesis relativista de la inconmensurabilidad de las teorías conduce a la imposibilidad de su comparación racional estricta debido a la imposibilidad de su traducción mutua o a un tercer lenguaje común "neutral". Los pragmatistas refutan la tesis de la inconmensurabilidad mediante dos argumentos:

-La resolución de problemas permite, al menos, coincidir en que ambas teorías rivales se refieren al mismo problema, aunque los supuestos teóricos necesarios para caracterizar el problema sean diferentes de las teorías que intentan resolverlo.

-El progreso. Se puede llevar a cabo una determinación aproximada del grado de efectividad para una tradición de investigación inventariando si ha resuelto los problemas que se planteó, si generó anomalías o problemas conceptuales, si ha ampliado el número de problemas resueltos en el tiempo y si ha reducido al mínimo los problemas conceptuales y las anomalías, que sirve de base para hacer una comparación de su progresividad, y decidir racionalmente sobre su aceptabilidad.

La pretensión de demarcar ciencia de no-ciencia ha fracasado, ya que no parece existir un rasgo epistémico que diferencie entre diversas disciplinas intelectuales; quizá la dureza de los procedimientos de puesta a prueba pueda ser uno de los rasgos más apoyados, pero algunas consideradas ciencias no los utilizan. El propósito, más bien, debería ser distinguir las pretensiones de busca de conocimiento contrastadas y fiables de las fraudulentas, y en este aspecto, el propósito debería ser distinguir si las teorías tienen un alcance amplio y demostrable en la resolución de problemas, con independencia de otras cuestiones.

En suma, la evaluación de teorías es fundamentalmente comparativa, centrada en la eficacia para resolver problemas, generar menos problemas conceptuales y anomalías y en su progresividad, pero no como valores absolutos, sino en relación a las demás teorías con quienes se debe comparar. Desde una perspectiva de resolución de problemas, se impone una condición adicional para realizar esta comparación, cual es tener en cuenta el desarrollo histórico de las tradiciones de investigación, es decir, incluir en la evaluación de la teoría no sólo la efectividad para resolver los problemas y el contenido de progresividad, sino también toda la historia de la tradición de investigación donde se inscribe la teoría evaluada, en la cual se incluyen conceptos como la adecuación (las teorías que constituyen la tradición son más adecuadas) y el carácter prometedor (prospectivo) de la tradición.

Desde una perspectiva dialéctica, Geymonat (1980) aplica el método dialéctico a al crecimiento de la ciencia. Su análisis se basa en el concepto de profundización, que consiste en un proceso dinámico de mejora del conocimiento, que no aporta novedades sustanciales a las ideas comentadas hasta aquí. La dinámica de las teorías debe analizarse en el marco global de todo el patrimonio científico-técnico, que abarca los aspectos cognitivos, procedimentales y sociales en la elaboración del conocimiento, siendo el punto crucial la conexión entre la teoría y la praxis que se pueda concluir de la aplicación de la metodología dialéctica. Los aspectos de idiosincrasia y libertad metodológica de la dialéctica, que pretenden superar la rigidez lakatosiana, y el objetivo de demostrar que el crecimiento de la ciencia participa de la racionalidad general de la historia de la humanidad parecen objetivos distintos a los de otros análisis.

En resumen, la aceptación y cambio de las teorías científicas es un aspecto dotado de todas las complejidades de las decisiones humanas, aumentado por la naturaleza avanzada, colectiva y especializada característica del conocimiento científico. La racionalidad colectiva construida está encaminada a integrar los conocimientos y las decisiones en una red, social y material, que dota de sentido global a toda la construcción, y por ello no es, estrictamente, una razón puramente lógica. Por tanto,

cuando una teoría se abandona es porque la construcción pierde el sentido, y ello supone dejar de lado todo un programa de investigación y la red social y material que le es propia. Por su parte, la teoría vencedora en la competición produce un discurso que tiende a reforzar su propia racionalidad y ocultar los elementos externos a esa nueva racionalidad.

Por último, como colofón de esta exposición epistemológica, necesariamente sucinta, que no puede ser exhaustiva ni en la relación ni en la discusión y defensa de cada una de las posiciones comentadas, debe decirse que el análisis epistemológico ha sido una de las perspectivas que más han contribuido a clarificar el papel y la naturaleza de la ciencia. Como es obvio existen otras perspectivas posibles de análisis sobre la ciencia, y entre ellas, en las últimas décadas han descollado los análisis sociológicos del conocimiento científico, que se abordan en un próximo capítulo y que constituyen un adecuado complemento del análisis epistemológico de la ciencia.

CAPÍTULO 3. EPISTEMOLOGÍA DE LA TECNOLOGÍA

Desde siempre, en su esfuerzo por dominar y controlar los recursos y fuerzas del medio entorno en su beneficio, el género humano ha sido tecnológico. La técnica se identifica con este esfuerzo y con las realizaciones prácticas a que ha dado lugar, desde la creación del fuego, hasta el estudio de los astros, pasando por la alfarería, la fundición de los metales, o la navegación. Sin embargo, lo que distingue nuestra época de cualquier otra pasada es la importancia trascendental que ha adquirido lo técnico y la tecnología.

La importancia de la tecnología en la vida actual resalta, por contraste, el tardío reconocimiento que las actividades técnicas han tenido, desde siempre, para el progreso humano. Actualmente, existe una clara conciencia que el ritmo acelerado del desarrollo tecnológico afecta crecientemente nuestra vida, se relaciona más profundamente con una mayor cantidad de actividades, y abarca progresivamente a todos los humanos, en todas partes del mundo. En suma, la tecnología en el mundo actual es, no sólo una disciplina de conocimiento, sino un verdadero rasgo cultural de nuestra época, y por las previsiones actuales parece que tendrá un peso crecientemente mayor como factor cultural. En otras palabras, si no se rompe la actual tendencia evolutiva, la cultura futura será crecientemente una cultura tecnológica.

EL CONCEPTO DE TECNOLOGÍA

Paradójicamente, como sucede casi siempre con todos los fenómenos capitales y universales, aunque todo el mundo habla de técnica y tecnología, el excesivo uso de las palabras crea inflación en los conceptos, y la complejidad del fenómeno hace que resulte muy difícil alcanzar una definición suficientemente satisfactoria para recoger todos los recovecos de la complejidad, y sobre todo para satisfacer todas las opiniones. Popularmente, lo técnico y la tecnología son sinónimos primarios de artefactos, es decir, objetos elaborados por los humanos, sobre todo de tipo material (arado, crisol, televisión, imprenta, máquina de vapor, aeronaves u ordenadores).

En este sentido se distingue entre artefacto (objetos materiales captables por los sentidos primarios) y producción técnica general, que se referiría a cualquier ente, material o no material. De hecho, a lo largo del desarrollo histórico de la técnica, los estadios iniciales se caracterizaron por el predominio de los artefactos, pero el estadio técnico avanzado que se vive hoy día se caracteriza más bien por la abundancia de producciones no materiales (técnicas educativas, planificación económica, estructuras organizativas, programas de ordenador, etc.). Cualquier objeto, o cualquier actividad, no constituyen necesariamente una producción técnica, ya que ésta tiene una serie de características propias que se irán desgranando.

Teniendo en cuenta la evolución histórica, se han propuesto algunas definiciones para los conceptos tecnológicos. La técnica es una obra humana, ligada intrínsecamente desde sus inicios a las necesidades vitales de supervivencia y dominio de la naturaleza por el género humano, de modo que la técnica está ligada a la humanidad, ya que si existen técnica y tecnología es porque la humanidad los creó.

Atendiendo a las funciones generales que la tecnología ha cubierto en relación con los humanos, Ortega (1939) distinguió tres períodos en la evolución de la tecnología.

El primero es el período de la técnica del azar, caracterizado por descubrimientos puramente casuales y ausencia de reflexión. Las actividades técnicas son escasas, sencillas y aparecen como indiferenciadas de las demás actividades de la vida ordinaria, y el humano no tiene autoconciencia de autoría sobre los descubrimientos técnicos, que se le aparecen como un suceso más de la naturaleza. Conviene subrayar que la naturaleza azarosa de la técnica, en esta primera época, no se debería referirse al surgimiento de la técnica, que como ya se ha dicho está enraizada antropológicamente, en el propio ser de los humanos, y por tanto, inevitable en una u otra forma, sino que su práctica rudimentaria inicial carecía de una conciencia sistemática del hecho técnico.

El segundo período de la técnica de los artesanos se distingue por un aumento de las actividades técnicas, pero sin que estas actividades constituyan una parte relevante del mantenimiento de la sociedad. Los agentes de las actividades técnicas son los artesanos, una casta especial depositaria de unos repertorios de destrezas propias y diferenciadas de los demás, que no las poseen; sin embargo, no existe

todavía conciencia de la autoría del invento, ya que las destrezas artesanales se transmiten por tradición, como un depósito gremial, a través de un largo proceso de aprendizaje, donde no hay lugar para la innovación, sino tan sólo para ligeras variaciones de estilo. El maestro artesano une en su figura la planificación de la actividad y la ejecución, incluso a veces, no muy claramente diferenciadas.

En el tercer período de la técnica del técnico, las actividades técnicas han crecido exponencialmente, constituyendo la base de la sociedad (construcción, ingeniería, fábricas, industrias), de modo que el hombre ya no vive en la naturaleza, sino en una naturaleza parcialmente artificializada por la tecnología. La complejidad de las herramientas y máquinas produce la división de las actividades técnicas, por un lado, en la planificación, reservada a los técnicos de alto nivel, y por otro, en la ejecución, susceptible de subdividirse en unidades tan simples que están al alcance de cualquier operario sin calificación. Esta división origina cambios importantes en el sistema productivo y en la organización del trabajo (tailorismo, producción en cadena, etc.), operándose paralelamente una división de la sociedad en clases (capitalista, técnico, obrero). Los humanos cobran conciencia de autoría de inventos y descubrimientos en su condición de técnicos, de modo que este conocimiento le permite intencionalmente planificar y mejorar los artefactos.

Quizá, desde una perspectiva limitada a la concepción simplista centrada en los artefactos, la técnica se podría reducir a una historia de fechas, inventos e inventores. Hay tratadistas que proponen una versión de lo técnico centrada en las creaciones de artefactos materiales (Kranzberg & Pursell, 1981), con exclusión implícita o expresa de los artefactos conceptuales o inmateriales, tales como un verso, una sinfonía, un programa de ordenador, una ley, el organigrama de una empresa, una sentencia judicial o una historia cinematográfica). En cambio, otras definiciones tan amplias como la siguiente "cómo suelen ser hechas las cosas ... y qué cosas son hechas", incluiría todo tipo de artefactos, tanto materiales como inmateriales. Entre estos dos extremos existen diversas posiciones sobre lo técnico y la tecnología que intentaremos analizar progresivamente considerando diferentes aportaciones.

El vocablo técnica se suele usar en el lenguaje ordinario para referirse a toda actividad transformadora del entorno medio ambiental con el fin conseguir una modificación en él, en principio, valiosa para el ser humano. En esta órbita, se puede citar la definición que hace Quintanilla (1989) de la realización técnica, como "sistema de acciones humanas intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso".

Desde esta perspectiva, la actividad y producción técnica se caracterizan por poseer una teleología, una intencionalidad, es decir, conseguir un resultado valioso o beneficioso, caracterizado por la utilidad y la eficiencia en la consecución del objetivo. Resulta obvio que esta descripción constituye una aproximación muy general al concepto de la técnica como intento intencional, pues dentro de ella cabrían desde las actividades artesanales del alfarero o el carpintero hasta las operativas del ingeniero que diseña un nuevo programa de ordenador. Sin embargo, se excluyen de esta definición todas las actividades humanas que, incluso produciendo un resultado valioso, carecen de teleología o intencionalidad transformadora (sacrificar un animal enfermo para evitarle sufrimientos), pero también aquellas que teniendo una intencionalidad no pueden demostrar la causación del resultado (p.e. la quiromancia o la astrología).

La naturaleza teleológica de la técnica tiene una raíz antropológica, derivada de la capacidad intelectual de los humanos para adaptar el entorno a nosotros mismos (construyendo otro más favorable), y no sólo de limitarnos a adaptarnos nosotros al medio, como el resto de los animales. La estructura antropológica primaria exige un asentamiento en la realidad, que se ejercita a través del conocimiento de ésta y con la puesta en práctica de los resultados de este conocimiento para satisfacer las necesidades, y este es el punto de partida crucial para comprender el fenómeno técnico (Queraltó, 1993).

La restricción de la acción técnica al dominio de las fuerzas naturales también puede estar claramente superado hoy en día, como por ejemplo, el caso de muchos juguetes que no representan ningún dominio de la naturaleza, o en todas aquellas técnicas nacidas al amparo de la sofisticación de la vida moderna, como los semáforos para regular la creciente densidad del tráfico en las ciudades, y que no están necesariamente dirigidas hacia la naturaleza. Esto revela que la producción técnica tiene un dinamismo funcional externo que le viene de la necesidad de eficiencia y utilidad exigida por sus fines de asentamiento, a diferencia de la naturaleza, cuyo dinamismo es interno y no puramente teleológico. La

eficacia por la eficacia, sin ninguna referencia al valor de uso, conduciría a la deshumanización de la técnica, porque excluiría el origen antropológico inherente a toda técnica, reduciéndola a la pura instrumentalidad, defecto tecnologista muy habitual en la civilización técnica moderna, que conduce a la pérdida radical del sentido y distorsiona una correcta comprensión humanista del fenómeno técnico; en suma, la racionalidad técnica es una relación establecida por la humanidad y no, exclusivamente, por la propia técnica.

Otro aspecto complementario de estas consideraciones es que la relación de utilidad que proporciona la técnica viene definida, en muchos casos con exclusividad, por una funcionalidad relacional de caja negra, donde sólo interesan las entradas y las salidas que se obtienen de la producción técnica; tal es el caso de muchas producciones cuya utilidad y resultados son patentes, aunque se desconozcan los principios de funcionamiento de la producción, por ejemplo, las técnicas de trabajar los metales en el paleolítico o la máquina de vapor en su invención.

La intencionalidad de la acción técnica es evidente con mayor frecuencia en el acto de su realización, pero no tiene porqué circunscribirse a este momento, sino que puede residir sólo en su planificación, o en ambos momentos, planificación y ejecución. Así, la intencionalidad técnica no está presente en la ejecución cuando el agente hace su tarea de una manera automática, carente de deliberación (un obrero en una cadena actuando mecánicamente), o, incluso, en el caso de acciones técnicas donde no existe agente humano, como es el caso de los semáforos reguladores del tráfico, remitiéndose a la etapa de planificación de la técnica.

En segundo lugar, el valor o beneficio del resultado técnico es también polisémico, pues aunque nace de la primigenia intención de los humanos por dominar y controlar la naturaleza en su beneficio, es claro que tiene un sentido más amplio. Abarcaría no sólo la disposición de objetos materiales no existentes con anterioridad, sino también el logro de una mayor eficiencia en la realización de una actividad, o el simple mayor bienestar del ser humano como consecuencia de la actividad; en suma lo que se suele denominar por algunos utilidad o valor de uso. Ciertamente, cabría discutir también en qué consiste la utilidad, lo cual, obviamente, sería un problema un poco más complejo, pues deberíamos entrar en la valoración de algo, para decidir el grado de utilidad, si lo tiene, y que llevaría directamente a cuestiones éticas, como la posible ambivalencia de la técnica (beneficiosa para uno, perjudicial para otro, etc.) y que se abordarán más adelante. No obstante, sin llegar tan lejos, si convendría matizar que la utilidad de la técnica y la tecnología va más allá del simple dominio de las fuerzas naturales para satisfacer las necesidades humanas, como se ha sobresimplificado a veces; la técnica es una respuesta no sólo para la satisfacción de las necesidades, sino en un sentido más amplio de los deseos humanos (que engloban necesidades básicas y necesidades culturales). El caso de los juguetes, como instrumentos tecnológicos para el ocio, podría ser adecuado para ejemplificar esta idea, y puesto que los deseos humanos difícilmente tendrán límite, parece que la técnica tampoco alcanzará nunca a colmar estos deseos, y por tanto, carece de límite. La utilidad técnica no debe reducirse a la pura operatividad eficaz de la producción realizada, como un criterio formal autosuficiente por sí mismo que nos conduciría al imperativo tecnológico (la exclusividad de la razón técnica como criterio de valor), sino que debe remitirse a un valor de uso por relación a los deseos o necesidades humanas que la han originado. En todo caso, la intencionalidad, utilidad, eficiencia y capacidad para la satisfacción de los deseos humanos, indispensables o no, son notas inherentes y permanente de las acciones técnicas, que las distinguen de otras acciones del ser humano.

Por último, el desarrollo técnico supone un esfuerzo, un trabajo, y por tanto, la técnica ha estado siempre ligada a las finalidades y la organización del trabajo humano, la eficiencia de las herramientas y máquinas y la eficiencia de las organizaciones productivas, y por ende, ligada a la economía y el poder económico y político a través, sobre todo, de las técnicas industriales y militares. Las enormes posibilidades alcanzadas por el desarrollo actual de la técnica realzan su papel como instrumento de dominio y poder; la ambición de alcanzar el poder tecnológico corre el riesgo de subvertir el planteamiento de la técnica como simple medio del asentamiento humano en el mundo, para erigirse en un fin en sí misma (otra vez, el reduccionismo del imperativo tecnológico), que transforma a la humanidad en instrumento de la razón técnica que deviene en fin. Este sentido de poder y dominio de la técnica es reflejado abstractamente por la definición de técnica como "capacidad de disposición científicamente

racionalizada sobre procesos objetivados, refiriéndose al sistema en el que investigación y técnica están conectadas con la economía y la administración y retroalimentadas por ellas" (Habermas, 1984; p. 123).

El vocablo tecnología, atendiendo a la perspectiva puramente semántica del significado griego "logos" (tratado), sería el tratado o disciplina de la técnica y lo técnico, es decir, la disciplina cuyo objeto de estudio son las actividades técnicas y todo lo que las envuelve, especialmente sus resultados y realizaciones. Como toda disciplina, la tecnología es una estructura de conocimiento de lo técnico, que aspira a estudiar la evolución de las técnicas, describir sistemáticamente sus conocimientos propios, fundamentar, explicar, tutelar y pautar sus realizaciones, constituyéndose en guía prescriptiva y prospectiva de la ortodoxia disciplinar. La tecnología es la disciplina de lo técnico, en toda su extensión, e incluso a veces se habla de tecnologías, en plural, de la misma manera que se habla de ciencias, para referirse a las distintas áreas especializadas dentro de la disciplina (tecnologías energética, de la construcción, aeronáutica, quirúrgica, mecánica, informática, etc.). Por ello, la tecnología abarca en toda su amplitud toda la variedad de significados, ya comentados para la técnica, añadiendo aquellos específicos de toda matriz disciplinar. La tecnología comprende los artefactos (materiales y conceptuales), las técnicas (como conjunto de destrezas, recursos y procedimientos necesarios para construir un artefacto), como método de mejora eficiente (que incluiría conceptos como invención, diseño, innovación, propagación y evaluación), y en fin, como matriz disciplinar, lo cual implica un asentamiento como área especializada de actividad, como área de aprendizaje en la escuela o en la universidad. Toda esta multiplicidad de significados asociados con el significado de la tecnología puede llevar a diferentes realizaciones y actividades relacionadas con la tecnología, según los objetivos pretendidos o el estilo de desear enfatizar alguna de ellas. En todos los casos, la matriz disciplinar es la misma, aunque se subraye alguno de sus múltiples rostros o rasgos.

La tecnología, como disciplina o tratado de la técnica, es una forma cognoscitiva derivada de la técnica. Como cualquier otro modo de conocimiento, la tecnología implica una reducción de la realidad en el sentido específico determinado por las peculiaridades de la producción técnica. Entre estas peculiaridades del conocimiento tecnológico se pueden citar la unidireccionalidad, consecuencia de la funcionalidad concreta que pretende, la instrumentalidad, consecuencia de centrarse en el estudio y producción de medios instrumentales, la disponibilidad y reserva completa y eficaz de las producciones técnicas, consecuencia de la utilidad y eficacia exigidas, y, aunque la frontera entre lo artificial y lo natural se ha ido estrechando cada vez más, se puede decir que la regulación técnica es artificial, consecuencia de la dinamicidad externa impuesta por los humanos. No obstante, teniendo presente que el conocimiento humano conforma un sistema complejo retroalimentado por todas las posibles perspectivas de conocimiento utilizadas, la unidimensionalidad o instrumentalidad de la técnica no son desventajas, si no se cae en el reduccionismo de considerarse únicas y excluyentes, sino ventajas, en tanto en cuanto permiten el progreso de la tecnología por sus métodos específicos, y al mismo tiempo pueden aportar su propia visión a ese sistema universal que constituye el conocimiento.

Una de las definiciones más clarificadoras y coherentes de tecnología ha sido propuesta por Bunge (1980), aunque no suele ser muy citada por los tratadistas y tecnólogos. Un cuerpo de conocimientos es una tecnología si, y solamente si, cumple las dos condiciones siguientes: a) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico, y b) se emplea para crear, transformar o controlar cosas o procesos, naturales o sociales.

Esta definición es muy precisa, severa y exigente, pues incluye las disciplinas orientadas a la práctica, aunque sólo si practican el método científico, precisando que sólo una técnica es tecnología cuando engloba también la fundamentación científica del acto técnico. En primer lugar, excluye explícitamente todas aquellas disciplinas que sustraen sus prescripciones al control del método científico (por ejemplo, la radioquinesia, el curanderismo o la astrología). La definición toma el concepto de ciencia y tecnología simultáneamente, de modo que excluye de la tecnología todas aquellas actividades que prescindan de los conocimientos científicos, tales como el simple conocimiento ordinario o las prácticas artesanales; en particular, excluiría de considerar tecnología a las artesanías practicadas al margen de los conocimientos científicos (por ejemplo, el alfarero que construye sus cerámicas sin ningún conocimiento específico sobre sus materiales). Esto no quiere decir que no se reconozca el papel del conocimiento ordinario o las destrezas artesanales como raíces de la tecnología, pero no se les considera propiamente

tecnologías si no incorporan conocimiento y metodologías científicas, es decir se considera que la tecnología tiene componentes no científicos, que resultan aceptables si van acompañados del conocimiento y método científico, pero recusables si carecen de esta compañía.

Sin embargo, esta es una definición avanzada y abierta, ya que permite abarcar todas las modernas técnicas, que van más allá de la simple creación o transformación de objetos materiales (artefactos), tales como los procesos de control, la creación de objetos y procesos conceptuales (por ejemplo, la informática) y estructurales (la investigación operativa y la teoría de sistemas).

Una posición convergente con ésta de Bunge, especialmente en lo que se refiere a la primera condición, es sostenida por Queraltó (1993) desde una perspectiva puramente filosófica. El término técnica se referiría al conjunto de medios e instrumentos que se originan como consecuencia del fenómeno de actuación del hombre sobre la naturaleza para adaptarla a él, principalmente a niveles físico-materiales. En contraste, la tecnología se puede entender como la "técnica científica", es decir, las técnicas derivadas de, e inspiradas directamente por la ciencia natural desarrollada a partir del siglo XVII. Por exclusión, se reservaría el término técnica para las actividades prácticas precientíficas, no inspiradas en el conocimiento científico. En todo caso, dada la alianza e imbricación existente entre la ciencia y la tecnología contemporáneas, debido al desarrollo excepcional alcanzado por ambas, propugna el uso indistinto de técnica o tecnología, sin mayores distingos para describir la producción tecnológica. La técnica y la tecnología es, "además de estudio y producción de medios instrumentales, un modo de acceso al mundo, sea al conocimiento del mundo como a la transformación de éste" y "la complejidad del fenómeno técnico es muy acentuada, y que intentar comprenderlo bajo un solo aspecto conduciría inexorablemente a una visión especialmente desenfocada" (Queraltó, 1993, p. 37).

Existe un consenso implícito en que el concepto de tecnología expuesto supera al concepto simple de técnica, aún cuando no exista un consenso sobre la adecuada utilización de estos dos términos. Parece obvio que el paso de las simples técnicas concretas, propias de las prácticas artesanales, a la tecnología implica un progreso cualitativo evidente: desde una perspectiva cuasi artesanal de la técnica a un concepto de tecnología como una forma nueva de conocimiento y de acceso al mundo. Esta nueva forma supone una amplificación de la percepción sensorial e intelectual del mundo.

La amplificación sensorial que provee la tecnología es manifiesta si pensamos en artefactos como el microscopio electrónico, la tecnología láser o los modernos radiotelescopios y sondas espaciales; la humanidad no sólo percibe otros mundos, vedados hasta ahora, sino que profundiza la sensación del propio mundo hasta límites jamás imaginados con ayuda de las nuevas tecnologías.

La amplificación intelectual ha servido para elevar las capacidades humanas hasta niveles insospechados, por ejemplo en las áreas del cálculo numérico, que han permitido el diseño de máquinas y experimentos imposibles sin él, y del control, potenciando los automatismos, la robótica y la inteligencia artificial.

La amplificación sensorial y cognitiva proporcionada por la tecnología, aparte de los logros técnico-científicos concretos que ha permitido, en un plano general, ha modificado la concepción del mundo real por la humanidad, produciendo una mutación en la comprensión cosmológica global y del lugar que el hombre ocupa en esa cosmología ampliada por la tecnología. Al mismo tiempo, la aceleración extraordinaria con que se están produciendo los avances tecnológicos induce una evolución permanente. Por otro lado, este progreso acelerado del fenómeno técnico sugiere una imagen de la naturaleza como un gigantesco almacén inagotable de utilidades técnicas, que cada vez están más próximas y relacionadas unas con otras, hasta el punto de producirse un encadenamiento retroalimentado de las funciones técnicas, que está en la base de esta evolución superacelerada de la tecnología. La tecnología se constituye así en una organización sistémica, el sistema tecnológico, formado por el conjunto de técnicas, conocimientos y el contexto sociocultural (usos, valores, normas, costumbres, etc.). Como ya se ha comentado antes, el gran peligro de esta evolución es llegar a considerar la forma tecnológica como la única forma de entender el mundo, cayendo en el reduccionismo tecnológico, que lleva al imperativo tecnológico como única razón de verdad exclusiva y excluyente, olvidando la raíz antropológica que la justifica. La cosmología tecnológica no puede ser la única cosmovisión racional del mundo, porque incluso reconociendo la extraordinaria relevancia alcanzada por la tecnología, ésta no deja de ser una, entre otras posibles racionalidades humanas.

LA TECNOLOGÍA Y LA RAZÓN TÉCNICA

La razón técnica es la forma de racionalidad asociada a la tecnología, y dado el predominio de ésta en el mundo contemporáneo, es patente una impregnación de la cultura actual por los imperativos que se deducen de esta forma de raciocinio, y por ello resulta interesante analizar las aportaciones y los peligros que tal impregnación supone. Queraltó (1993) considera que la razón científica, como racionalidad característica en la modernidad, está siendo sustituida progresivamente en los últimos años del siglo XX por la razón técnica, como un producto racional más acabado por la creciente importancia de lo tecnológico, que estaría determinando lo científico.

La tecnología se caracteriza por la disponibilidad y la utilidad de sus productos de conocimiento, por lo que la razón técnica, es, fundamentalmente, un tipo de razón práctica (no teórica), es decir un tipo de razón cuyo criterio de verdad reside en la utilidad del producto, si es posible inmediata. El criterio de verdad de la razón técnica, por su propia naturaleza, es la confirmación de su carácter de instrumento por la consecución de la utilidad inherente al mismo. La razón técnica se autodetermina por la teleología del objeto técnico o proceso tecnológico que lo hace disponible y eficaz.

La razón técnica es una razón relacional, esto es, una forma de racionalidad que no se ocupa de la naturaleza y estructura de los entes, como la razón científica, sino de las relaciones que se establecen entre ellos. Ahora bien, las formas de relación a que se refiere son muy reducidas, puesto que están condicionadas por la unidireccionalidad del fin perseguido, el objeto o proceso técnico, de manera que la racionalidad técnica es cuasi-cerrada por su racionalidad teleológica propia. Sin embargo, el progresivo crecimiento del desarrollo tecnológico hace que la razón relacional, aunque limitada conceptualmente por el fin propio, abarque cada vez un mayor número de entes, todos aquellos que son progresivamente tocados por el crecimiento tecnológico. Esta limitación de las relaciones de la razón técnica, que es necesaria para poder satisfacer sus fines de disponibilidad y eficacia y su apertura superior a otras relaciones, supondría la eliminación de la misma.

La razón técnica es una razón instrumental, es decir, una razón cuyo objetivo es la consecución de su finalidad a través del conocimiento de un medio, y no tanto el conocimiento de la verdad, más propio de la razón teórica. Esta instrumentalidad confiere a la razón técnica un cierto carácter de automatismo entre los medios y la capacidad de acción y el logro de sus objetivos. El automatismo instrumental de esta razón técnica y el carácter sistémico y progresivo de la tecnología esconden una naturaleza totalitaria, por su tendencia natural a absorber dentro de su ámbito a las otras formas de racionalidad humana. Por tanto, es necesario tener claro el verdadero lugar de la razón técnica, ya que es sólo una forma de razón práctica, sometida a los criterios de valoración de ésta, y que no puede sustituirla, y además, su naturaleza es esencialmente antropológica y limitada a las exigencias derivadas de la satisfacción de las necesidades del asentamiento de los humanos en el mundo.

La razón técnica, como un tipo de razón práctica, no agota ésta, que es más amplia que aquella, aunque la suplantación de ésta por aquella es uno de los riesgos de su predominio en el mundo actual. El reduccionismo de la razón práctica a la razón técnica (reduccionismo tecnicista) nos lleva al entroncamiento como fines de lo que sólo son simples medios o instrumentos, y a la eliminación de otras formas posibles de racionalidad, como la teórica (búsqueda de la verdad) o la moral (valoración de las acciones humanas), que nos lleva a la eliminación de los objetivos propios de éstas, como por ejemplo, la eliminación de las exigencias morales de la razón práctica en favor de la razón técnica.

La razón técnica constituye también una racionalidad sistémica caracterizada por una unidad global que se autoregula; los fines unidireccionales externos, propios de la tecnología, se logran gracias a la relación sistémica y autoregulada interna del sistema tecnológico. Este carácter sistémico lleva a una apertura interna de la razón técnica, a través del análisis del sistema tecnológico, de manera que justifica y acrecienta las tareas de un modo de conocimiento tecnológico, cuya consecuencia es la ampliación del campo de acción de los objetos o producciones técnicas, esto es, se aumentan el número de las relaciones instrumentales que permite establecer. De esta manera, el conocimiento instrumental, caracterizado clásicamente por un "saber cómo" se une definitivamente también al "saber qué", que algunos consideran exclusivo de la razón científica, de modo que permite a la razón técnica crear las condiciones de su propio

desarrollo. Estas reflexiones permiten justificar teóricamente la creciente identidad actual entre ciencia y tecnología, no sólo como una necesidad de la ciencia que necesita de los artefactos tecnológicos para ampliar su capacidad de conocimiento y desarrollo, sino que la tecnología se ve abocada al mismo proceso de identidad entre saber cómo y saber qué, por su propia necesidad de crecimiento y desarrollo.

El progreso de la razón técnica que surge de su propia naturaleza interna sistémica carece de límites predeterminados de tipo técnico, y aunque su valoración, en principio, es técnica (en función de la disponibilidad, eficacia, operatividad respecto a los fines que busca), esta valoración no determina el carácter de progreso social o antropológico inherente a los mismos, que ha de ser valorado en función de otras instancias de la razón práctica (de ahí, la necesidad reiterada de evitar el reduccionismo tecnológico), pues los logros y progresos técnicos no son fines sociales o antropológicos en sí mismos. El ejemplo más ilustrativo de lo que se quiere decir sería la producción de artefactos letales, tecnológicamente avanzadísimos, pero injustificables antropológicamente. La valoración del progreso técnico no puede llevarse a cabo con criterios puramente técnicos, que favorecen la unidireccionalidad y la peligrosa inversión entre fines y medios tan propia del reduccionismo. Habermas (1984) ha expresado esta tesis afirmando que la legalidad propia y autónoma del progreso técnico no es aceptable por sí misma, no sólo porque ésta hoy día depende, en gran medida, de las inversiones públicas, y no es aceptable que éstas, como expresión de la voluntad democrática, contribuyan a crear un sistema técnico que reemplace y coaccione a la voluntad política democrática imponiendo las finalidades inmanentes autocreadas por los propios artefactos. A pesar de esta tensión entre técnica y democracia, que evidencia la dificultad de una convergencia entre ambas, afirma también que la técnica no es incompatible con la democracia; la solución más idónea es reconducir la tensión hacia una situación más productiva antropológicamente, con lo cual se entra directamente en los temas de planificación de la ciencia y tecnología y el control de los efectos no planificados del progreso técnico (decisiones sociocientíficas).

La razón técnica constituye también un instrumento de transformación social. La disponibilidad, la eficacia y la sistematicidad propios de la razón técnica se extienden por la sociedad, produciendo una organización técnica de la sociedad, que se plasma en técnicas sociales (administración, educación, dirección) y en la adaptación de las estructuras sociales a los requerimientos sistémicos de la razón técnica, lo cual supone un salto cualitativo hacia adelante similar a la transformación en la producción industrial de artefactos en los años de la revolución industrial, pero de mucho mayor calibre como se comprende fácilmente. El ejemplo más obvio es la creciente informatización en todos los niveles sociales, desde la burocracia del estado, pasando por las empresas, hasta llegar a los hogares particulares.

EL MUNDO TECNOLÓGICO

Las consideraciones anteriores establecen que la razón técnica opera de una manera irremediable en nuestro mundo, alterando las categorías de comprensión de la naturaleza y de autocomprensión de nosotros mismos, produciendo lo que se denomina una concepción tecnológica del mundo (Queraltó, 1993), es decir, un mundo específicamente técnico, donde el hombre vive usando la técnica como algo esencial, y no accidental, de modo que ante tal perspectiva, la libertad del hombre parece que desaparece. Una concepción que se revela en la crudeza del chiste del niño que piensa que la leche la produce el tetrabrik, porque el mundo tecnificado que lo acoge, todavía, no ha dado entrada en su mente a las vacas. Por tanto, una primera acepción de la expresión mundo tecnológico se refiere a un mundo actual donde la presencia de la tecnología tiene una presencia óptica, es decir, una presencia que transforma y actúa sobre este mundo, configurándolo a su manera, como un mundo técnico o tecnológico.

El mundo de la humanidad es, desde siempre, un mundo técnico, puesto que la técnica es una forma de acceso del hombre a la realidad y que permite el asentamiento de la humanidad en la realidad del mundo natural; este rasgo constituye la dimensión antropológica básica de la técnica (Queraltó, 1993). Esta dimensión antropológica básica determina la dimensión histórica: técnica y tecnología datan del inicio de la humanidad, desde unas formas primitivas muy rudimentarias, hasta la institucionalización de la integración entre ciencia y tecnología a lo largo de este siglo, como ha reflejado Ortega (1939) en los tres estadios de azar, artesanía y tecnología. De manera que cuando se afirma que la tecnología es un fenómeno moderno, se refiere a esta última etapa de avance acelerado y que se caracteriza por la

integración entre ciencia y tecnología, constituyéndose en un factor importante y determinante de la evolución mundo tecnológico actual, al que se referirá este apartado.

La tecnología se ha convertido en la primera fuerza productiva y esencial de este mundo, en el sentido que ésta va desplazando al humano en el proceso de producción, de modo que la presencia masiva de mano de obra humana es sustituida por el binomio persona-técnica. Los principales efectos de esta revolución son que el trabajo humano se ha automatizado crecientemente, se incluye el autocontrol de los procesos productivos, y las unidades de producción se diversifican. La cohesión interna de este nuevo mundo productivo se vertebra a través de la universal tecnología informática, que constituye el sustrato nuevo y característico de estas nuevas formas de producción en el mundo técnico actual. En estas nuevas formas tecnológicas de producción, está presente el reduccionismo técnico aplicado (el imperativo tecnológico) que, en la práctica tiende a poner a la persona al servicio de la técnica, y no al revés, como exige la base antropológica de la técnica.

La dinamicidad específica del hecho técnico lo autoconforma como un mundo especial, una totalidad organizada sistémicamente, un mundo técnico que se constituye en totalidad histórica. Por otro lado, la misma base antropológica de la técnica ha convertido ésta en la condición primaria de la relación persona-mundo y hace ineludible una cosmovisión propia del mundo técnico, ya que la práctica técnica y la razón técnica constituyen una modalidad específica de conocimiento del mundo y sus objetos. Esta modalidad, como todas, es reducida a su medida, y por tanto, la cosmovisión que elabora es interesada, no neutral y autosuficiente, pero nunca plena ni completa, por la propia finitud de la razón técnica, por ser sólo una modalidad de la razón y porque todo conocimiento humano es siempre falible.

La complejidad y limitación del mundo técnico y su cosmovisión excluyente da lugar a una tensión dialéctica entre el hombre y la técnica, pues por otro lado, el hombre no puede escabullirse de esta relación, ya que no en vano tiene una base antropológica. Un aspecto importante de la dialéctica del mundo tecnológico es la limitación de la realidad al criterio del uso eficaz de los objetos, ya que en el mundo tecnológico la realidad de los objetos se mide fundamentalmente por su valor de uso eficaz. La relación que un objeto o producción técnica establece con los objetos del mundo crea redes de relaciones que son primordiales en la concepción tecnológica del mundo, pero que se agotan en sí mismas si se reducen simplemente a los fines técnicos específicos; para dar razón suficiente de esas relaciones deben conectarse con los fines antropológicos fundamentales de la relación técnica.

Otra característica muy importante de la concepción tecnológica del mundo es la fuerte tendencia a la homogeneización. El mundo técnico tiende a borrar todo tipo de diferencias que no sean de carácter técnico, como una derivación lógica y natural del cumplimiento de sus fines técnicos; por un lado, por la aplicación de los criterios de eficacia y utilidad de sus producciones, y por otro, porque intenta alcanzar la disponibilidad total de ellas. La homogeneización excesiva hace que muchas tareas técnicas sean aburridas, repetitivas y tediosas. Como en el caso anterior, la aceptación de esta actitud homogeneizadora del mundo técnico como única actitud existencial abocaría al reduccionismo tecnológico que olvida otras prioridades vitales y racionales que guían a las personas.

La unidad interna, la integración y la universalización del mundo tecnológico, que permite a este impregnar y penetrar hasta los últimos rincones de la vida humana, se está consiguiendo mediante la tecnología informática y su instrumento por excelencia, el ordenador. La informática realiza las funciones esenciales de mantenimiento y control que requiere la compleja unidad del mundo técnico, al mismo tiempo que constituye un factor determinante de la homogeneización de ese mundo, a la que se aludió en el párrafo anterior. Sin embargo, las potenciales posibilidades de la tecnología informática, algunas hoy todavía impredecibles, van más allá de la mera garantía de la unidad y homogeneidad del mundo tecnológico, para permitir la multiplicación de la potencia de la organización sistémica, la realización de sistemas de autocontrol completo mediante la robotización, la inauguración de sistemas pensantes al modo humano mediante la inteligencia artificial, y en suma, la prospectiva de lo que Queraltó (1993) denomina la autoevolución del sistema tecnológico, no como el logro de una independencia de los humanos, que un último término serían quienes determinarían lo que deberían realizar, sino como la posibilidad que el propio sistema tecnológico diseñe, desde dentro, sus propias posibilidades de mejora. Esta posibilidad de autoevolución debería estar alejada tanto de la esclavitud tecnológica del ser humano, como del fatalismo tecnológico, que convertiría en necesaria e inevitable la línea marcada por el sistema tecnológico.

El mundo tecnológico se caracteriza por la intensa presencia de lo técnico en la existencia humana, tanto individual como social, y sólo por esto se podría decir que el poder de la técnica en el mundo es creciente. Pero la tecnología supone también el instrumento de dominación más potente y eficaz de toda la historia de la humanidad, y cuya desigual distribución origina el sojuzgamiento de unos hombres frente a otros. En particular, los aspectos destructores derivados de muchas tecnologías de guerra o industriales son el aspecto más preocupante del poder tecnológico en el mundo técnico, pero sin caer en una visión catastrofista, junto a ellos deben contemplarse los grandes avances en el bienestar humano, que deben ser irrenunciables y prioritarias.

Los problemas de un uso destructivo de la tecnología están fuera del condicionamiento antropológico básico de ésta, y, por tanto, se atribuyen a un uso espúreo de la misma. No es que se pretenda defender que la tecnología, en abstracto y en general, sea neutra, pues surge para satisfacer intereses prácticos concretos, pero sí que una parte de su potencial neutralidad reside en el uso que se hace de ella, ya que todo artefacto puede usarse de múltiples maneras, algunas de las cuales pueden ser destructivas o perjudiciales.

El poder forma parte fundamental de la concepción tecnológica del mundo, porque la tecnología es, en sí misma, un depósito de poder, que asigna a los objetos un potencial de poder que se materializa en capacidad de dominación, que es fuente de apetencia como depósito y voluntad de poder. La lógica que se deriva del poder tecnológico es esencialmente una lógica de poder coercitivo, por encima de la razón, caracterizada por la imposición del beneficio propio, convirtiendo a las personas en elementos abstractos de esa lógica. Sin embargo, aún considerando lo negativo de esta situación no cabe descalificar globalmente la tecnología por ser un instrumento de dominación, de poder o destrucción, sino más bien proponerse equilibrar este poder con las necesidades humanas.

RELACIONES ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

En párrafos anteriores, la relación estrecha entre ciencia y tecnología ha aparecido como una característica esencial de la tecnología y la ciencia en el mundo actual. Independientemente de la intensidad cuantitativa que se quiera dar a la unión entre la ciencia y la tecnología contemporáneas, la realidad cualitativa de esta unión parece un hecho incuestionable a la luz de la historia reciente de la ciencia y la tecnología. Por tanto, para seguir profundizando en los conceptos de ciencia y tecnología resulta ineludible abordar directamente la relación entre ciencia y tecnología.

La ciencia es, tal vez, uno de las características más representativa y el producto más acabado de la racionalidad humana en la modernidad y la posmodernidad, pero para ser más exactos habría que añadir que esto es así gracias a la significación adquirida también por la tecnología. Las relaciones entre ambas disciplinas son controvertidas, porque han evolucionado extraordinariamente a lo largo de la historia, pero en el tiempo actual, la alianza entre ciencia y tecnología es de tal calibre que, incluso, deslindar ambos conceptos resulta difícil. De ahí que muchos, en la posmodernidad, prefieran hablar ya de tecnociencia (Fourez, 1994; Queraltó, 1993), es decir, un combinado híbrido de ambas disciplinas donde las fronteras entre ambas disciplinas se han difuminado tanto que no resulta posible distinguirlas claramente. En lo que sigue, se intentará, resumir la naturaleza de las relaciones entre ambas y arrojar luz sobre el estatus epistemológico de esta relación. Como siempre, un pequeño repaso histórico puede ser útil para ayudar a trazar el perfil temporal de la evolución y centrar la exposición.

Aunque los clásicos griegos se consideran como una referencia del pasado, tanto de la ciencia como de la tecnología, hoy día es un lugar común considerar que la ciencia propiamente dicha nace en el siglo XVII, y aunque las realizaciones técnicas anteriores son abundantes en diversas áreas de la actividad humana, es a partir de esta fecha cuando merece la pena epistemológica considerar estas relaciones. Para centrar el tema de alguna manera, se correspondería con la tercera etapa (del técnico) en la taxonomía de Ortega (1939), prescindiendo ya de las etapas del azar y artesanal, donde estas relaciones son más oscuras o no existen.

Munford (1971) ha propuesto un esquema de tres etapas, desvinculadas de fechas concretas y países, pues en algunos casos llegan a coexistir, para describir estas relaciones y que podría ser una ayuda para realizar una primera aproximación a las mismas.

1. Etapa eotécnica o del agua y la madera. El material por excelencia usado es la madera y la energía proviene del agua y el viento. Surge la conciencia que los resultados de las acciones técnicas son analizables, repetibles y mejorables por el técnico. La figura del técnico es la del maestro ingeniero, cuya acción está pegada a lo concreto e inmediato de la descripción minuciosa de lo que hace y cómo funciona, pero desvinculada de la explicación de los sucesos e impermeable al desarrollo de la ciencia. El maestro ingeniero no es ya un simple artesano, caracterizado por el secreto de sus técnicas y la ausencia de innovación, pues escribe y comunica lo que hace, y busca la mejora de sus métodos y resultados.
2. Etapa paleotécnica o del carbón y acero. Los materiales por excelencia son los metales (hierro y acero) y la energía se obtiene del carbón. Es la época de la puesta en marcha de los primeros inventos trascendentales y característicos de la primera revolución industrial (máquina de vapor, ferrocarril, telares, navíos de acero, etc.), cuyo desarrollo fue obra de inventores ingeniosos, prácticos empíricos, que aplicaban el método de ensayo y error, y aunque no existe una impermeabilidad respecto a las ideas científicas conocidas, la mayoría de ellos fueron posibles sin su ayuda. Los problemas prácticos son de tal calibre, y las soluciones tan apremiantes a pie de obra, que la ciencia no tiene todavía un cuerpo suficiente para ofrecer un apoyo importante. Por el contrario, el abundante flujo de información del trabajo técnico práctico constituye una base de datos importante para la reflexión científica. En esta época se consolida la división del trabajo entre los técnicos cualificados y los obreros.
3. Etapa neotécnica o de la electricidad. La fuente de energía es la electricidad y las aleaciones de metales son los materiales más característicos. Existe un poderoso flujo de información entre los técnicos y los científicos que tiene como consecuencias el crecimiento geométrico mutuo, tanto de la ciencia como de la tecnología, y la inversión de la relación ciencia-tecnología del período anterior: los desarrollos teóricos (leyes generales) de los científicos comienzan a guiar las aplicaciones prácticas, que aparecen como un producto derivado de las mismas (la tecnología como ciencia aplicada). En este período empieza a perder sentido la diferenciación entre los conceptos de técnica y tecnología.

La relación iniciada en esta época ha producido unos frutos de enorme imbricación entre ciencia y tecnología, de manera que hoy día carece de sentido la distinción entre técnicos y científicos, pues ambos abrazan la ciencia y su método como fundamento de sus acciones e investigaciones, y si acaso, sólo como una tendencia enfocada más a la realización de tareas o a la reflexión experimental podría servir a modo de reminiscencia identificadora de una actividad más próxima a la ejecución técnica o a la búsqueda de conocimiento. Sin embargo, esta identificación producida en torno al cuerpo de conocimientos y a la metodología científica sigue teniendo mucho sentido y validez para delimitar ciencia y tecnología o, si se prefiere, tecnociencia, respecto a otras actividades pseudocientíficas que abundan y proliferan, al amparo del prestigio ganado legítimamente por la ciencia, tales como la astrología, la quiromancia, la radiokinesia, etc.

La tecnología como ciencia aplicada

Un fruto muy extendido de esa historia, trazada apretadamente en el esquema anterior, y que en un momento histórico determinado pudo tener validez (especialmente durante la revolución industrial y en el siglo XIX), es la concepción ingenua de entender la tecnología como ciencia aplicada, es decir, la tecnología consiste en la aplicación práctica de los conceptos y principios científicos. Esta concepción implica un nivel de precedencia, conceptual y temporal de la ciencia respecto a la tecnología, ya que la ciencia suministra el conocimiento que la tecnología, después, usa y aplica: la ciencia guía, la tecnología va detrás.

En las etapas anteriores a la tercera etapa de Munford, la mayoría de las invenciones fueron resultado de las ideas de experimentados artesanos manuales que carecían de la más elemental formación científica. La fundición de metales ha sido realizada miles de años antes de conocerse la química de las reacciones redox, la brújula era usada sin conocer ninguna teoría del magnetismo y se construyeron telescopios antes de formularse las leyes de la refracción. Sin embargo, en estas épocas donde el patrón predominante no tiene nada que ver con la iluminación de la ciencia sobre los inventos, existen ejemplos raros de lo contrario (tecnología como ciencia aplicada), tales como el invento del pararrayos por Benjamin Franklin basado en los conocimientos de electrostática. Incluso en épocas más recientes, cuando

ya existe una comunicación activa entre las comunidades científicas y tecnológicas, todavía muchos inventos y artefactos han sido producidos en sus inicios sin demasiado bagaje científico, como está bien documentado en los casos del avión, el automóvil y muchas armas de guerra.

En suma, el modelo de tecnología como ciencia aplicada puede ser parcialmente válido surge sobre todo en la primera revolución industrial, con el crecimiento de numerosas industrias basadas en tecnología científica, especialmente el uso del vapor y la electricidad como fuerzas motrices, que generó una carrera competitiva e innovadora respecto a muchos artefactos. Sin embargo, esta concepción ha dejado de tener sentido real hace mucho tiempo, y, ciertamente, nunca lo tuvo en lo que se refiere a las etapas anteriores a la tercera, de modo que puede considerarse excesiva e inaplicable a lo largo de la mayor parte de la historia. Por otro lado los historiadores de la tecnología han abandonado virtualmente este modelo porque no sirve para explicar totalmente, incluso los casos más claros de ciencia aplicada. El modelo de tecnología como ciencia aplicada, al contrario, por su unidireccionalidad y simplicidad tiene el riesgo de esconder u olvidar otros factores adicionales importantes explicativos de los desarrollos tecnológicos, tales como los factores sociales, la falsa identidad entre capacidad de hacer y funcionar frente a explicar el funcionamiento, o incluso las contribuciones inversas, de la tecnología al progreso del conocimiento científico teórico (Layton, 1977).

La concepción ingenua de la tecnología como ciencia aplicada tiene el inconveniente de ocultar la contribución de la tecnología a aumentar el conocimiento científico, circunstancia que se ha producido desde siempre (por ejemplo, el telescopio permitió a Galileo estudiar la Luna y Júpiter). Especialmente en la actualidad, muchos de lo que se pueden considerar grandes avances en ciencia básica (la investigación en partículas de altas energías o del universo) hubieran sido imposibles sin el concurso de sofisticados aparatos capaces de cubrir las necesidades de ampliar las capacidades sensoriales y energéticas exigidos por esos proyectos de investigación, lo cual refuerza la idea que la tecnología contribuye a los avances en ciencia.

La concepción de la tecnología como ciencia aplicada lleva a la falsa idea que la comprensión de los principios científicos que fundamentan el funcionamiento de un artefacto es la única condición para su creación o invención, pasando por alto procedimientos importantes para el progreso tecnológico, que a veces consiste en pequeñas innovaciones y mejoras que producen importantes avances en los resultados. La idea tecnológica, el diseño del artefacto con posibilidades de funcionar, la creación de un prototipo que funcione, la corrección de pequeños problemas para convertir el prototipo en la solución más útil, sobre los cuales no suele haber prescripciones científicas, y que obligan al técnico a emplear frecuentemente procedimientos de ensayo y error (también usado por los científicos cuando carecen de conocimiento suficiente) son aspectos tecnológicos muy importantes, pero que caen fuera de los principios científicos.

Además, cuando se enfatiza la aplicación de los resultados de la ciencia no se presta atención a otros determinantes de la innovación tecnológica que resultan importantes, como son los contextos sociales donde surgen los inventos, en los cuales, los artefactos tecnológicos se integran como un elemento cultural esencial. Debería tenerse en cuenta al inventor y al invento en su contexto cultural, social y laboral para poder entender en toda su amplitud la fuerza cultural que representó este y valorar más adecuadamente los esfuerzos, la tensión entre las demandas y la funcionalidad del diseño, los condicionantes del ambiente, los obstáculos, las dificultades de financiación para su creación (una de las principales dificultades que tuvo Watt para convertir su máquina de vapor en una aventura comercial exitosa) y las resistencias a vencer para su aceptación (las anécdotas sobre perjuicios socio-culturales ante la implantación de muchos inventos podría ser larga).

En el fondo, la concepción de la tecnología como ciencia aplicada se basa en una consideración primaria de ciencia y tecnología como entidades claramente diferenciadas. Como prototipo de esta posición se puede citar a Augusto Comte (uno de los defensores a ultranza del mecanicismo, que trasladó a sus concepciones sociales), para quien la abstracción de cualquier consideración práctica es necesaria para la investigación teórica; el conjunto de conocimientos sobre la naturaleza es un sistema esencialmente distinto de los procedimientos para utilizar la naturaleza en beneficio humano, y por ello, es conveniente concebir y cultivar por separado. De aquí se pasa a afirmar que los conocimientos son la base de los procedimientos técnicos, de modo que "las aplicaciones se derivan de las teorías formadas con un simple fin científico, teorías que a menudo se han cultivado durante muchos siglos sin que se produjera

ningún resultado práctico". Más claro, imposible (citado en Geymonat, 1980).

La concepción tecnología como ciencia aplicada considera simple y evidente la relación entre los principios científicos y su aplicación práctica en un artefacto, estando esta suposición muy lejos de la verdad, como demuestra el hecho que muy pocos científicos han sugerido o predicho las aplicaciones prácticas "obvias" que se podrían obtener de sus trabajos. Por tanto, el modelo simple, pero inadecuado, de ciencia aplicada debe ser sustituido por otro enfoque más complejo, que tenga en cuenta como, desde comunidades y presupuestos independientes, ciencia y tecnología han evolucionado hasta convertirse en sistemas mutuamente interdependientes, colaborando y compartiendo métodos, conocimientos y objetivos.

Ciencia y tecnología en interacción: la tecnociencia

Las consideraciones anteriores demuestran que la ingenua concepción que identifica tecnología con ciencia aplicada no es correcta a lo largo de la mayor parte de la historia de la ciencia y la tecnología, ya que hasta fines del siglo XIX no se registra una clara interdependencia de ciencia y tecnología (Habermas, 1984), aunque desde la revolución industrial este modelo pudiera resultar adecuado en ciertos aspectos muy concretos. Por el contrario, la imagen que emerge actualmente de las relaciones entre ambas es un modelo interactivo donde el flujo de información, materiales, instrumentos, personas e instituciones se desplaza en los dos sentidos, tanto de la ciencia a la tecnología como desde la tecnología a la ciencia (¡suponiendo que aún se pueda discernir una frontera entre ambas!).

El análisis histórico revela que durante la mayor parte del tiempo histórico, ciencia y tecnología han sido dos áreas separadas. Esto es cierto en los tiempos anteriores a la revolución industrial casi con total universalidad, ya que sólo se pueden encontrar unos contados ejemplos de innovaciones tecnológicas derivadas del conocimiento científico, y viceversa, algunos artefactos usados en la investigación científica.

A partir de la revolución industrial, la tecnología se libera de su tradición artesanal para convertirse en una profesión, gracias a que los técnicos adoptan los métodos cuantitativos y experimentales de la ciencia en su trabajo y para investigar sus propios problemas técnicos, y no tanto aplicando los principios y leyes obtenidos por los científicos. Los problemas estudiados por los tecnólogos, especialmente los que refieren a las prestaciones y rendimiento de las máquinas, no requieren leyes nuevas, porque cualquier tipo de diseño de un artefacto mecánico sigue las leyes de la mecánica clásica, pero los problemas de innovar y mejorar los artefactos son problemas que no habían sido resueltos por los científicos. El paso importante que da la tecnología en esta tesitura no es aplicar las leyes de la ciencia, ineludibles por otro lado, sino adoptar y adaptar el método que la ciencia había creado a la resolución de los problemas tecnológicos específicos, desarrollando adaptaciones de esas leyes a los distintos diseños de máquinas e instrumentos, que constituyen el grueso del cuerpo de conocimientos de la ingeniería. Esta adopción y adaptación metodológica no tiene lugar en el vacío sino que lleva aparejada la adopción por la tecnología de lo que se denominan las instituciones de la ciencia, a través de las cuales se pone en práctica la metodología científica, tales como equipos de trabajo, instalaciones de laboratorios, revistas, congresos y sociedades profesionales. Tal vez los ejemplos pioneros arquetípicos de esta nueva organización tecnológica son el taller de J. Watt en Inglaterra, que desarrolló la máquina de vapor, y el laboratorio Menlo Park de T.A. Edison. en EUA, que desarrolló numerosos inventos.

La relación entre ciencia y tecnología ha sido muy variable según las distintas épocas consideradas; en concreto, a partir de la industrialización, que es cuando se establecen los vínculos más fuertes y estables con las distintas disciplinas, incluso, la evolución y las relaciones son muy variables entre unas y otras. Así, la química estuvo marcada en sus inicios por las prácticas de los alquimistas y las necesidades de industrias concretas como los colorantes, la biología dependió fuertemente de las necesidades del trabajo de los médicos, y los progresos en electricidad a fines del XIX estuvieron muy relacionados con el desarrollo de la industria de suministro eléctrico a las industrias y ciudades.

Además de la distinción ingenua entre la ciencia, identificada con la búsqueda del conocimiento puro, abstracto, movida por el mero valor de conocimiento, y la tecnología identificada con las aplicaciones prácticas, Fernández-Rañada (1995) añade todavía una diferencia sutil entre el sistema

científico y el sistema tecnológico: mientras el científico se ve obligado a publicar resultados como medio de subsistencia profesional, la tradición tecnológica es la contraria, o sea, ocultar los avances para obtener una ventaja comercial respecto a los competidores que el autor resume en el aforismo "el científico quiere escribir, pero no leer; el tecnólogo quiere leer, pero no escribir". Esto hace que indicadores como el número de publicaciones y de citaciones de artículos sean descriptores muy fidedignos del crecimiento y evolución del sistema científico, como ha demostrado de Solla-Price (1973), pero no es un sistema muy fiable para estudiar la tecnología. Fernández-Rañada (1995) sostiene que la dicotomía parcial entre ciencia y tecnología, y al mismo tiempo la paradoja de la fecundación mutua que se da entre ellas, sólo puede entenderse como fruto de la tensión productiva de una antinomia básica impresa en la mente humana entre dos polos: lo concreto y lo abstracto, que personaliza en Edison y Einstein, creadores de la bombilla y la relatividad. El equilibrio adecuado entre estos dos polos produce el progreso y la fecundación mutua.

A pesar de la diversidad de procesos, nadie niega hoy día que ciencia y tecnología están vinculadas profundamente, y ejemplos paradigmáticos de ello podrían ser los semiconductores y la ingeniería genética. La física de los semiconductores ha estado aceleradamente vinculada al desarrollo de las comunicaciones y la informática, de manera que la industria electrónica y la industria de computadores han actuado como auténticas locomotoras en el desarrollo de esta parte de la física del estado sólido y sus aplicaciones. Análogamente, la biología ha sido una de las ciencias que más ha tardado en industrializarse, pero la situación actual de una creciente investigación requerida por el desarrollo de la denominada ingeniería genética y todos sus campos adyacentes, ha conducido al nacimiento de la biotecnología que engloba una multiplicidad de aplicaciones con base biológica (la más reciente, los tratamientos del cáncer mediante inyección de genes).

Trabajando con métodos análogos y resolviendo problemas conectados parece inevitable que vayan desapareciendo las escasas barreras entre científicos y tecnólogos que pudieran servir de argumento contrario a la tesis de la interacción entre ambas comunidades. El flujo de información y colaboración se establece en ambas direcciones: la tecnología contribuye a mejorar y depurar la propia teoría científica, a la vez que aporta instrumentación sofisticada, y la ciencia ofrece nuevos avances teóricos y prácticos que sugieren soluciones, innovaciones y mejores en la tecnología (Layton, 1971).

La contribución de la tecnología se realiza en muchos casos desde una posición de precedencia y necesidad ineludible sobre la ciencia y la investigación básica, ya que sin la tecnología adecuada muchos de los trabajos y avances actuales no se habrían podido producir. Asomar la nariz por algún laboratorio de investigación actual demuestra fehacientemente hasta qué punto la instrumentación es una condición necesaria para el trabajo científico y técnico, aunque sólo sea por la informática, omnipresente hoy como herramienta imprescindible en cualquier campo. En suma, se puede decir que la tecnología es, a la vez, causa y efecto de la actividad científica.

Actualmente, científicos y tecnólogos forman dos comunidades en interacción permanente, hasta el punto que difícilmente se puede hablar de dos comunidades distintas, pues la formación superior de las personas, ingenieros o científicos, se basa en la misma metodología científica. Los equipos de investigación, tanto en los laboratorios más orientados a los desarrollos prácticos como en los que todavía hoy se reconoce más dedicados a la investigación científica de carácter más básico, es habitual que estén formados interdisciplinariamente por especialistas tecnólogos y científicos. Por tanto, hoy en día, hacer una distinción entre científicos y tecnólogos o entre ciencia y tecnología, con el nivel de desarrollo actual, es cosa bastante difícil, ya que las relaciones entre ambas partes son tan simétricas y equilibradas, con la información fluyendo en los dos sentidos a través de los canales compartidos y habituales de diseminación del conocimiento, tales como revistas, reuniones y congresos, de modo que la interacción e influencia son mutuas y profundas. Si hoy se continúa diferenciando entre ambas, no es porque exista una base que permita fundamentar esta distinción, sino más bien como reminiscencia de una distinción que, ciertamente, existió en un pasado, pero que ha dejado de tener sentido en la actualidad; de ahí, que aquellas tareas de tipo muy práctico, desarrolladas en corporaciones o grupos industriales o realizadas por profesionales (ingenieros, médicos, etc.) se sigan etiquetando más como tecnologías, mientras que aquellas otras desarrolladas por los científicos de una universidad o un centro de investigación básica se sigan considerando más ciencia. En muchos casos, la distinción entre ciencia y tecnología obedece a la

expresión actitudinal de esa misma distinción primera, que tuvo lugar en la historia inicial de ambas disciplinas, y que se suele emplear para referirse de una manera sencilla e intuitiva a actividades concretas, que pueden tener un carácter más práctico y comprometido socialmente, o bien más teórico y fundamental.

Asimismo, la figura del técnico o del científico, como perfiles alejados uno de otro carecen de sentido; la investigación actual progresa gracias a programas de investigación y desarrollo en el que participan grandes equipos multidisciplinares, cuyos miembros comparten una gran especialización en sus respectivas áreas de conocimiento, con una carga importante de teoría y de práctica. No se trata ya, simplemente de que la técnica constituya un resultado práctico para la ciencia o sea una aplicación derivada de la misma, sino que constituye una auténtica condición de posibilidad de la misma. La tecnificación progresiva de la ciencia se puede considerar un paso natural, dada la evolución de la tecnología que tiene un protagonismo cada vez mayor en nuestro mundo actual, y ello conlleva que la tecnología determinará en buena medida la forma del conocimiento científico y su misma autocomprensión por parte de sus creadores, de manera que algunos contemplan la posibilidad de que la tecnología y la razón técnica lleguen a ser la instancia que marque las pautas, los límites y los caracteres básicos del conocimiento y la investigación científica (Queraltó, 1993).

El progreso científico y tecnológico es hoy un esfuerzo interdisciplinar donde no sólo actúan científicos e ingenieros, sino una gran variedad de profesionales, de manera que se posibilita una aproximación a los problemas que tenga en cuenta las múltiples perspectivas que puede requerir una solución adecuada e integral. La interdisciplinariedad añade al trabajo en equipo la posibilidad de considerar representaciones teóricas que integran toda la multiplicidad de perspectivas provenientes de diversas disciplinas con lo que se puede ganar en originalidad, creatividad, eficacia, adecuación, universalidad, y en suma, una nueva objetividad, en cuanto se refiere a una objetividad socialmente instituida por un paradigma nuevo y más amplio, superando los límites de las disciplinas que se integran.

En esta misma línea Fourez (1994) ha sugerido que las ciencias son tecnologías intelectuales, esto es, tendrían, a la vez, el carácter de herramientas intelectuales, propio de cualquier técnica, y estarían dotadas de la organización social propia de la tecnología. En el mismo sentido que el artesano domina y conoce la herramienta que le permite ejercer su destreza técnica, el científico domina las destrezas intelectuales y mentales que han caracterizado y dominado la ciencia desde siempre; por otro lado, la técnica ha estado siempre unida a proyectos sociales, y por eso, la tecnología se caracteriza por haber tenido siempre detrás una organización social (desde los gremios artesanales que conservan y transmiten sus técnicas, hasta las modernas corporaciones que guardan sus propios secretos industriales), porque la relación entre tecnología y sociedad ha sido siempre más directa. La sociología de la ciencia demuestra que la ciencia ha adoptado actualmente una organización social (laboratorio, equipos de investigación, programas científicos, comunidad científica) que la identifican progresivamente con la organización social propia de la tecnología. Desde esta perspectiva, la ciencia constituye un sistema de elementos intelectuales y materiales, organizado socialmente en vista a un proyecto humano, y que apenas se distingue del sistema tecnológico, por lo que la identidad formal entre ambas resulta cada vez más evidente (Fourez, 1994, p. 111). Por tanto, las ciencias se pueden considerar también como verdaderas tecnologías intelectuales, en el sentido de estar limitadas a algo puramente intelectual y conceptual, sino que también están unidas a proyectos humanos de dominio y gestión del mundo material a través de un conjunto de elementos materiales organizados socialmente.

El concepto de tecnociencia resumiría esta situación actual de retroalimentación generalizada entre los sistemas científico y tecnológico, a todos los niveles. Así, el avance de la ciencia se alimenta y se condiciona por la tecnología, y ésta extiende sus propios límites cada vez más lejos gracias al avance científico: la creciente complejización técnica de la investigación científica, el protagonismo progresivo de la tecnología en la organización de la vida diaria, la influencia paralela de la razón técnica y de la razón científica en el modelo de racionalidad y las cosmovisiones de la gente y la existencia humana, en general, alcanzan un grado de globalización en los propios sistemas tecnológico y científico y en las sociedades desarrolladas actuales que justifican el empleo del concepto de tecnociencia. Esta retroalimentación mutua, que afecta a todos los niveles, significa no sólo que existe un trasvase de los contenidos materiales del conocimiento, sino también de los contenidos procedimentales, es decir, las normas que regulan la

génesis del conocimiento científico y tecnológico. En términos filosóficos se podría decir que, globalmente, existe una equiparación entre la razón científica y la razón técnica, pero sin que esto suponga una homogeneización absoluta entre ambos, antes al contrario se producen inhomogeneidades locales, donde en unos casos puede predominar la razón científica (como ocurrió durante gran parte de la modernidad) y otros donde adquiere precedencia la razón técnica (como puede ser el caso actual de la investigación espacial).

Desde una perspectiva pública, el concepto de tecnociencia es más relevante entre la gente de la calle que entre la comunidad científica, ya que en la imagen del ciudadano medio, ciencia y tecnología, realizaciones técnicas y progresos científicos, constituyen una misma empresa combinada de esfuerzos que producen toda suerte de adelantos disponibles para el ciudadano, desde los progresos médicos hasta las tecnologías de la comunicación. Actualmente, sobre todo en ambientes gubernamentales y burocráticos, el concepto tecnociencia se está traduciendo por el término de nuevo cuño "investigación más desarrollo" (I + D), esto es, una investigación orientada por objetivos prácticos, y en último término económicos, que pretende conseguir resultados potencialmente explotables comercialmente en todos los niveles de las actividades económicas relacionadas con la investigación (Fleming, 1989). El modelo I+D quizá representa un concepto reducido respecto concepto de tecnociencia, orientado hacia el utilitarismo, puesto que puede pasar por alto la necesidad de la investigación pura, no explotable económicamente, al menos inmediatamente, pero con un alto potencial valor básico y estratégico a más largo plazo. Estas consideraciones nos retrotraen otra vez a subrayar la tensión dialéctica central entre ciencia y tecnología, esto es, la tensión entre el conocimiento y la productividad, entre lo concreto y lo abstracto, Edison y Einstein, la bombilla y la relatividad.

Desde el punto de vista histórico, la concepción estrictamente científica del mundo sería sustituida progresivamente por una concepción del mundo tecnocientífica, gracias a este proceso de creciente tecnificación de la ciencia descrito anteriormente. Aunque en estos momentos se podría seguir especulando sobre la preponderancia final de uno u otro tipo de razón científica, la propia naturaleza cultural de los sistemas científicos y tecnológicos parece que puede apuntar a una tercera vía, que sería la representada por la tecnociencia, es decir, un nuevo sistema que diluyendo la razón técnica y la razón científica crea una razón más potente, la razón tecnosca, porque asume las ventajas de ambas y el plus de una actuación sincronizada. La precitada definición de tecnología de Bunge (1980) es claramente una definición que concede una preponderancia a la razón científica sobre la razón técnica, mientras que el análisis filosófico de la tecnología de Queraltó (1993) sugiere que la razón científica será sustituida por la razón técnica, o como mínimo, por la razón tecnocientífica, mínimo que parece más razonable, porque si ambas razones "teóricamente" diferenciadas asumen un mismo cuerpo de conocimientos, una misma metodología de acción y acaban obedeciendo a la misma comunidad tecnocientífica, ¿podría distinguir alguien ya qué es ciencia y qué es tecnología?. De ahí la operatividad del concepto de tecnociencia para reflejar esta relación simbiótica que se ha producido entre dos sistemas, el científico y el tecnológico, en un principio diferenciados, y que progresivamente acaban subsumidos en una nueva realidad, diferente a ambas, y posiblemente, superior, también, a ambas.

El concepto de tecnociencia obedece también, por otro lado, a la creciente complejidad y velocidad de propagación de las relaciones entre la tecnociencia y los sistemas económicos, culturales y de la información, de modo que cualquier avance tecnocientífico adquiere casi instantáneamente un valor de información, un valor económico, por su inmediata aplicación y utilidad para la vida diaria, y un valor cultural porque transforma la cosmovisión que tienen la humanidad del mundo y de la sociedad, sin tener en cuenta otros muchos valores de incidencia más retardada, pero no por ello menos importantes, como pueden ser el valor filosófico o epistemológico, el valor moral o ético y el valor como poder político estratégico.

Una síntesis histórica de lo que son y han sido, conceptualmente, ciencia y tecnología nos muestra una ciencia inicialmente identificada con la génesis de conocimiento natural y desvinculada de objetivos prácticos y sociales, circunstancias que han conformado el mito del conocimiento científico neutro y objetivo, por su desvinculación de compromisos sociales, y su vinculación directa y exigente dentro del propio contexto disciplinar de la propia ciencia. Por el contrario, la tecnología ha sido siempre un conocimiento vinculado a la solución de problemas planteados globalmente dentro del contexto

sociohistórico, como por ejemplo, el conocimiento y prácticas de los médicos, los ingenieros, los artesanos, los arquitectos, etc. y, en consecuencia, sometidos a las presiones y condicionamientos de esos contextos. Fourez (1994) las ha denominado "ciencias comprometidas" para diferenciarlas de las ciencias puramente disciplinares aludidas antes. La racionalidad intelectual de esta ciencia comprometida no está limitada sólo por las fronteras disciplinares, sino que sus construcciones y representaciones teóricas toman sus elementos de cualquier área de conocimiento (interdisciplinariedad) que les sirva para encontrar la mejor solución al problema planteado; por otro lado, para adaptarse a, y protegerse de las presiones contextuales excesivas, y además, para compartir el conocimiento práctico necesario para ejercer la profesión, han creado sus propias organizaciones profesionales con sus elementos de información, intercambio y comunicación. La desvinculación de la ciencia disciplinar respecto al contexto ha creado una imagen de objetividad y neutralidad para la ciencia pura, mientras que la dependencia de la ciencia comprometida con su contexto ha producido una imagen carente de objetividad y neutralidad para el conocimiento práctico y tecnológico. Sin embargo, la imagen descontextualizada de la ciencia es más un producto del esfuerzo de la propia ciencia borrando sus condicionantes y compromisos socio-culturales para aparecer más racional y neutral que la fidelidad a la realidad, como se analizará un poco más a fondo en el análisis sociológico de la ciencia del capítulo siguiente; el proceso a Galileo o la reiterada referencia de Newton a su objetivo de descubrir las leyes divinas impresas en la naturaleza como mayor glorificación pueden ejemplos que evidencian las relaciones e influencias entre la ciencia y su contexto social.

Por tanto, las prácticas tecnológicas se pueden considerar nodrizas de la tecnociencia en elementos claves como son la práctica interdisciplinar, la reconocida migración de conceptos nómadas entre diferentes áreas de conocimientos, y sobre todo, de la organización social como elemento clave de consolidación institucional. En este aspecto, se puede considerar que la tecnociencia constituye una tecnologización de la ciencia, de la misma manera que, desde la perspectiva opuesta, se puede considerar una cientifización de la tecnología. Esta convergencia, que para muchos podría entenderse como una alienación o excesiva visión instrumental del saber científico, en realidad es expresión de la idéntica base antropológica que comparten ciencia y tecnología. En la base de ciencia y tecnología, como se ha explicado anteriormente, está un proyecto humano relacionado con la naturaleza y el mundo, planteado en términos de dominio y conservación que genera una relación dialéctica, no planteada en toda su intensidad y virulencia antes de ahora, pues cuando más cerca parece estar el ser humano de alcanzar un mayor poder sobre la naturaleza, aumenta también su conciencia de la propia capacidad de autodestrucción a que puede conducir ese poder.

El papel del estado en la consolidación del dominio y poder de la ciencia y técnica es lúcidamente analizado por Marcuse (1964). Desde los últimos años del XIX se ponen de manifiesto en los países capitalistas avanzados dos tendencias evolutivas: aumenta la actividad intervencionista del estado para asegurar la estabilidad del sistema y las ciencias y técnicas se convierten en la primera fuerza productiva, gracias a la creciente interdependencia mutua entre ambas y el sistema productivo e industrial. Estas dos tendencias transforman la actividad propia del capitalismo liberal asumiendo la ciencia y la tecnología un papel preponderante como primera fuerza productiva, que invalidan las condiciones de aplicación de la teoría marxista del trabajo, y cumpliendo funciones de legitimación del dominio. Las nuevas técnicas permiten aumentar la productividad del trabajo de una manera determinante y evidente, lo cual genera una presión del capital para convertir los inventos técnicos aislados, incidentales y esporádicos en algo sistemático y organizado, llegándose así a lo que algunos autores han llamado la cientifización de la técnica (Habermas, 1984).

En este aspecto, resulta clave que la tecnociencia no sólo produce instrumentos materiales para hacer efectivo ese dominio de la naturaleza por el ser humano, sino también representaciones teóricas o intelectuales. Mientras que los instrumentos materiales son ambivalentes, en cuanto que pueden ser fuente mejora del mundo y la naturaleza (el dominio de las enfermedades, la producción de alimentos ...), también pueden ser fuente paralela de destrucción y contaminación (creación de efectos indirectos, destrucción de variedad de especies ...), las representaciones teóricas podrían servir para legitimar las prácticas de la tecnociencia, pero, a la vez, constituyen un discurso simbólico de carácter cultural que, por su autoridad científica, ofrece una visión cosmológica al ser humano. Esta visión cosmológica, para ser

fiel a la raíz antropológica de la tecnociencia, debería permitir a todas las personas tener una conciencia clara de aquella relación dialéctica y ser útil para proveer una correcta situación de las personas ante la naturaleza y la tecnociencia. Entre otras cosas, debería luchar contra el mito de que la razón científica o la razón técnica (o ambas, la razón tecnocientífica) pueden constituirse en expresiones únicas de la racionalidad universal, y promover la conciencia clara que, a pesar de su indudable eficacia y posición ventajosa en la resolución de muchos problemas, las gestiones tecnocientíficas son siempre gestiones y acciones humanas, cuyas interacciones son más próximas de lo que suele pensarse a cualquier modelo socio-político, pero de ninguna manera expresiones de una hipotética razón universal.

LA SOCIEDAD Y SU RELACIONES CON LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

En las pinceladas históricas adelantadas en páginas precedentes y en los análisis de la sociología del conocimiento que se han desarrollado anteriormente existen importantes referencias hacia la sociedad y sus relaciones con la ciencia y la tecnología. No obstante, en el primer caso se trata de apuntes aislados, y en el segundo el énfasis fundamental estaba puesto en la sociología interna de la ciencia y en la medida en que la sociedad contribuía a legitimar el conocimiento científico.

La creciente especialización y socialización de la práctica de la ciencia y de la tecnología alcanzada por ambas en siglo XX, así como la gran cantidad de conocimiento acumulado ha conducido a un fenómeno que es propio de ambas, y que no tiene parangón en otras áreas de conocimiento, especialmente en las ciencias humanas e históricas. Se trata del proceso de separación entre ambas partes, ciencia y sociedad, y por otro lado, el proceso por el cual la ciencia, a lo largo de su evolución histórica, ha ido borrando una serie de elementos (el nacimiento de un problema, las diferentes soluciones, las controversias, los desvíos de razonamiento, los componentes ideológicos, etc.), que con esenciales para comprender mejor el proceso de construcción del conocimiento en la ciencia, la mayoría de los cuales son relaciones sociales, y que contribuyen decisivamente a este proceso de separación entre ciencia y sociedad.

El proceso de separación entre ciencia y sociedad

Es bien conocido que, hasta el siglo XIX, la ciencia era una tarea realizada por escasas personas surgidas en las clases sociales altas, que eran las más cultivadas culturalmente. Esta clase social, personas concretas de las mismas, ejercían sobre la ciencia y los científicos un mecenazgo similar al que disfrutaban las artes o las letras, y en muchos casos científico y mecenas eran la misma persona, que cultivaba la ciencia como una actividad de ocio y financiada con su propia hacienda. Esta estructura determina de una manera natural una relación entre la sociedad ilustrada y la ciencia, puesto que científicos y sociedad están identificados por la pertenencia a la misma clase social, y en consecuencia, sus intereses son similares. Esta identidad de intereses entre ciencia y sociedad determinaba que los intereses públicos, en este caso identificados con los de la clase social dirigente e ilustrada, influyeran de una manera poderosa y fluida sobre la planificación del trabajo científico y la definición del conocimiento científico.

La situación cambió a lo largo del XIX hasta el punto de producir una inversión de las relaciones de poder entre ciencia y sociedad, con la emancipación de la comunidad científica respecto a la sociedad, situación que se mantiene hoy día, en gran medida. Este giro se produce gracias a la confluencia de varios factores, sociales y científicos.

En primer lugar, la ciencia deja de ser una actividad de ocio compartida por una clase social para profesionalizarse, esto es, se diferencia entre los especialistas (los científicos) y los legos (la sociedad) de una manera clara, mediante una asignación de roles propios a cada uno de ellos. Los científicos se comprometen con la creación y producción de conocimiento propiamente científico y la sociedad asume un papel pasivo de suministrar los medios necesarios para el progreso de la ciencia y, por ende, de la sociedad.

Esta división de roles se basa en la asunción por los especialistas de las complejas competencias y destrezas intelectuales necesarias para la práctica de la ciencia. La definición de estas competencias no

sólo excluye a los legos, sino también a los simples aficionados que no las alcanzan, y contribuye a acotar a los especialistas con la pericia suficiente para comprender los fenómenos físico-naturales y los métodos lógico-matemáticos implicados en su desarrollo.

El proceso histórico de demarcación del conocimiento científico, delineado en los párrafos anteriores, es general en el desarrollo de la ciencia, pero su evolución ha sido desigual en las distintas parcelas del conocimiento y en diferentes países, tanto en el ritmo como en los resultados. Por ejemplo, la tradición de ciencia pública desarrollada en Inglaterra, reafirmando la publicidad social de los experimentos cruciales, aparentemente rechazaba la privacidad de la ciencia, pero la verdad es que los asistentes a las reuniones públicas eran personas cuidadosamente seleccionadas, e incluso previamente instruidas, a la manera como hoy se organiza un seminario con un profesor visitante, de manera que la popularidad de la ciencia no debe tomarse, en ningún caso, como una simple extensión del sentido común, socialmente compartido por legos y especialistas.

Los límites sociales y culturales entre ciencia y sociedad se establecen en el XIX a través de las tesis naturalistas, que definen la actividad científica en torno al experimentalismo y la naturaleza, y al margen del puro sentido común y la cultura más amplia de la sociedad. La comunidad científica se emancipa así de la sociedad, asumiendo la legitimidad y la autoridad de la ciencia institucionalizada, al margen de la sociedad. La comunidad científica decide quien tiene y quien no tiene el carácter de científico, define qué es y qué no es conocimiento científico, así como evalúa la validez del mismo.

A pesar de esta separación, la sociedad mantiene unas expectativas sobre los beneficios sociales y económicos que se pueden seguir del avance de la ciencia, por lo que las relaciones de patronazgo o mecenazgo respecto a la ciencia se adaptan a una situación de comunidad científica emancipada. El rol de mecenazgo se traslada al Estado, como defensor de los intereses de la sociedad frente al poder de la ciencia y la comunidad científica, que asume la financiación de la investigación científica, en constante crecimiento desde la Segunda Guerra Mundial en todos los países, especialmente en aquellas áreas relacionadas con intereses militares (Rubén, 1993-94).

En los últimos años de este siglo la socialización de la ciencia en todos los niveles ha asumido la profesionalidad individual de los especialistas y técnicos y ha consolidado una nueva ciencia que se construye en grandes equipos de investigación que cultivan líneas de investigación y programas en competencia, cuyos resultados son valorados y sancionados por el consenso interno de la comunidad científica.

Aún cuando la situación actual de la ciencia y la comunidad científica están perfectamente definidas, las relaciones entre la ciencia y la sociedad no han desaparecido, sino que se han vuelto más complejas. La ciencia se constituye en una empresa cultural, contextualizada históricamente y realizada por grupos sociales que tienen sus propios intereses, unos explícitos (el conocimiento de la naturaleza) y otros implícitos (racionalizar y objetivizar el discurso y convencer a los colegas y al público). Por tanto, las relaciones entre ciencia y sociedad atañen a la interacción entre un sistema cultural, como es la ciencia, y el conjunto del sistema social. El programa fuerte del análisis sociológico trata de identificar los rasgos sociales (los internos, los externos y las interacciones entre ambos) que determinan las decisiones científicas de cambios cuando ocurre una controversia o surge un nuevo paradigma. En suma, desde la perspectiva sociológica, la ciencia como todo sistema cultural y social está afectada por los mismos elementos que cualquier otro subsistema cultural.

El borrado de la historia

Cuando uno examina un libro de texto de ciencia la primera diferencia que salta a la vista respecto a cualquier otro libro de ciencias humanas, por ejemplo, es que estos últimos, invariablemente, comienzan con un pequeño resumen histórico del tema que se trate, describiendo las diversas sugerencias propuestas, aún cuando la mayoría de ellas estén absolutamente superadas, mientras que en el libro de ciencia no se encuentra referencias a las cuestiones históricas que motivaron el surgimiento del conocimiento.

La metodología expositiva del libro de ciencia o de los artículos científicos son indicativos de esta idea: van directamente al grano, el contenido y razonamiento científico puro, que muchas veces consiste, exclusivamente, en abstrusos desarrollos matemáticos, sólo accesibles para quienes han adquirido las

capacidades necesarias para comprender este código de comunicación restringidísimo de la ciencia, y obviando todos los demás elementos. Este estilo se caracteriza por dar más importancia a los resultados que al contexto e interacciones que los han influenciado.

Con este estilo y forma de proceder, la ciencia borra sus orígenes particulares (Fourez, 1994), reteniendo una imagen abstracta y aséptica, que se piensa recrea y favorece una objetividad ardientemente perseguida siempre por la ciencia. A lo largo de su evolución, la ciencia ha borrado sus orígenes concretos y particulares (la ciencia en contexto o la ciencia en sociedad). En primer lugar, se borran los distintos orígenes de las varias disciplinas conocidas como ciencia, subrayando la existencia de una única ciencia institucionalizada y estandarizada en sus prácticas (en el laboratorio), con pretensiones de trascender épocas y sociedades. En segundo lugar se eliminan los elementos de las prácticas científicas considerados superfluos para el conocimiento institucionalizado, pero que son esenciales para comprender adecuadamente la naturaleza de la ciencia, especialmente su naturaleza de construcción humana, histórica y social, tales como los desvíos de la ortodoxia, las observaciones negadas, las controversias, los elementos afectivos, ideológicos, religiosos, económicos, políticos, etc. De hecho, numerosas referencias dedicadas al análisis histórico de la ciencia existentes hoy día, han contribuido inestimablemente a describir y poner de relieve la presencia de todos estos factores al lado de la construcción científica (Bernal, 1979).

En consecuencia, desde esta perspectiva, se ha tendido a oscurecer la historia completa de la ciencia, especialmente los aspectos no cognitivos, perviviendo una evolución histórica lineal, presidida por una lógica de progreso que se presenta como inevitable, y por tanto, mecanicistamente predeterminada desde el principio. Por el contrario, la historia de la ciencia real, como todas las historias humanas, es una historia contingente, determinada por las distintas elecciones y decisiones que jalonan la evolución, y por las relaciones establecidas con las estructuras sociales, económicas y políticas. En este aspecto, algún científico ha modelizado la evolución de la ciencia conforme a estructuras disipativas, que caracterizan la evolución no lineal de sistemas físicos fuera del equilibrio, cuya dinámica viene regida por la historia previa total del sistema, caracterizada por las bifurcaciones sufridas, y no exclusivamente por las condiciones iniciales, como pretende una visión muy mecanicista de la ciencia (Prigogine & Stengers, 1983).

CAPÍTULO 4. SOCIOLOGÍA DE LA CIENCIA

Cualquier aproximación histórica a la ciencia muestra inmediatamente que ésta es un fenómeno social. Los análisis sociológicos, especialmente los iniciales, tienen concomitancias y deudas con algunas de las corrientes epistemológicas citadas, especialmente con el trabajo de Thomas S. Khun, que algunos consideran un análisis histórico, generador e iniciador de los análisis sociológicos de la ciencia, y otros, en cambio, lo consideran ya el primer estudio sociológico de la ciencia. Sea como fuere, y puesto que la pretensión de este estudio no es penetrar en las especializadas discusiones específicas de cada orientación, como en el caso de la epistemología, esta exposición se limitará a trazar las líneas generales de las contribuciones más señeras, sin entrar en las polémicas y críticas metodológicas que justifican unas orientaciones frente a otras porque harían interminable esta exposición. Esta brevedad obligada hace que tampoco puedan considerarse en detalle los ejemplos estudiados y los resultados obtenidos, lo cual puede producir también la falsa impresión que las distintas perspectivas sólo son meras opiniones sobre los temas, más o menos ilustradas; antes al contrario, cada una de ellas está fundamentada en análisis y ejemplos concretos tomados del discurrir de la vida científica.

Ciertamente, los estudios sociológicos son idiosincrásicos, pues su realización resulta muy difícil, como es fácil de inferir de sus especiales características, y sus conclusiones no se extraen de un barrido sistemático sobre todo el sistema científico sino de laboratorios dedicados a un tema concreto (en otro podrían funcionar de forma no enteramente igual) o del estudio de casos, históricos o actuales, especialmente relevantes. Con ello, quizás, se corre el riesgo a los ojos del especialista en estos temas de caer en una visión demasiado ligera de los mismos, pero el objetivo de esta exposición es solamente clarificar aspectos más globales e importantes, en torno a la sociología de la ciencia, que pueden ser útiles como referencias de autoridad para los temas que se plantean en este trabajo, y que son desconocidos por el gran público, los profesores, e incluso, para los propios científicos protagonistas.

Aunque en algunas de las contribuciones epistemológicas citadas son ya patentes diversos elementos no cognitivos en la ciencia, especialmente de tipo histórico y social, éstos han sido estudiados y resaltados especialmente desde los análisis sociológicos. Estos análisis han abordado las cuestiones típicas de cualquier sociología, intentando explicar las relaciones entre la sociedad y la ciencia y las causas de las modificaciones sociales típicas en la comunidad científica (crecimiento y decrecimiento de científicos, grupos de poder y autoridad, nacimiento de sociedades y revistas, distribución de recursos y subvenciones, etc.). Por otro lado, la sociología de los aspectos no cognitivos de la ciencia se ha dirigido a las relaciones entre la ciencia y la sociedad general que la sostiene, lo cual lleva directamente a un análisis histórico de los problemas políticos, sociales y éticos que produce el impacto de la ciencia en la sociedad (conservación del medio ambiente, la ingeniería genética, la penetración de la informática, el abismo entre países ricos y pobres, las aplicaciones a la guerra y destrucción masiva, el agotamiento de los recursos energéticos, etc.).

El programa fuerte de la sociología se basa en la hipótesis que las actividades científicas, incluso las más profesionales y técnicas, necesitan la referencia a intereses sociales más amplios que los puramente profesionales o técnicos. Se conectan así los intereses existentes en la sociedad, de la que participan los científicos, y sus decisiones sobre la validez del conocimiento científico, y se rompe el análisis histórico tradicional de la ciencia que distingue las categorías interno y externo. El programa intenta explicar los cambios científicos que afectan al conocimiento y método mismo de la ciencia, (en las controversias y la aparición de nuevos paradigmas), desde la sociología y la historia, lo cual ha llevado la investigación al terreno de los mecanismos sociales que intervienen en la génesis y la validación de la realidad y verdad de los conceptos científicos, analizados desde una perspectiva constructivista. Los objetos creados por el conocimiento no son los objetos existentes en la realidad sino representaciones de ellos, condicionadas por la propia constitución de los distintos entramados sociales. Por tanto, los hechos y los objetos no se descubren, sino que se construyen, bajo la influencia de todos los intereses, intelectuales, sociales, políticos, corporativos y económicos (Woolgar, 1991). El programa fuerte trata de demostrar que las decisiones científicas y técnicas están relacionadas intrínsecamente con el entorno grupal, de la comunidad científica y de la sociedad en general; en concreto, se trata de identificar los rasgos de estas estructuras sociales que influyen en la decisión de seleccionar, transformar o reinterpretar

los contenidos que dan lugar al nuevo conocimiento científico.

EL ANÁLISIS SOCIOMÉTRICO DE LA CIENCIA: PEQUEÑA Y GRAN CIENCIA

El análisis estadístico y sociométrico de la literatura, la población y los presupuestos científicos es el que ofrece una idea más cabal de lo que ha constituido la explosión informativa, de recursos humanos y financieros que caracterizan la Gran Ciencia actual, por oposición a la Pequeña Ciencia, nombre con el que se denomina a la ciencia existente antes de la segunda guerra mundial (de Solla-Price, 1973). Obviamente, los análisis sociométricos sólo son posibles por la transición que supone el paso de un tipo a otro de ciencia; la época de Pequeña Ciencia es dominada por la individualidad y genialidad de cada científico y el pequeño laboratorio y comunidad donde desarrolló su actividad, mientras que la Gran Ciencia, caracterizada por la masificación de personas, publicaciones, medios y financiación puede abstraer la individualidad para centrarse en el conjunto, los equipos y las líneas de investigación.

La ley fundamental que regula el crecimiento de la ciencia es exponencial, que equivale a decir, que la tasa de crecimiento es proporcional al tamaño del indicador de crecimiento, o bien, que el logaritmo del indicador es proporcional al tiempo. Por tanto, cuando se habla de crecimiento explosivo de la ciencia y la tecnología nos estamos refiriendo a este crecimiento exponencial que no es comparable con ninguno de los otros crecimientos humanos relevantes, tales como el crecimiento demográfico o el económico. La validez de esta ley de crecimiento exponencial parece que se extiende por un período de hasta tres siglos, con independencia del indicador usado para medir el crecimiento: títulos de ciencias, número de revistas científicas, miembros de institutos científicos, número de compuestos químicos conocidos, resúmenes y publicaciones científicas, asteroides conocidos, número de científicos o ingenieros, etc.

Para quienes no están familiarizados con la forma matemática de la ley exponencial, un corolario de esa ley establece que la magnitud del indicador se duplica por períodos de 10-15 años. Esta regla de duplicación continuada cada 15 años conduce a consecuencias muy intuitivas e interesantes. Así, por ejemplo, permite concluir que por la década de los 60s estaban vivos el 87% de los científicos de todos los tiempos (coeficiente de contemporaneidad), o que en la década de los 80s se realizaría tanta labor científica y habrá tantas personas dedicadas a la ciencia como en todos los tiempos anteriores, lo cual es un indicador concluyente de que el pasado es mucho menos importante en la historia de la ciencia que en la historia en general. El principio de que más del 80% de la ciencia es contemporáneo basta para descartar cualquier hipótesis ingenua sobre un cambio brusco para pasar de la Pequeña a la Gran Ciencia, aunque se suele aceptar que los cambios copernicanos asociados a la segunda guerra mundial dispararon las transformaciones importantes y originaron el inicio de la nueva era.

El análisis del número de científicos y la producción de estos a través de los artículos publicados en las revistas especializadas arrojan nueva luz sobre aspectos importantes de la demografía científica, la productividad y la calidad de los trabajos. Así, el número de científicos sigue la ley exponencial: en los primeros 50 años de este siglo el número total de autores se ha duplicado cada 12,5 años y la densidad de autores (referida a la población total) se ha duplicado cada 17 años. Sin embargo, si se considera la relación entre número de autores y su productividad (medida por el número de trabajos publicados) se obtiene una ley cuadrática inversa, que se cumple incluso para los trabajos del siglo pasado publicados por la Royal Society. El estudio detallado de esta ley permite distinguir los productores más prolíficos de los pequeños, descubriendo que el número de grandes productores es aproximadamente igual a la raíz cuadrada del número total de autores; la producción de los autores muy prolíficos desciende según la raíz cuadrada de sus rangos. En torno a un tercio de la literatura científica y menos de la décima parte de autores corresponde a los grandes productores. Sin embargo, caracterizando la producción mediante la solidez de un autor, como el logaritmo de la totalidad de trabajos producidos en su vida, y especulando con algunas magnitudes, de Solla-Price (1973) concluye que la ciencia presenta una tendencia a cristalizar la solidez, pues crece linealmente con el tiempo, de modo que mientras el número de autores se multiplica por 10 cada 50 años, la solidez sólo aumentaría una unidad.

No obstante, como se puede adivinar fácilmente la evolución exponencial actual no corresponde a un desarrollo sostenible, pues conduciría a rasgos prospectivos absurdos en el siglo próximo, por lo que

de Solla-Price (1973) sugiere como segunda ley más probable para la evolución de la ciencia la curva logística, una función que en su tramo inicial corresponde a un crecimiento exponencial, el cual tiene un punto de inflexión, a partir del cual el crecimiento se desacelera exponencialmente, simétricamente a su crecimiento, hasta llegar a un límite de saturación, a partir del cual no crece más. Según los cálculos del autor, el punto de inflexión se alcanzaría al final de este siglo o comienzos del siguiente, mientras que el límite de saturación definitivo podría llegarse al final del siglo XXI, aunque estos procesos puedan tener fluctuaciones locales importantes.

Sociológicamente, además de la explosión exponencial cuantitativa descrita, la Gran Ciencia trae cambios cualitativos importantes en la significación de algunos rasgos relevantes de la ciencia. El primero de ellos podría ser el sentido que tienen las publicaciones científicas, que han pasado de ser un elemento enciclopédico de transmisión de conocimiento, pero no tanto de ofrecer conocimiento nuevo, como ocurría en el siglo XVII, a ser una condición de prestigio y reconocimiento dentro de la comunidad científica. El segundo de ellos sería la distinción entre publicar libros y publicar artículos, que, pronto, la dinámica de la competencia científica y la necesidad del progreso fue imponiendo como método efectivo de comunicación. El resultado es que los artículos publicados en las revistas científicas se han convertido en el modo ortodoxo de los científicos para dar a conocer sus descubrimientos. No son ajenos a esta paulatina imposición del artículo asuntos aparentemente secundarios como la instauración y el mantenimiento de la propiedad intelectual, las disputas sobre la prioridad, sobre todo en el caso de descubrimientos múltiples, es decir, hallazgos realizados por dos o más personas trabajando independientemente, las reivindicaciones fraudulentas, los plagios, y en fin, el deseo de todo humano de registrar sus contribuciones y reservárselas. Sin duda, en la base de toda esta problemática de la publicación científica está el hecho principal de que esta constituye el modo básico de reconocimiento y recompensa de la comunidad científica respecto a todos sus miembros.

Aunque gran parte de la sociometría de la ciencia está basada en el análisis de las publicaciones, publicar no es el objetivo principal de los científicos y esto conduce al problema de la diferente importancia y autoridad que pueden tener las distintas publicaciones. Investigar y publicar requiere leer y estar informado; sin embargo, se demuestra empíricamente que menos del 10% de las series disponibles en la Science Library de Londres satisfacen habitualmente el 80% de las demandas. Aproximadamente, se ha comprobado que la solicitud de grandes revistas se reduce a la mitad cada nueve años. La intensidad de empleo y citación de las publicaciones proporcionarían una medida más razonable de la importancia de una revista o de la obra de un autor, aunque los vicios en la citación (la tendencia de los autores a citarse a sí mismos o a sus amigos, o a las autoridades consagradas o influyentes, o a añadir las citas como un relleno), así como la rápida desaparición de las citas con el paso de los años dificultan bastante la evaluación.

Otro aspecto muy interesante y característico de las publicaciones en la Gran Ciencia es el trabajo en colaboración, que se traduce en publicaciones con múltiples autores, a diferencia de las contribuciones anteriores donde predominaba la autoría individual de los trabajos. Así, en 1900 los artículos con un autor en el Chemical Abstracts superaban el 80%, y casi todo el resto, tenían dos; hacia 1960, los artículos de autor único estaban por el 30%, calculándose que para la década de los 80s el artículo con un sólo autor habría desaparecido, de modo que se puede decir que la conversión de la autoría individual de las publicaciones en autoría múltiple es una de las transiciones más violentas de los últimos años en la evolución científica (de Solla-Price, 1973, pp. 140-142). Este rasgo se puede explicar fácilmente por la reconversión de los científicos aislados en grandes equipos de trabajo, característico de la Gran Ciencia, y por las relaciones estrechas que se establecen entre los diferentes equipos de trabajo que comparten una misma área de conocimiento científico especializado, que dan pie a la constitución de los denominados colegios invisibles. Los directores de estos equipos, usualmente los científicos más experimentados, de más edad y más autorizados e influyentes, se convierten en los autores más prolíficos, pues multiplican su presencia en todos los trabajos del grupo y de los individuos a su cargo, así como en colaboraciones con otros colegas del colegio invisible. El resto de los miembros, por la propia dinámica de trabajo en colaboración, están abocados hacia la misma autoría múltiple en todos los trabajos.

LA CIENCIA: UN PROYECTO HISTÓRICO HUMANO

La mayoría de las disciplinas científicas se ofrecen a los estudiantes en las facultades de ciencias e ingeniería, y en los institutos de educación secundaria de una manera parcial y muy centrada en los contenidos y conceptos vigentes en ese momento en cada disciplina. Los contenidos propios de la ciencia (leyes, teorías, ecuaciones y formalismos) llenan los libros de texto y los manuales científicos y la mayor parte del tiempo empleado en las clases. Este enfoque de la ciencia, exclusiva o excesivamente centrado en los contenidos, tiene el inconveniente de omitir o borrar el proceso histórico a través del cual esos conceptos han sido construidos. Esta ciencia ahistórica, huérfana de sus orígenes y de su historia, tal como se refleja a través de los libros de texto y se desarrolla en las clases, produce una imagen de la ciencia donde sistemáticamente falta, o queda oculto, el protagonista principal de la historia, y por tanto, también de la ciencia, que es el ser humano. Este borrado de la historia en los textos científicos pretende dar una imagen de mayor objetividad y neutralidad para el conocimiento científico.

Esta imagen ahistórica de la ciencia no sólo cercena la influencia que la sociedad ha tenido sobre la ciencia y los científicos, sino también la interacción en sentido inverso, es decir, la influencia de la ciencia sobre la sociedad. Ciertamente, muchos de los rasgos de esta influencia son tan obvios (progreso en la salud pública, la vivienda, la energía y los alimentos, etc.), y están tan presentes en la vida diaria de tantas personas en el mundo que parece una petulancia hablar de ello como un defecto. Más bien se refiere a otros aspectos no tan obvios de la influencia mutua entre la ciencia y la sociedad, pero que no por menos obvios resultan menos importantes, tales como la interacción entre la ciencia con el mundo de las ideas y la cultura, etc. y que por ello su ausencia de la visión ahistórica de la ciencia resulta igualmente empobrecedor.

Eliminar la historia de la ciencia de la educación científica constituye obviamente un elemento empobrecedor de esta educación, porque se omite una parte importante del objeto estudiado. La pérdida sustancial del elemento histórico produce una ciencia que no se corresponde con la ciencia real, tal como es hecha por los humanos, con sus contingencias diarias, con sus presiones, con sus casualidades, con sus servidumbres, con sus limitaciones, etc. ... en suma, se trasmite así una imagen falsa y distorsionada de la misma. El resultado para los estudiantes de esta ciencia ahistórica es una ciencia deshumanizada, de modo que muchos estudiantes se mantienen ignorantes sobre la verdadera génesis social del conocimiento científico, adoptando, en su defecto, concepciones y actitudes ingenuas ya descritas en el capítulo sobre epistemología, y que se manifiestan en imágenes estereotipadas de la ciencia y los científicos, como por ejemplo, el estereotipo del "científico chiflado": malvado, egoísta, absorbido por sus investigaciones, aislado de la sociedad en su torre de marfil, excéntrico, insensible, frío y racional, obsesionado por su trabajo y con alcanzar sus objetivos a cualquier precio, aislado de la sociedad en su torre de marfil, malhumorado, y a veces, insano (Kahle, 1989; Mason, Kahle & Gardner, 1991; Newton & Newton, 1992; Schibeci & Sorenson, 1983).

LA CIENCIA COMO INSTITUCIÓN SOCIAL

R. K. Merton (1977) es autor de una ingente obra, que partiendo del análisis del desarrollo de la ciencia moderna en la Inglaterra del siglo XVII, ha contribuido a caracterizar la ciencia como una institución social, con sus propios valores y pautas de estratificación y que se mueve por el refuerzo que suponen las consecuencias de los intercambios científicos.

El análisis histórico-sociológico del desarrollo de la ciencia en el siglo XVII en Inglaterra le lleva a trasladar la tesis weberiana de la influencia del protestantismo en el nacimiento del capitalismo, al florecimiento de la ciencia. La revolución científica del XVII se caracteriza a nivel interno por un salto cualitativo en los conocimientos y métodos del conocimiento, mediante el uso de un método universal y normativo (experimental, observación, sistemático ...), aplicando las matemáticas y generando un proceso acumulativo de codificación de leyes, pero paralelamente se inician también los procesos sociales de integración progresiva de los científicos, inicialmente individuos aislados al servicio de mecenas, en una profesión reconocida y apreciada socialmente. A nivel externo, la interacción con la sociedad ha variado según los países, pero Merton la concentra en dos líneas principales: las demandas económicas y militares y la convergencia funcional entre el espíritu puritano y la actividad científica (la gran aportación

mertoniana). El puritanismo social encarna pautas de conducta y valores (convicción religiosa en la existencia de leyes inmutables de la naturaleza, cuyo descubrimiento celebrará la sabiduría y perfección divinas) afines a la ciencia, que se concretan en el utilitarismo y el empirismo. La aspiración inglesa de dominio económico en la manufactura textil, agricultura, minería y navegación, y en general, las exigencias de la tecnología industrial, encontraron en la ciencia la respuesta a sus demandas. Así surgió una predisposición social, de base religiosa y utilitaria, favorable a los intereses científicos que fue estimulada por las autoridades religiosas, políticas y económicas.

Sin embargo, el núcleo del análisis sociológico de Merton es la identificación de los factores de la actividad científica que condujeron a ésta a erigirse como una institución social y que garantiza su pervivencia, siempre apoyados, evidentemente, en la enorme eficacia demostrada por la ciencia para resolver los problemas específicos. El primer factor identificado es un conjunto de valores, reglas, prescripciones y presupuestos, no escritos, profesados por los científicos y cuya adhesión obedece a las exigencias metodológicas de la actividad científica y constituye un elemento de socialización y sanción de los miembros de la institución. Los elementos básicos de los valores científicos son el Comunismo (los descubrimientos científicos son propiedad de toda la comunidad), el Universalismo (cualquier científico tiene las mismas prerrogativas y servidumbres o todos los sos son iguales), el Desinterés (el carácter público y la rendición de cuentas ante la comunidad exige la renuncia a otro beneficio que no sea el trabajo bien hecho) y el Escepticismo organizado (el examen independiente y ecuánime de los resultados), resumidos en el acrónimo CUDEOS. El autor añadió más tarde otros dos nuevos valores: humildad (consecuencia del desinterés y el escepticismo) y originalidad (consecuencia del comunismo y el sistema autónomo de recompensas).

La institución científica se configura como un sistema de intercambio de información, que resulta a la vez, un sistema de recompensas reforzadores, a través de las cuales se ejerce el control de la institución. El intercambio de información es un medio para la búsqueda del reconocimiento de los científicos por su trabajo, que se constituye en el motor de la actividad científica, y es identificado por Merton como el segundo factor de la institucionalización de la ciencia. El reconocimiento es proporcional a la aportación personal a la comunidad y se vehicula a través de recompensas honoríficas, como el reconocimiento de prioridad en la autoría, la eponimia (atribución del nombre del descubridor a su descubrimiento), el ingreso en las academias honorarias de la ciencia, la otorgación de premios y distinciones (el premio Nobel sería el culmen de una carrera), la elección para determinados cargos simbólicos y materiales, y en general, cualquier tipo de reconocimiento de los colegas. De esta manera el sistema de intercambio en la comunidad científica actúa como un reforzador de las normas y valores de la comunidad, a través de las recompensas instituidas.

Como es obvio, algunos de los valores citados producen contradicciones y conflictos (por ejemplo, el deseo de recompensa puede quebrar el desinterés o el escepticismo) que pueden llevar a conductas desviadas respecto a los CUDEOS, como el fraude o el plagio, o respecto a prácticas deshonestas fuera de estos valores. Uno de los fraudes más citados es la falsificación de pruebas, que puede consistir simplemente en la selección sesgada de los datos, aceptando los que confirman la propia hipótesis y desechando los contrarios a ella; la calumnia de plagio o acusación falsa de plagio hacia otro y el plagio inconsciente son otras formas de conductas desviadas.

El trabajo de Merton justifica y consolida el concepto de comunidad científica, en la sociedad moderna, como un grupo social bien definido, es decir, un conjunto de personas que se reconocen mutuamente entre sí como miembros del grupo (reconocimiento interno) y que son reconocidos, también, fuera de él (reconocimiento externo). Sin embargo, la definición de la comunidad científica no carece de ambigüedades, pues no existe un elemento definidor estricto de la pertenencia.

La principal característica, como grupo, de la comunidad científica es que se trata de un grupo altamente organizado y jerarquizado y cuando se usa el término en sentido genérico se puede caer en errores, debido a la diversidad de intereses, posiciones, expectativas, etc. de los distintos miembros y niveles, que enmascara, a menudo, importantes divergencias y tensiones. Esta diversidad surge de la división del trabajo que se practica en su seno, que conduce a una estratificación social en "clases"; el trabajo que realiza un estudiante que prepara su tesis es diferente al trabajo que realiza el jefe de laboratorio o de equipo.

Una de las connotaciones más importantes que tiene la división del trabajo en la comunidad científica es la distinción entre los proyectos y su aplicación práctica, que es un reflejo de la división entre la ejecución del trabajo y los objetivos últimos de éste, característicos de la sociedad industrial. Se trata de producir resultados científicos sin preocuparse por su finalidad, ni plantearse sus implicaciones sociales, lo cual produce mentalidades con una estricta separación entre el trabajo profesional científico y el resto de la vida, que se ajusta al modelo de la doble cultura sugerida por Snow (1987). Esta filosofía tiene implicaciones directas en la formación de los científicos, que estudian una ciencia donde se han borrado mayoritariamente los orígenes históricos y sociales concretos de los conocimientos científicos, dejando éstos reducidos a su estricto contenido especializado, pero descontextualizados. Este tipo de formación tiene como efecto hacer olvidar el objetivo de la ciencia y evitar cualquier posicionamiento crítico respecto a ella.

La otra característica primordial de la comunidad científica se deriva de las relaciones que establece con la sociedad general. En la mayoría de los países occidentales, los científicos, como miembros de la sociedad, forman parte de las clases medias de la sociedad pos-industrial, caracterizadas por su identificación con el orden social instituido y por un cierto resentimiento apolitizado y típico respecto a la sensación de soportar los impuestos y las cargas mayores de la sociedad.

Sin embargo, la comunidad científica tiene escaso poder decisorio real y directo en el concierto social, a pesar de la importancia de la investigación científica y tecnológica para el progreso social y económico. La comunidad científica tiene una necesidad muy clara que es la financiación de la investigación, y para satisfacer esta necesidad, como carece de poder real, busca aliados que detenten ese poder y que estén interesados en sus productos. De esta manera, los sistemas industrial y militar se convierten en los aliados poderosos que subvencionan la actividad científica a través de lo que se ha denominado la industrialización y la militarización de la ciencia, y que especialmente esta última, es muy cuestionada por y genera malestar en muchos científicos. En suma, estas alianzas y la posición en el grupo determinan que la comunidad científica, como grupo, no es neutro y desinteresado, sino que la tarea de los científicos está mediatizada por estos poderosos factores.

Por otro lado, siguiendo una inercia del sistema social, la comunidad científica tiende a burocratizarse, es decir, a cristalizar intereses internos creados por el propio sistema, que a su vez estructuran su propio espacio de poder y de clientela, y que se convierten en normas burocráticas de funcionamiento interno. Como en todos los grupos, los vínculos entre sus miembros generan fidelidad a los valores del grupo y corporativismo, en defensa de los intereses del grupo, con la consiguiente ocultación de estos intereses y la inmediata defección de los infieles, en aras de la cohesión del grupo.

Las pautas de estratificación social en el sistema científico

El debate crítico sobre los CUDEOS ha abierto brecha por el idealismo y la generalidad de la propuesta, que podría estar alejado de la realidad ética de la organización científica. Se constata que la vida científica no se organiza, de hecho, como una comunidad de iguales, sino que existen elites que evalúan y juzgan la distribución de cargos y recursos; el secretismo afecta a la globalidad de la actividad, para proteger el reconocimiento de propiedad y autoría, y en algunos casos es permanente (industria o militares); en vez de desinterés, existe una intensa competencia por publicar, por la prioridad de autoría, por conseguir medios y cargos, por la fama, etc.; los compromisos afectivos hacen que el escepticismo organizado se ejerza muy sesgada y emocionalmente: muy estricto hacia las tesis de los oponentes y benévola para las propias. Si de la conducta global se pasa a las conductas individuales Mitroff (1974) ha demostrado que la realidad de la conducta de los científicos se caracteriza por la ambivalencia normativa (se practican, a la vez, los valores CUDEOS y otros contravalores); cada valor CUDEOS tiene un contravalor, causa de las transgresiones y ambivalencia de la conducta de los científicos. Así en oposición al universalismo aparece el particularismo, contra el comunismo aparece el secretismo, contra el desinterés aparece la búsqueda del reconocimiento y el prestigio, justificados por el refuerzo del grupo de pertenencia, y contra el escepticismo organizado aparece el dogmatismo organizado. Estos contravalores cumplen también funciones positivas y necesarias para la institución y el progreso científico, por ejemplo, el mantenimiento de la cohesión de los grupos, y no siempre deben terminar en conductas desviadas y

deshonestas.

El segundo aspecto de la institucionalización de la ciencia desarrollado por Merton se refiere a las pautas de estratificación en la organización. La distribución de las recompensas causa la existencia de desigualdades entre los científicos, que se concretan en tres hechos denominados el efecto del sillón 41 (la academia de ciencias sólo tiene 40 sillones), el efecto de trinquete (una vez alcanzado un nivel, nunca se va bajar de él, aunque llegue una persona mejor dotada) y el efecto Mateo (acumulación de recompensas en los científicos de gran reputación y negación de ellas a los no destacados) que son la fuente primigenia del tipo de organización social interna del sistema científico. Además, el efecto Mateo está omnipresente en el sistema de comunicación de la ciencia; así, la reputación profesional de los autores concentra la atención de otros, aumenta la visibilidad de sus comunicaciones, a la par que ensombrece y reduce la de otros, y atrae recursos y dotaciones, retrayéndolos a otros. El efecto Mateo es una consecuencia del propio sistema de evaluación del trabajo científico, que refuerza positivamente la acumulación de recompensas, y negativamente su carencia, de modo que aunque el rango y la autoridad se adquieren legítimamente mediante realizaciones pasadas exitosas, una vez adquiridas se pueden prolongar inercialmente, originando efectos perniciosos, como los juicios sesgados de estas personas, el no reconocimiento de la pérdida de la autoridad, y una cierta inmunidad a las críticas (por miedo a la capacidad o a enfrentarse al poder acumulado). Ésto lleva a la constitución de gerontocracias científicas que controlan una gran parte de la organización, como evaluadores de programas y proyectos, asignadores de recursos, censores de revistas, organizadores de congresos, etc. Sin embargo, en apoyo de las propuestas mertonianas, algunos estudios sobre la evaluación de manuscritos en revistas científicas por los censores, evaluación de calidad y excelencia en trabajos científicos o el reconocimiento de contribuciones al cuerpo científico demuestran que, a pesar de las desigualdades entre científicos y la presencia efectiva de las gerontocracias en la organización, el sistema de estratificación de la ciencia no es exclusivamente particularista, y en algunos casos tiene un alto nivel de universalismo en las decisiones, ya que por ejemplo, no se detectan esquemas preferenciales en las evaluaciones que los censores hacen de los manuscritos (ver Lamo, González & Torres, 1994, pp. 476-480). Lo cual demuestra que el problema de la estratificación social de la ciencia es algo más sofisticado y complejo, y difícilmente reducible a categorías simples.

El análisis de Merton sobre la estratificación en la ciencia ha estado muy centrado en la evaluación y distribución del reconocimiento. Algunos estudios complementarios han corregido y ampliado algunas de las propuestas citadas teniendo en cuenta los diferentes niveles de productividad y la cuestión de las formas diferenciales de acceso a las infraestructuras y recursos necesarios para investigar adecuadamente en la gran ciencia actual. Así se han identificado variantes del efecto Mateo, tales como el efecto Podunk, según el cual los científicos con bajo reconocimiento y afiliados a una institución de bajo prestigio obtienen menores oportunidades para investigar, y su inverso, el efecto Knudop, que atrae para esos científicos oportunidades y recompensas superiores a sus merecimientos, y el efecto Wehltam (inverso al efecto Mateo), por el que científicos en centros de alto prestigio no alcanzan el reconocimiento acorde con el centro. Con ello, se pone de manifiesto la dificultad de evaluar la productividad y la calidad reales en la investigación científica, aunque el reconocimiento se puede justificar mayoritariamente a través de esas variables.

Asimismo se ha puesto de manifiesto la intervención de mecanismos sociales en la distribución universalista del reconocimiento y recompensas. La socialización y el prestigio diferencial de las instituciones de afiliación actúan discriminadoramente respecto al acceso e instituciones, reconocimiento de contribuciones, movilidad patrocinada, etc. Sin embargo, como conclusión, no puede decirse que esta discriminación sea conflictiva (la frecuencia es muy baja), pero sí que existen una serie de desigualdades singulares, que estructuran la organización de la vida científica, sobre todo a través de la constitución de elites científicas (gerontocracias) con un papel decisivo en la distribución de recursos y reconocimientos.

LA SOCIOLOGÍA DEL CONOCIMIENTO: EL LABORATORIO Y LAS CONTROVERSIAS

El laboratorio es el contexto más representativo y significativo donde se desarrolla la actividad científica actual. Un conjunto de estudios sociológicos de tipo etnográfico se han dedicado a observar

empírica y directamente lo que acontece en un laboratorio, evitando que la actividad científica concreta y diaria desaparezca tras las reconstrucciones racionalizadoras y lógicas posteriores.

La vida en el laboratorio es estudiada por Latour (1992) y Woolgar (1991) que destacan el aspecto caótico, desordenado e indeterminado de la actividad científica frente a la imagen metódica, ordenada y cuidadosa que suele transmitirse a través de las publicaciones científicas. El principal producto del laboratorio son hechos que se transmiten al exterior mediante publicaciones, de modo que resulta crucial el aparato técnico empleado en producir el texto científico a partir del caos o desorden inicial; en este texto, una inscripción literaria en forma de conjetura se intenta transformar en una verdad aceptada. En esta transformación se identifican cinco niveles o tipos estrategias retóricas para persuadir al auditorio (modalizaciones del lenguaje): 1) Simples conjeturas o especulaciones sin mucha base (aparecen al final del informe), 2) Enunciados del tipo "sería razonable pensar", como sugerencias orientativas, 3) Enunciados que afirman una relación sin añadir más, 4) Enunciados prototípicos de razonamiento científico (de libro), y 5) Enunciados aceptados sin más entre los científicos. Ni que decir tiene que los científicos, con su actividad, se afanan en obtener los dos últimos niveles partiendo de los primeros. Para esa transformación, también son importantes los aspectos sociales, que se entremezclan permanentemente, tales como el prestigio de la revista donde se publica, la capacidad de financiar una línea de investigación, la posibilidad de adquirir equipos, las carreras profesionales, la autoridad y el prestigio científicos, la capacidad de influir en decisiones de política científica, etc. Estos autores elaboran un modelo general de la actividad científica presidida por un proceso continuo de inversiones y reinversiones del capital simbólico, formado por el conjunto de elementos citados obtenidos en el pasado, en un mercado de valores con oferta y demanda, y estructurados en un ciclo de credibilidad científica que incrementa el capital inicial.

La principal consecuencia de estos estudios es que la imagen de la ciencia diseñada por los epistemólogos, con métodos especiales, mentes privilegiadas, rigor, coherencia y factualidad, y que opera de acuerdo con estándares universales o patrones preestablecidos no coincide con la ciencia que se observa en el día a día, donde abundan las prácticas ocasionales, locales, contingentes y oportunistas.

El trabajo de laboratorio culmina con la producción de documentos científicos donde se ofrece sistematizada y codificada lingüísticamente la información. La comunicación y la argumentación son fundamentales para la persuasión de los colegas, la negociación y la aceptación intersubjetiva de los hechos construidos lingüísticamente. Esta construcción se realiza mediante el empleo de los denominados modalizadores, esto es, términos lingüísticos que permiten aumentar o disminuir el estatus de los enunciados, como por ejemplo, la referencia a otro agente (autor, descubridor), la referencia a una acción de un agente (interpretaciones, afirmaciones, publicaciones, la referencia a los antecedentes, etc.

Otra conclusión del estudio de la vida en el laboratorio es que las actividades tienen un carácter local y contingente y son bastante indeterminadas, de lo que se deduce que la naturaleza, más que una realidad independiente, es un producto o construcción del trabajo científico.

La investigación del conocimiento como una manufactura (Knorr-Cetina, 1981) defiende un punto de vista constructivista para entender la génesis del conocimiento científico. Comparten con los estudios anteriores la caracterización de la práctica de los científicos como contingente, oportunista e instrumental, que intenta construir un hecho científico objetivo (descubrimiento) a partir de las conjeturas iniciales. Lo que constituye un hecho científico es un conjunto de mecanismos retórico-sociales (resaltados por Latour y Woolgar) y recursos técnicos (aparatos, técnicas, protocolos, etc.) fundamentados en una serie de actividades científicas anteriores previamente rutinizadas y objetivadas (que se aparecen como asépticas, neutrales, aproblemáticas) y que sirven de punto de partida en la construcción de la ciencia. Las actividades de los científicos están llenas de procesos de decisión sobre la elección de las materializaciones científicas que han alcanzado un nivel más alto de factualidad y de las rutinas fijadas con anterioridad; el contexto determina las estrategias, los argumentos y las técnicas más oportunas para la construcción del nuevo conocimiento. Esto determina las diferencias que se observan entre la presentación pública de los hallazgos científicos y la investigación real del laboratorio, donde los esfuerzos idiosincrásicos de reconstrucción se orientan a buscar la consistencia y a la formalización de criterios de decisión contingentes como la simplicidad, la fertilidad o la adaptabilidad a las observaciones, características que no aparecen a los ojos del epistemólogo, ni a veces, del sociólogo. Por tanto, la

actividad científica construye la naturaleza en base a múltiples procesos instrumentales y con una amplia dinámica de razonamiento práctico que trasciende los límites del propio laboratorio e incluso la comunidad científica (las denominadas relaciones sociales transistémicas), involucrando agencias de financiación, intereses económicos, industriales, gerentes de centros de investigación, editores de revistas, autoridades públicas, etc. y, que dentro de la vida científica, constituyen el centro más importante de relaciones.

Otra línea de investigación sociológica sobre el conocimiento científico, el relativismo empírico, se fija en los momentos de controversia y en la forma como éstas se cierran, para evidenciar las conexiones de los laboratorios científicos con los centros políticos, sociales y económicos del entorno. Collins (1985) sugiere un tercer tipo de actividad científica denominada ciencia extraordinaria, en cierto modo intermedia entre la ciencia normal y la ciencia revolucionaria identificadas por Kuhn, que sucede cuando se producen resultados que no encajan en el paradigma y generan debates y controversias. La ciencia extraordinaria resulta un estado más idóneo para el desarrollo de la investigación, porque intenta cambios más modestos en el paradigma, y por ello más asequibles, y además son más frecuentes que los esporádicos momentos de ciencia revolucionaria.

El relativismo sociológico considera que ni la racionalidad ni la naturaleza son universales autoevidentes, de modo que la indeterminación de la lógica y la evidencia empírica (la problematización de la inducción afecta a la experimentación y la replicación de experimentos), juegan un papel relativo en la construcción del conocimiento. Como consecuencia, sostiene que los factores sociales del conocimiento científico explican la generación y validación del conocimiento, y trata de identificarlos a través de los mecanismos de cierre de los debates y controversias científicas. Se puede decir que existen dos modelos principales acerca de la generación y validación del conocimiento científico: el modelo algorítmico, admite la existencia de una serie de instrucciones y pasos que seguidos correctamente permiten copiar exactamente un experimento ajeno; el modelo cultural reconoce la imposibilidad de realizar una copia exacta, de modo que el modelo implica la transmisión de las pautas culturales que legitima y controla los parámetros necesarios y cuyo objetivo es interpretar las copias exitosas, más que los fracasos. El programa del relativismo se centra en tres etapas: la certeza en la ciencia a través del análisis de las replications científicas, los mecanismos de cierre de las controversias y la relación entre los mecanismos de cierre con las estructuras políticas y sociales.

El principio de la flexibilidad interpretativa establece que un conjunto finito de instrucciones determinadas no permiten asegurar de forma universal y aporoblemática la obtención de una solución unívoca, válida para distintos contextos, para lo cual se necesita, además, una convención social que dé consistencia y coherencia. La replicación es el artificio institucionalizado por la ciencia para garantizar el orden, es decir, la estabilidad para las percepciones y la validez a la inducción, de modo que las reglas del dominio privado se adecuen al dominio público, otorgando validez a los resultados obtenidos mediante la observación o experimentación privada. El carácter profundamente social y contingente de la actividad científica queda patente en el análisis de los procesos de replicación, que no constituyen tanto una secuencia racional como una serie de filtros sucesivos que aseguran el consenso y garantizan el desarrollo aporoblemático de la replicación: 1) Eliminar las tareas no relacionadas con el tema sometido a replicación, 2) Desechar la replicación de todas las actividades no consideradas científicas, 3) Considerar no significativas las replications realizadas por experimentadores no cualificados suficientemente, 4) Eliminar de la replicación todo lo que no se considere una evidencia experimental, 5) No considerar replicación todo experimento que no sea copia del original, 6) Asignar el carácter de éxito o fracaso a las replications, que dependerá del peso de los argumentos puestos en juego, y 7) Decidir si el experimento en cuestión ha sido replicado, sobre situaciones con parte de resultados positivos y parte negativos y que depende de la disposición de los científicos.

Los diferentes hallazgos empíricos del programa relativista se han resumido en diez proposiciones sobre el desarrollo de la tarea empírica y replicadora: 1) El conocimiento es implícito y su transferencia azarosa, 2) El conocimiento es una pericia y se trasmite mediante practicantes expertos, 3) La habilidad experimental es una cualificación y se adquiere y desarrolla con la práctica, 4) La capacidad experimental es invisible para quien la posee y la trasmite, 5) La tarea específica de experimentadores e instrumentos se define por su capacidad para contribuir al resultado, 6) Los científicos (y otras personas) tiene una

disposición a creer que realizar un experimento es una formalidad algoritmizada (especialmente cuando se obtiene éxito), 7) Cuando no se obtiene éxito, se achaca a una realización deficiente, 8) El desacuerdo sobre el resultado de un experimento se solventa atendiendo a lo que se considera un resultado apropiado o un descubrimiento nuevo, 9) Las decisiones acerca de un fenómeno son las que se refieren al descubrimiento de sus propiedades, y 10) Un fenómeno con características propias sólo puede existir si solapa, aunque sea parcialmente con el cuerpo científico, si no, la ciencia o el fenómeno deberán cambiar.

En consecuencia, los análisis empíricos de Collins se ajustan mejor a un modelo cultural que a un modelo algorítmico. Según el modelo cultural, dada la natural flexibilidad interpretativa de los datos y la consiguiente circularidad presente siempre en los trabajos empíricos (resultados y desarrollo del experimento deben ser considerados simultáneamente para establecer la validez del conocimiento), los científicos podrían argumentar y polemizar indefinidamente sobre sus experimentos, de modo que se hace necesario abordar el nudo gordiano que es la resolución de las controversias generadas en la práctica científica para establecer la validez del conocimiento.

En base al estudio de casos históricos, Collindridge (1989) ha propuesto tres condiciones necesarias para llegar al cierre de las controversias científicas: la autonomía, la naturaleza monodisciplinar y el bajo nivel crítico de la cuestión planteada. En el primer caso, la falta de autonomía o dependencia de grupos de intereses muy fuertes (por ejemplo, la producción de riesgos grandes o fuertes pérdidas a estados, lobbies o corporaciones) actúan en contra de la posibilidad de consenso; el caso más conocido puede ser la nocividad del tabaco para la salud. Si la cuestión no se plantea dentro de una matriz disciplinar determinada, las dificultades de las traducciones interdisciplinarias oscurecen siempre las relaciones causales dificultando el consenso. Por fin, si el nivel crítico en la controversia es excesivo el consenso también se dificulta, mientras que un bajo nivel crítico facilita el consenso; en la práctica, Collindridge ha demostrado que el nivel de crítica depende del resultado, siendo los resultados más concretos y los que trascienden el laboratorio, para entrar en aspectos de la vida diaria (relaciónese con la primera de las causas aludidas), los que concitan un mayor nivel de crítica, e inversamente una mayor dificultad de consenso. Este asunto plantea la cuestión de la relevancia deontológica en la investigación, como es la manipulación de los resultados por razones de conveniencia.

El estudio de las controversias en la vida científica estudia también los procesos que hacen que la indeterminación de los datos experimentales desaparezca. La metodología de las controversias se dedica fundamentalmente a repasar las versiones recibidas y reconstruir los procesos según la interpretación ganadora siempre con un sustrato común: evitar que el resultado de la controversia sea una situación más anárquica todavía. El criterio más tradicional sugiere que la causa de finalizar un debate es la superioridad técnica de uno de los grupos en disputa, pero Collins sostiene que esta es la consecuencia, más que la causa, ya que con el paso del tiempo, la versión de los ganadores se hace autoevidente y éstos reciben más consideración y prestigio, mientras que se va borrando el recuerdo de los perdedores y del debate sostenido. El concepto de poder se ejerce subrepticamente en los debates mediante la introducción de informes selectivos en las revistas, el compromiso de científicos prestigiosos, la gestión de encuentros profesionales, las presiones a los editores para rechazar determinados artículos, discriminando el acceso a los fondos de financiación de la investigación, amplificando la divulgación de los errores o la patología de los contrincantes, etc. Pero el mecanismo más crucial es el papel desempeñado por un grupo reducido de expertos del área, el denominado "core set" (amigos y enemigos a la vez), pero cuyas interacciones son decisivas para el cierre de la controversia y que ofrecen el dictamen público decisivo e incontestable; el core set es la instancia que resuelve el problema de la inducción científica por la vía sociológica, haciendo consistentes las contingencias sociales con los cánones formales metodológicos. Este planteamiento subraya los mecanismos internos de las controversias, pero deja en el aire las interacciones externas del sistema científico con las autoridades, los fondos de subvención económica y el resto de la sociedad que pone de manifiesto con profundidad la teoría del actor-red.

Los procesos de creación y acreditación del conocimiento científico, en particular, el tratamiento de las disensiones en la comunidad científica y la resolución de las controversias, se podría decir que es el elemento más característico y la causa más directa del progreso científico. El asunto no es baladí porque se trata de una cuestión que debe resolver la tensión permanentemente antitética entre posiciones legítimas pero contrapuestas. Así, por un lado la esencia de la ciencia es la búsqueda de ideas y hechos nuevos, que

eventualmente estarán en lucha con las ideas establecidas; por otro lado, la aspiración de las prácticas científicas es decantar un cuerpo de conocimiento suficientemente consolidado para considerarlo fiable y creíble. La tensión entre estos dos polos, disensión y consenso, confirmación y falsación, creatividad y crítica, ciencia normal y ciencia revolucionaria, conservación y ruptura, tolerancia y autoridad, conservadurismo y audacia, especulación y fundamentación, etc. es la situación habitual de la actividad de investigación en pos del conocimiento científico. Como es fácil comprender esta situación es más próxima a la explosión y a la desmembración que a la unidad y al consenso; sin embargo, el gran mérito de la comunidad científica consiste en basar su consenso y cohesión sobre una situación de convivencia dialéctica entre ideas enfrentadas y en competencia. Desde una perspectiva social y política una situación tal sería insostenible y típica de una sociedad en revolución permanente, pero la comunidad científica funda en ella su progreso, mostrando una convivencia notable y civilizada.

En esta situación de tensión dialéctica, el instrumento principal del progreso científico es la selección crítica que se aplica en la forma de escrutinio minucioso a todas las ideas e informaciones (Ziman, 1981). La selección crítica se realiza respetando la tensión entre el respecto a la creatividad e imaginación, y por tanto, con una absoluta tolerancia para todas las ideas, incluso las desviacionistas y especuladoras, y la necesidad de referencias estables que permitan el juicio y la crítica; la ciencia no sólo tolera, sino incluso, se podría decir, que incentiva las ideas novedosas y divergentes respecto al conocimiento establecido, de modo que a veces, en una misma publicación científica se pueden leer modelos en competencia, e incluso, incompatibles lógicamente entre sí. El instrumento de selección es la evaluación crítica de todas las ideas, para lo cual los editores, consejos editoriales, censores, organizadores de congresos, y científicos en general, constituyen una red de control invisible, donde cada científico realiza un modelo personal que actúa como fuente imaginativa, tanto de sus propias contribuciones como de las contribuciones de otros científicos; un control que es especialmente facilitado hoy en día a través de las redes internacionales de comunicación informática y telemática. Así, como reflejo de la tensión dialéctica de la dinámica del conocimiento, cada científico vive una situación un poco esquizofrénica, esforzándose como creador en superar la crítica contraria de jueces anónimos, y por otro lado, como juez, en criticar, tanto su propio trabajo como el trabajo de los demás. Desde una perspectiva evolutiva, esta selección es absolutamente cruel, pues el efecto bibliográfico del mismo es que sólo una pequeña proporción de todas las ideas e información sugeridas por la investigación es incorporada, finalmente, de un modo estable al cuerpo de conocimiento científico. Como es fácil suponer, esta metodología hace que el progreso sea lento y penoso, aparentemente irracional, y, según sus más acervos críticos, antieconómico; sin embargo, sus resultados globales son deslumbrantes y no han sido superados por ningún otro sistema social hasta el momento, aunque tengan también una cara oscura, que también se ha comentado.

En contra de este proceso de control autoregulado de la investigación pueden actuar importantes deformaciones como los plagios fraudulentos y los errores interesados, que suelen estar movidos por ambiciones personales de notoriedad, poder y dinero. Sin embargo, la autoregulación de la comunidad científica ha sido eficaz en el control de esas desviaciones, pero existen otras deformaciones estructurales que son más difíciles de atacar, como la excesiva especialización de la ciencia y la indoctrinación en la formación de los científicos. La excesiva especialización de ciertas áreas de conocimiento tiende a crear espacios de poder burocratizados, que puedan sustraerse al control general de la comunidad, con el riesgo de desmembración y fragmentación. La formación excesivamente acrítica, concentrada y sintética de los científicos puede llevar a un cierto grado de lavado de cerebro, caracterizado por un excesivo compromiso inicial de los científicos con el paradigma vigente en el momento de su formación inicial, lo cual puede limitar en exceso sus horizontes, en detrimento del natural escepticismo crítico y creativo, fuente del progreso.

El análisis del discurso científico

Otra línea importante de investigación etnometodológica es el análisis del discurso científico y coincide con uno de los temas preferentes a los que se ha dedicado la etnografía. La premisa básica de estos estudios es que la ciencia es una actividad cotidiana y ordinaria más, caracterizada por una serie de

rasgos idénticos a otras prácticas, que desarrolla técnicas de razonamiento propias del sentido común, aunque se manejan conceptos y equipamientos complejos, y por tanto, no existe mucha base para continuar distinguiendo entre actividades científicas y no científicas, como se suele hacer habitualmente. Se tratan de evidenciar las relaciones que se establecen entre la acción y los sistemas de competencia autóctonos (estructuras de razonamiento, manuales de instrucciones, protocolos de procedimiento), mediados por una serie de procedimientos idiosincrásicos (supuestos tácitos, estilos personales, prejuicios temáticos, acuerdos no verbalizados, etc.), y siempre tratando de minimizar los deterioros que tiene para la credibilidad los sucesos impredecibles negativos (desajuste entre datos y lo esperado).

El discurso científico es el conjunto de descripciones y representaciones verbales y no verbales (gráficos, tablas, fotografías, etc.) formuladas por los científicos para describir sus actividades y resultados profesionales. El análisis del discurso intenta identificar y describir las regularidades en los métodos empleados por los científicos y establecer el carácter de sus creencias en las interacciones sociales a medida que construyen el discurso. Gilbert y Mulkay (1984) han aplicado estos análisis a los contextos de producción lingüística en un área de la bioquímica identificando dos tipos diferentes de discursos, el empirista y el contingente, usados en diversos contextos. El discurso empirista se emplea en los contextos formales de la actividad científica (artículos, conferencias, comunicaciones) y se caracteriza por eliminar totalmente cualquier tipo de sombra subjetiva del autor y presentándose el discurso como resultado directo de los datos empíricos. El discurso contingente se usa en contextos informales con el objetivo es dar cuenta de los errores de otros colegas y se caracteriza por usar términos vagos e imprecisos, y en general, asocia la intrusión de factores no científicos a la distorsión que resulta. Se comprueba la asimetría de los discursos de grupos en abierta competencia cuando se dirigen a uno u otro trabajo.

El análisis del discurso también aborda las creencias epistemológicas sustentadas por los científicos, habiendo encontrado que éstas se muestran sobre todo como declaraciones legitimadoras de las decisiones técnicas, principalmente en los discursos de los actos formales de celebración (por ejemplo, la ceremonia de entrega de los premios Nobel), y se aprovechan para transformar los éxitos personales en virtudes del colectivo y reforzar la imagen tradicional de las actividades científicas como racionales, desinteresadas, objetivas, escépticas, etc.

Woolgar (1991) ha estructurado un texto científico en cuatro niveles: 1) instrucciones preliminares (localización, encabezamientos, y comienzo del texto) que sitúan al lector ante el texto, 2) mecanismos de externalización, que afirman la existencia autónoma (no subjetiva) del hecho investigado, con los científicos en un papel pasivo ante las observaciones, 3) mecanismos de conducción, justifican los nuevos resultados en función de los pasados, y 4) mecanismos de secuenciación, ordenan la aparición de los acontecimientos en la narración, desechando unos y destacando otros.

Desde lo que se ha denominado la inversión reflexivista se defiende la tesis, ya formulada anteriormente, donde el discurso es el que constituye la realidad de la investigación, o en otras palabras, que son los científicos y su discurso quienes constituyen los objetos del mundo, en lugar de entender el discurso como una mera copia de los objetos (concepción realista). Este proceso de inversión de la realidad tiene cinco fases (Woolgar, 1991): 1) Afrontamiento de un tema con un conjunto de pinceladas asequibles a los distintos grupos científicos, 2) Identificación de un objeto por composición de las pinceladas, 3) Afirmación de la naturaleza propia y cualidad precedente del objeto, diferenciado de los rasgos que lo conforman, 4) El discurso da cuenta del objeto constituido, y 5) Legitimación del discurso y eliminación de las partes que lo forman. Las relaciones establecidas así entre objeto y representación configuran una concepción realista que es fuente de numerosos "horrores metodológicos" (por ejemplo, la reflexividad, es decir, ninguna de las dos partes objeto-representación pueden concebirse independientemente). Para evitar esto debe introducirse el principio de inversión, la representación es previa al objeto, y la tesis de la retroalimentación, según la cual la relación es de doble sentido.

La teoría del actor-red (Latour, 1992) es el resultado de intentar identificar las interacciones entre científicos, factores y sociedad, que forman una red de relaciones donde existen puntos de paso obligatorio para los participantes y que permiten el control de toda la red, de modo que los temas que se están dilucidando son las relaciones de poder en la ciencia. Este planteamiento asume que deben considerarse todos los elementos en interacción, de modo que presenta la novedad de la incorporación de

la tecnología a los análisis, ya que ciencia y tecnología, en la actualidad, tienen una interconexión muy estrecha formando un continuo difícil de discernir, como ya se ha justificado anteriormente. Como axioma pretende estudiar la ciencia y tecnología en acción, no ya elaboradas, ya que sus cualidades son una consecuencia y no una causa de la acción colectiva; análogamente, el cierre de una controversia es la causa de la representación de la naturaleza, y no su consecuencia (no puede usarse a la naturaleza para explicar por qué se ha cerrado), y es también la causa de la estabilidad social (la sociedad no puede usarse tampoco para explicar el cierre).

Los resultados más tangibles de la teoría del actor-red se refieren la explicación de los distintos procesos de traducción que permiten a un investigador imponerse a los demás. Estos procesos de aparición de distintas traducciones se resumen en una serie de fases: 1) Primera traducción, problematización, el científico (más débil) intenta aparecer como indispensable para los demás, aliándose con los colectivos sociales (más fuertes), 2) Segunda traducción, interesamiento, el más fuerte se interesa por el débil y se une a sus intereses, 3) Tercera traducción, enrolamiento, el científico demanda recursos al fuerte para su laboratorio, para llegar al objetivo a largo plazo, se reorganizan los intereses, los objetivos, los roles y el mérito final mediante operaciones invisibles, 4) Cuarta traducción, movilización, designación de los portavoces débiles que imponen sus puntos de paso obligatorios a los demás, y 5) Quinta traducción, establecimiento de la caja negra con el nuevo colectivo fuerte establecido y ejerciendo la acción a distancia a través de la red constituida sobre hechos lugares y personas. Cuando el proceso de traducción ha finalizado y se han establecido los puntos de paso obligatorios, la disensión, aunque es posible, es más improbable, y la red impulsa a crear, comprar, reproducir o difundir los objetos constituidos.

El resultado de la creación de estas redes es que el trabajo anónimo de los científicos interesa a otros actores y a un público numeroso a través de los puntos de paso obligatorios, de modo que se alcanza lo que se denomina la acción a distancia, esto es la influencia de la ciencia, creada en un laboratorio apartado, sobre otros muchos lugares y públicos. Para alcanzar la acción a distancia se requieren medios que permitan la movilidad, que mantengan la estabilidad y la recombinabilidad del producto (Latour, 1992); además, se requiere que exista una línea de explicación lógica y racional, convencer al público de la autenticidad del producto y la garantía que la movilidad no afecta al producto (Woolgar, 1991).

El modelo tradicional de difusión explica la irrupción, el éxito y la diseminación del conocimiento científico, principalmente mediante el determinismo científico-técnico basado en la naturaleza y los hechos, de modo que los individuos son simples difusores, demoradores o favorecedores de la dinámica inexorable de la realidad, que se terminará imponiendo, aunque con dificultades, en la sociedad. El determinismo científico viene matizado por la acción de los intereses específicos de la sociedad y los grupos sociales que añaden un determinismo socio-económico a la aceptación o rechazo en la difusión del conocimiento y las máquinas. Naturaleza y sociedad asumen papeles diferenciados, aquella pasiva y con su propia lógica (como fuente de verdad factual), y ésta, caracterizada por la actividad de los humanos entre sí, y fuente, sobre todo, de equivocaciones.

La teoría del actor-red no distingue entre naturaleza y sociedad sino que establece la existencia de cadenas de asociaciones entre las ideas, las máquinas, los grupos sociales, etc. La estructura de esta red, los puntos de paso, ponen de manifiesto que son las estrategias creadas por una voluntad humana las que crean las condiciones, a través de las traducciones, para difundir el conocimiento. Los mecanismos de inscripción (instrumentos, muestras, gráficas, textos, etc.), las estrategias retóricas y políticas de traducción de intereses de los actores, y, en definitiva, los factores identificados por la teoría del actor-red en la vida científica son los que establecen los puntos de paso obligados de la red. La teoría del actor-red integra naturaleza y sociedad en un plano de igualdad en la red.

En suma, los estudios etnográficos sobre la ciencia subrayan su carácter social en tres dimensiones principales: la práctica de la ciencia requiere un trabajo en equipo, requiere hacer preselecciones y el trabajo de los científicos está dirigido más hacia las operaciones y argumentos de otros científicos que hacia la propia naturaleza o realidad que estudian, por lo que naturaleza y realidad, más que determinantes de la actividad científica parecen subproductos de la misma. Por ello también se habla de la ciencia como una actividad política, pues no sólo está penetrada por los intereses y los temas socio-económicos, sino que también emplean retórica, argumentación, persuasión, etc.

LOS VALORES EN LA CIENCIA

A la luz de las aportaciones de la epistemología y la sociología de la ciencia parece claro que la imagen de la ciencia y los científicos dista de una pretendida objetividad, sistematicidad y exactitud absolutas y absolutizadas, que sólo obedece a los datos observacionales, capaces por sí mismos de revelar la realidad de la naturaleza, y alejada de cualquier veleidad sesgada por las debilidades humanas. Sin embargo, a pesar de esta realidad, es necesario igualmente reconocer que la actividad científica tienen en alto grado esas virtudes, que persigue con tesón y esfuerzo, a sabiendas que constituyen la mejor garantía de progreso. Pero, en síntesis, la realidad es que las decisiones y el trabajo científicos están guiados tanto por la evidencia empírica como por un conjunto de suposiciones básicas, que la epistemología y la sociología se han encargado de desentrañar, en el cual son muy importantes determinados valores, que los científicos usan para tomar decisiones (por ejemplo, para decidir entre dos teorías en competencia).

A pesar del patrón objetivo y neutro que cultiva la ciencia pública, la realidad es que la ciencia real está profundamente inspirada y penetrada por valores. Ya se ha sugerido en párrafos anteriores que estos valores pueden ser incluso contradictorios, según el nivel de producción que se considere, por ejemplo, entre ciencia pública y ciencia privada. Así la ciencia pública pretende aparecer como universalista, desinteresada, imparcial, objetiva, escéptica, igualitaria, mientras la ciencia privada se revela jerarquizada, ególatra, subjetiva, interesada, competitiva, asimétricamente crítica, etc. Longino (1983) ha distinguido en la ciencia entre valores constitutivos, esto es, valores propios e inherentes a la ciencia, y valores contextuales, esto es externos a la matriz disciplinar de la ciencia, pero que se infiltran en ella, incluso sutilmente, tales como los valores éticos, ideológicos, económicos, políticos y culturales.

Entre los valores constitutivos considerados más propios de la ciencia estarían la aspiración a la exactitud, la objetividad, la parsimonia, la imparcialidad, la apertura mental, el escepticismo. No se pretende insinuar que la ciencia sea siempre realmente así, pero sí que, al menos la ciencia pública, intenta aproximarse al modelo definido por esos valores, aunque como ya se ha dicho, el proceder de la ciencia privada no siempre está de acuerdo con esos patrones, incluso se podría decir que, en ocasiones parece alejado de ellos, de manera que una persona de ciencia, a nivel privado puede ser subjetivo, sesgado, nada escéptico respecto a su trabajo, pero en su producción pública intentará justificar que el conocimiento producido se ajusta al patrón de aquellos valores constitutivos de la ciencia. Mitroff (1974) ha sostenido que una mayoría de los más prestigiosos científicos son percibidos por sus colegas trabajando dentro del patrón de valores asociados a la ciencia privada (subjetivos, cerrados, sesgados), mientras que científicos mediocres se perciben siempre trabajando exclusivamente dentro del patrón de valores asociados con la ciencia pública (objetividad, apertura, imparcialidad).

Otro de los valores que han concentrado una relativa atención es la motivación de los científicos en su trabajo. Además de la natural curiosidad por el conocimiento y descubrimiento del mundo natural, característica que se puede considerar al alcance de cualquier persona, parece que la motivación principal de los científicos reside en el sistema de gratificación y reconocimiento sobre su trabajo suministrado por sus colegas, y que ha sido ya analizado anteriormente en profundidad, desde diversas perspectivas (reconocimiento, prestigio, honores, escalafón, etc.). No obstante conviene precisar que esta situación se refiere, principalmente, al período que se ha venido en denominar Gran Ciencia, y que se corresponde con la última época de la ciencia, dentro de la cual se han desarrollado las investigaciones sociológicas analizadas. En la época previa de la Pequeña Ciencia, Galton (citado en de Solla-Price, 1973, p. 167)) observó que más de la mitad de los científicos eran primogénitos o hijos únicos, que en proporción mucho más alta que el promedio general estaban muy ligados a uno de sus dos progenitores, con más frecuencia a la madre, y en muchos casos de científicos eminentes, por pérdida prematura del padre (antes de los diez años), que en su infancia han desarrollado una fácil y profunda relación con las cosas (la naturaleza) más que con las personas, y en suma, que pueden existir unos rasgos de personalidad propios de los científicos que les han llevado a buscar en su profesión una gratificación emotiva a la que son especialmente sensibles. Así, en una investigación del cociente intelectual realizada por Harmon (citado en de Solla-Price, 1973, p. 96) con 8.000 doctores americanos, los físicos tenían una puntuación media de 140,3 muy superior a la media del grupo (130) y al último grupo en puntuación (pedagogía, 123,3).

Las motivaciones personales de los científicos pueden ser tan variadas como los temperamentos y las actitudes de los mismos científicos. Así algunos científicos se caracterizan por perseguir un único objetivo con tenacidad y constancia; el descubrimiento de las tres leyes del movimiento de los planetas ocupó a Kepler casi toda su vida, equiparando su trabajo con la búsqueda del Santo Grial; Albert Michelson se preocupó durante casi 50 años en mejorar la precisión de medida de la velocidad de la luz; Sir Arthur Eddington dedicó casi las dos últimas décadas de su vida a una teoría fundamental que no tuvo ningún eco entre sus colegas y el propio Albert Einstein dedicó gran parte de los últimos años de su vida buscando la teoría unificada gravitacional. En otras ocasiones las grandes ideas sobrevienen de improviso, espontáneamente, como en una iluminación súbita: la idea de Paul Dirac sobre los paréntesis de Poisson se le ocurrió inesperadamente; el principio de equivalencia de la relatividad general se le ocurrió a Einstein cuando trabajaba en otra cosa y pensó que una persona cayendo de un tejado no percibe campos gravitatorios en su entorno; el propio Heisenberg, después de haber hecho muchos cálculos, cuenta como las leyes de la mecánica cuántica se aparecieron claras como un intenso foco en su mente. La aprobación de los colegas y contemporáneos es fuente de ánimo, pero la indiferencia o la crítica frontal pueden tener, incluso, trágicas consecuencias: Newton y Eddington han informado de su soledad a pesar de continuar con tesón su trabajo; Ludwig Boltzmann se suicidó, parece que muy deprimido por los ataques inmisericordes de Ostwald y Mach; Georg Cantor enloqueció debido a la manía contra él de su maestro Kronecher. El placer y el disfrute, en un nivel puramente estético, un cierto sentido de obligación para con la ciencia, así como el deseo de dejar un legado para la posteridad también aparecen como importantes caracterizaciones de la investigación científica.

Otra de las cualidades asignadas a los científicos es la creatividad, esto es, la capacidad de establecer asociaciones inesperadas, poco habituales o, incluso, descabelladas, entre las ideas o las cosas; esta característica resulta un tanto esquizoide, pues va en contra de la objetividad y conservadurismo del conocimiento, y configura al científico como un individuo extraño que debe sobrevivir a la aguda tensión producida entre la creatividad libre y la necesaria objetividad de sus propuestas.

La nueva era científica de la Gran Ciencia ha cambiado el sistema de recompensas puramente emocionales, introduciendo como novedades el prestigio social y las compensaciones económicas, como consecuencia de la consideración social sobre la importancia vital de los resultados científicos para la fuerza, la seguridad y el bienestar de todos, así como la ingente cantidad de medios y presupuestos canalizados hacia la investigación científica. Por otro lado, la Gran Ciencia se caracteriza por la aparición de los equipos de científicos y el trabajo en colaboración, rasgo que descarga la excesiva tensión sobre la individualidad del científico hacia el grupo y los denominados colegios invisibles. Los colegios invisibles son grupos de científicos de diferentes lugares del mundo, ocupados en áreas de investigación comunes, y relacionados entre sí por medios regulares (publicaciones, citas mutuas), pero sobre todo, por medios informales y muchos más ágiles y eficaces, como comunicaciones personales frecuentes (correspondencia a través del teléfono y correo electrónico), reuniones, congresos, intercambios de personas, cursos, envío de manuscritos (preprints), etc. Se constituye así un grupo de personas conectado por un circuito que permite a todos los miembros del grupo haber compartido trabajo con los de su misma categoría, y cuya base de existencia y progreso está, no en la dependencia de las publicaciones regulares en las revistas, sino en la propia vida informal (invisible) del grupo. En el marco del colegio invisible es donde se constituye el sistema de reconocimiento y recompensas por el trabajo, se mejora la vida de sus miembros, se accede a las publicaciones en colaboración, se adquiere la emancipación profesional al alcanzar una cierta madurez, se consolida el prestigio entre los colegas del área, y sobre todo se ejerce el poder del grupo en la consecución de los medios económicos y humanos para garantizar la actividad y la supervivencia colectiva, del Estado, de las empresas, de los estudiantes jóvenes que inician su carrera, etc. El ejercicio de este poder no es puramente egoísta, sino que se ejerce en beneficio del objetivo de investigación del grupo, y por ende, de la sociedad, sobre la que deben revertir sus descubrimientos, pero resulta obvio que también tiene relevantes consecuencias personales muy apreciadas.

Los valores contextuales provienen del contexto en que se desarrolla la investigación, y en general, la vida de los científicos. La fuente de estos valores es la naturaleza humana, sustrato común de toda actividad científica, y la naturaleza social de las relaciones humanas, que se concretan en la sociedad misma, que sostiene y financia la ciencia, de manera que la sutil intervención de estos valores en las

decisiones científicas sólo se puede comprender tras un detenido análisis sociológico de la interacción entre la sociedad y la ciencia. Debido a su origen social, algunos de estos valores contextuales son altamente idiosincrásicos; por ejemplo, los valores de tipo ético o ideológico son propios y característicos de cada sociedad, por pequeña que sea. En cambio, otros valores tienen un carácter más universal, porque obedecen a rasgos culturales más compartidos interculturalmente, aunque puedan estar teñidos parcialmente de peculiaridades idiosincrásicas; algunos de los más importantes en ciencia son, por ejemplo, los valores ligados al género, es decir, las subculturas masculina y femenina o los ligados a las culturas occidental y oriental.

Hasta hace muy pocos años, la presencia de la mujer en los laboratorios de investigación era prácticamente nula, de modo que se puede decir que la investigación científica es una cultura dominada y penetrada por los patrones masculinos (Bleier, 1988; Holton, 1978). Esta limitación de la ciencia ha permitido una autoalimentación con el mismo patrón, e indirectamente, una repulsión del patrón alternativo en su actividad diaria, teniendo consecuencias que sobrepasan el mero sistema de la ciencia, para llegar hasta la enseñanza misma de la ciencia en las escuelas. Los análisis feministas han contribuido a poner de manifiesto como las creencias y estereotipos sociales sobre el género actúan como organizadores silenciosos de todo el mundo social, y, por tanto también del sistema científico, contribuyendo a modelar, aunque sea inconscientemente, la misma actividad científica; los sesgos masculinos de la ciencia han influido directamente en la actividad científica a través de las metáforas del lenguaje (Keller, 1996; Haste, 1996). Resulta obvio que estos análisis demuestran como la ciencia es permeable a factores externos, en particular los sesgos de género, contribuyendo a horadar el mito de la objetividad y reclamando su neutralización. El sesgo masculino de la ciencia ha originado un efecto de rechazo e inadaptación entre las mujeres, bien estudiado y documentado en la literatura (MEC, 1991), que causa una menor presencia de mujeres en carreras científicas y, en consecuencia, en los laboratorios de investigación. La creciente sensibilidad ante esta situación, especialmente en la educación en ciencia, intenta contrarrestar la infrarepresentación de las mujeres en la ciencia y tecnología, generando un movimiento de adaptación de los currículos de ciencias a las mujeres (Rubio, 1991).

Algo análogo sucede con la dialéctica oriental/occidental; es un hecho que la ciencia nace y se desarrolla en el mundo occidental, y por tanto, implícitamente asume los valores culturales, éticos e ideológicos de la cultura occidental. Esto no ha representado ningún problema, evidentemente, entre los diferentes países de este mundo occidental, porque la ciencia tienen un universalismo subyacente que puede disipar y encajar estas diferencias, pero una parte de las grandes dificultades de comprensión de la ciencia en otros países del mundo oriental (además, obviamente, de los factores derivados del subdesarrollo económico), asiáticos y africanos, en particular, es debido a la enorme distancia cultural entre los patrones de estos países y los patrones occidentales dominantes en la ciencia. Sólo unas minorías, que han asumido los patrones culturales occidentales gracias a una educación en estos países, son capaces de llegar a ser científicos. Así, se podría ejercitar la imaginación intentando adivinar cual hubiera sido el desarrollo de la ciencia y la tecnología si su desarrollo se hubiera producido en China o África en vez de Europa.

Las dos caras de la ciencia

El sistema científico ha sido considerado como un ente ambivalente, esto es, sus realizaciones son susceptibles de obtener, por un lado, valoraciones positivas, y en otros aspectos, valoraciones negativas. Como ya se ha dicho, la valoración positiva de la ciencia se asienta sobre el progreso y mejora de la calidad de vida y la ayuda para la gente, en todos los órdenes: los beneficios de orden sanitario, higiénico y de producción de alimentos que han aumentado la vida media del ser humano y mejorado las condiciones en que esta se desarrolla, el progreso en los transportes y comunicaciones, la mejora de las condiciones de trabajo o de la vida diaria en el hogar. La cara positiva y beneficiosa de la ciencia ha sido enraizada en el sentimiento romántico ilustrado, como una de las expresiones máximas del triunfo de la aplicación de la razón al conocimiento y dominio de la naturaleza; desde esta perspectiva, la ciencia ha representado y encarnado el progreso ilustrado de la razón humana frente a la opresión de la naturaleza y de los esclerotizados saberes tradicionales que no habían conseguido ponerla al servicio de la humanidad.

La valoración negativa de la ciencia tiene distintos aspectos y matices que conducen a diferentes perspectivas de análisis y diagnósticos negativos. Como ya se ha dicho, la ciencia es un ente tan complejo, que incluso en los juicios negativos sobre ella, se podrían distinguir dos niveles principales: un nivel externo al sistema científico y un nivel interno al sistema científico. En el nivel interno a la ciencia tendríamos todos aquellos aspectos de la ciencia que conforman la historia y evolución de las ideas y teorías científicas, pero que en un momento dado resultan separados del cuerpo de conocimientos científicos. Aquí podrían incluirse los errores, engaños, plagios y fraudes sobre el conocimiento científico que han contribuido a retrasar o perjudicar el avance científico o la imagen de la ciencia. En un nivel externo tendríamos todos aquellos aspectos de la ciencia que tienen consecuencias que afectan negativamente algún aspecto esencial de la naturaleza. A continuación se consideran, sucinta y sucesivamente, cada uno de estos aspectos.

La proyección negativa externa de la ciencia

Si se contempla la situación global del planeta respecto al usufructo del progreso científico y técnico es evidente que los aspectos positivos de mejora y progreso no están distribuidos homogéneamente y éste es un primer aspecto negativo. Es conocido que la ciencia, tal como la conocemos actualmente, ha sido desarrollada en los países occidentales y son estos países, fundamentalmente, quienes disfrutan de estas ventajas positivas del progreso, gracias al dominio económico que ejercen sobre los mercados mundiales, la tecnología y las materias primas. Al lado, existen numerosos países del tercer mundo y del sur, cuyos indicadores económicos, sanitarios, alimentarios, etc. están en estándares ínfimos, y que constituyen una permanente interpelación al carácter universalista de la ciencia y el progreso. La contradicción entre la mísera situación socio-económica en muchas áreas del globo terrestre y el bienestar y disfrute del progreso científico existente en otras es tan abismal que no puede pasar desapercibida; a pesar que hoy en día se conocen, y se poseen, las soluciones científicas y técnicas para la mayoría de las situaciones de hambre, pobreza y enfermedades padecidas por los países más desheredados, estos remedios no llegan a la gente en estos países, que sigue muriendo y padeciendo penalidades sin cuento. Ciertamente, el diagnóstico causal de la pobreza y miseria en el mundo no es atribuible directamente a la ciencia y su metodología, sino más bien a las estructuras económicas injustas que mantienen esta situación de opresión y miseria.

Por otro lado, la ciencia, especialmente por su carácter universalista, ilustrado y crítico, siempre ha tenido una valoración negativa por parte de las estructuras reaccionarias, mentales y sociales, que de una manera indiscriminada, desde una posición de recelo y desconfianza, emiten una descalificación global al sistema científico, porque ven en él a su enemigo público número uno. El avance de la ciencia ha contribuido decisivamente a promocionar la razón y la apertura mental, ya que una condición necesaria del progreso científico es la libre circulación de ideas y personas, lo cual va en contra de muchas ideologías, religiones y sistemas políticos antidemocráticos; esto ha contribuido a derrumbar y eliminar numerosas costumbres, manías, tabúes y prácticas tradicionales retrógradas u oscurantistas. La penetración de la ciencia y los adelantos tecnológicos constituyen el antídoto más eficaz contra el analfabetismo, la incultura y el aislamiento, y por ello es combatida y denostada frontalmente por todos los sistemas ideológicos incompatibles con ella, que se basan en el sojuzgamiento y sometimiento de las personas, ya que la ciencia representa un peligro directo para los intereses de dominio de los sistemas reaccionarios. Esta valoración negativa de la ciencia no es debida, por tanto, a una valoración factual de realidades intrínsecamente negativas de la ciencia, sino que se corresponde con valoraciones ideológicamente reaccionarias de la ciencia. También podrían caer en este papel reaccionario muchas de las críticas infundadas de quienes siempre ven en el progreso científico aspectos exclusivamente negativos, asignando a la ciencia la fuente de todos los males actuales.

Ni que decir tiene, que esta valoración reaccionaria de la ciencia no tiene nada que ver con un tercer sentido negativo para la valoración de la ciencia que se otorga en base a los aspectos perjudiciales y negativos que producen algunas realizaciones científicas actuales. La cara negativa de la ciencia a la que nos referiremos en este apartado es sobre todo una valoración también racional, también científica, defendida por tanto, por personas también científicas, nada sospechosas de reaccionarismo, aunque,

además, algunas de las valoraciones negativas del progreso científico puedan estar, eventualmente, teñidas o manipuladas por la reacción. Esta objeción sería, científica, a la cara negativa que tiene la ciencia, es moderna, actual, y surge dentro del propio sistema científico, y surge cuando el ser humano toma conciencia de dos hitos terroríficos del progreso científico, que nunca antes se habían dado en la historia de la humanidad.

El primer hito surge en el segundo tercio del siglo XX, cuando la humanidad toma conciencia, por vez primera en la historia, de su capacidad de autodestrucción total, mediante las aplicaciones bélicas, sobre todo de la energía nuclear, pero también con la guerra química y bacteriológica. Esta toma de conciencia trascendió a la opinión pública con el lanzamiento de las bombas sobre Hiroshima y Nagasaki y se acentuó con las subsiguientes explosiones de hidrógeno durante la guerra fría. Pero es necesario poner de relieve que fueron científicos relevantes quienes lanzaron y lideraron este movimiento de concienciación ciudadana y encabezaron el movimiento pacifista, en este caso antinuclear (recuérdese el manifiesto promovido por un grupo de eminentes físicos, Einstein y Russell entre otros, en 1955). Tal es el caso del físico de origen polaco Joseph Rotblat, galardonado con el premio Nobel de la Paz en 1995, redactor del manifiesto citado y animador del denominado movimiento Pugwash que surgió a raíz del manifiesto y se mantiene aún hoy. Desde la semipenumbra social en que los científicos están acostumbrados a trabajar, este movimiento ha trabajado intensamente por la paz y el desarme, a través del estudio profundo de los aspectos técnicos de la carrera armamentista y basándose en el internacionalismo de la ciencia y de sus miembros, intentando convencer a políticos y gobiernos para progresar por la vía de los acuerdos de desarme. La existencia y actuación de este movimiento constituye una refutación permanente sobre la atribución general de perversión a la ciencia y los científicos respecto a su participación en las aplicaciones más nocivas del progreso científico.

Posteriormente, esta visión de la capacidad autodestructora del progreso científico ha tenido un segundo hito, una segunda toma de conciencia, tal vez más importante y trascendental que la anterior: la humanidad toma conciencia no sólo de que es capaz de aniquilarse a sí misma en un momento dado por la acción de los mortíferos ingenios que ha construido, sino que también la aniquilación tiene una segunda vía más lenta e imperceptible, pero igualmente implacable y terrorífica, a través del deterioro progresivo de las condiciones medio-ambientales necesarias para el asentamiento de la vida (humana, animal y vegetal) sobre la Tierra, y por tanto, de hacer inhabitable el planeta. Ambas tomas de conciencia resultan decisivas para una comprensión cósmica de los peligros que puede representar un desarrollo desbocado y sin límites. Como en el caso anterior, son también científicos quienes llaman la atención sobre la nocividad de muchas de las actividades y prácticas (industriales, bélicas, sociales, etc.), que están contribuyendo a dañar el medio ambiente terrestre de una forma tan irreversible y en una escala tan grande que adquiere tintes casi apocalípticos en algunos asuntos particulares (las contaminaciones radiactivas derivadas de los accidentes nucleares, la incontrolada acción de plaguicidas y metales pesados, el agujero de la capa ozono, el calentamiento global), y que en general, amenazan con deteriorar tan gravemente las condiciones ambientales básicas de nuestro planeta que comprometen seriamente la permanencia de la vida en el planeta. Quizá convendría resaltar con mayor énfasis todavía que esta segunda concienciación ecológica del peligro ha sido identificada, conocida, estudiada y analizada gracias a la ciencia; la ciencia y los científicos juegan un papel esencial estudiando y evaluando el impacto ambiental de las múltiples agresiones y sus efectos interactivos, indirectos y potenciales. La expresión máxima de esta idea tiene una formalización teórica en el trabajo del científico J. Lovelock y su teoría de Gaia, el ente vivo que representa el planeta Tierra en el que vivimos, y que es tratado como un organismo para demostrar como las agresiones a su suelo, sus ríos, sus seres vivos y su atmósfera son atentados directos a la pervivencia de Gaia.

Muchas personas, a la hora de atribuir causalmente los efectos nocivos resultantes del progreso, distinguen entre el simple conocimiento científico y las aplicaciones que se hacen de ese conocimiento. Una versión extrema de esta tesis insistiría en la naturaleza esencialmente neutral del conocimiento puro, en contraste con las materializaciones aplicadas del mismo, cuyo valor viene determinado por la finalidad con la que son construidas; la naturaleza dañina o agradable de sus efectos determina su valoración desfavorable o favorable. Sin embargo, hoy día es muy difícil sostener esta tesis fuerte de la neutralidad del conocimiento científico (Catalán & Catany, 1986), así como la independencia entre conocimiento

puro, la ciencia, y conocimiento aplicado, la tecnología, pues como ya se evidenció, las relaciones entre ambas son de una completa interacción e imbricación, que hace difícil distinguir donde empieza una y donde acaba la otra, de modo que resulta imposible discriminar entre ambos sistemas, hablando en su lugar de un único sistema tecnocientífico.

No obstante, sí se puede afirmar que el progreso científico requiere cada vez más tomas de decisiones, a sabiendas de la finalidad y los efectos que se quieren producir, pero cada vez se tiene también más conciencia de la necesidad de prevenir los efectos colaterales o indirectos, a pesar de la dificultad que conlleva. Son estos procesos de tomas de decisiones, dirigidos y realizados por los ejecutivos de las empresas, las autoridades y los políticos, y de los cuales suelen excluirse expresamente a los científicos, los que deberían enfocar la atención referida a los problemas más acuciantes tales como la carrera armamentista o la conservación del medio ambiente. La exclusión de los científicos de los centros y momentos de toma de decisiones no quiere decir que no participen en absoluto en el proceso; por el contrario, las decisiones en el complejo mundo actual se toman sobre una base de informes científico-técnicos que sirven para orientar la decisión, de modo que la participación técnica parece necesaria en la toma de decisiones; pero en la mayoría de los casos no es una condición suficiente, ni mucho menos vinculante para el decisor, de modo que dependiendo del modelo de toma de decisiones puesto en práctica, la participación de los científicos en las decisiones es mucho menos que indirecta. Incluso, por las evidencias actuales, se podría afirmar que el conocimiento técnico no es el elemento decisivo en la mayoría de decisiones trascendentales que se toman hoy día; los elementos estratégicos y económicos suelen tener una importancia mucho mayor, mientras que los factores técnicos, muchas veces sólo sirven para calcular con mayor precisión los costes económicos y estratégicos. Un ejemplo bien conocido puede ilustrar esta tesis: el descubrimiento de la nocividad de los derivados halocarbonados para la capa de ozono no condujo a la inmediata interrupción de su fabricación, por los costes y las dificultades para su sustitución en las aplicaciones donde se utilizan. Sin embargo, en cuanto ha calado profundamente en la opinión pública sus efectos perjudiciales, la decisión de eliminar estos derivados se tomó inmediatamente, e incluso ha sido explotada comercialmente a través de la incorporación de la etiqueta "no perjudica la capa de ozono", como un factor económico más de promoción de ventas de los adelantados. De manera que la moraleja parece clara: convertir los argumentos científicos y técnicos en favor de cualquier estrategia conservacionista en argumentos económicamente explotables o rentables, y el objetivo de preservar el medio ambiente estará conseguido.

Por último, en relación con el progreso científico y su carácter beneficioso o dañino queda por puntualizar una consecuencia muy importante del carácter falible y provisional del conocimiento científico, como son los efectos colaterales de muchas realizaciones tecnocientíficas. La historia es pródiga en numerosos ejemplos de inventos y descubrimientos de los cuales se ignora en un momento dado, por las limitaciones propias del estado del conocimiento en ese momento, algunos de los efectos potenciales que pueden tener sobre la salud, la vida humana o el equilibrio del medio ambiente, de modo que mientras esta ignorancia se supera se puede dar lugar a desgracias y desastres, y desgraciadamente así ha ocurrido en la historia de la humanidad. De ahí, que toda nueva invención suscita recelos y prevenciones, y se adoptan las más variadas estrategias precautorias hasta que sus efectos y su alcance pueden ser conocidos a través de una investigación en profundidad; en este caso, es necesario volver a subrayar que son ciencia y los científicos quienes asumen el protagonismo de identificar, denunciar y desmenuzar sus propios potenciales desmanes, incluso en primera persona y en su propia carne. Hoy nos causa admiración la leucemia adquirida por Marie Curie por su trabajo continuado y mérito con materiales radiactivos, o la ilimitada generosidad del profesor austríaco Guido Holznecht en el desarrollo de las aplicaciones médicas de los rayos X, cuya exposición persistente a los mismos debido a su continuada manipulación le provocó dolorosos eccemas, que hicieron necesarias mutilaciones progresivas de dedos, mano, brazo, ... que, no obstante, no fueron razón suficiente para hacerle abandonar, hasta la muerte, su empeño en el objeto de su pasión investigadora y que fueron la causa de su final.

La proyección negativa interna de la ciencia: errores y fraudes

Una de las características más ineficaces del sistema tecnocientífico es gran la cantidad de

investigaciones y esfuerzos realizados, y que se han abandonado en el camino de construcción del conocimiento científico, aparentemente como inútiles, inservibles o erróneos. La mayoría de las investigaciones resultan, aparentemente, intrascendentes en cuanto que no aparecen en el cuerpo de conocimiento científico. Esto es debido a la acción de la ciencia como un instrumento intelectual para una economía de pensamiento, que realiza una reconstrucción histórica de su matriz disciplinar desde una perspectiva de las ideas vencedoras, es decir, sólo aparecen en la reconstrucción las ideas y las teorías consensuadas por la comunidad como parte del paradigma aceptado de la disciplina.

Desde una perspectiva eficientista, todo el esfuerzo realizado a lo largo de la historia en desarrollar líneas de investigación y teorías olvidadas o arrinconadas constituye una dilapidación de esfuerzos que, aparentemente, es un resultado muy negativo. La magnitud de este esfuerzo invertido en ideas falsadas es enorme; el trabajo socio-bibliográfico de Solla, ya analizado, centrado en su leyes exponenciales de la productividad científica y de la solidez, así como otros rasgos estudiados a través de las citas de trabajos en la bibliografía, de las demandas de artículos y de la pervivencia de las ideas en el tiempo, demuestran que en torno a un 90% del trabajo científico publicado en revistas de investigación es olvidado o no tiene incidencia apreciable en la construcción del conocimiento (Ziman, 1981). Y en estas cuantificaciones no se consideran ya los muchos trabajos y esfuerzos realizados que no llegan siquiera a ser publicados ...

Ciertamente, las magnitudes reflejadas en el párrafo anterior podrían parecer una dilapidación de esfuerzos sin precedentes, y se podría concluir que puede ser un despilfarro insostenible, injustificable o alocado, pero a juzgar por los resultados globales obtenidos por la ciencia operando así ... ¡parece que merecen la pena! De hecho las inversiones de los gobiernos, las corporaciones y las empresas en investigación y desarrollo no dejan de crecer, lo cual, indirectamente, no es precisamente un síntoma de desconfianza ni de valoración negativa de la ciencia desde el punto de vista económico y eficientista. Quizá, una causa de que la valoración de los esfuerzos dilapidados sea posible es debido a la necesidad de la transparencia pública del sistema tecnocientífico, lo cual nos lleva a una pesimista conclusión respecto a la rentabilidad y eficiencia de otros sistemas existentes en la sociedad. Por tanto, a pesar del aparente despilfarro de ideas y esfuerzos, parece fuera de toda duda que el sistema tecnocientífico goza de la más alta confianza económica y financiera, y en cierto modo, ese despilfarro de ideas, lejos de ser un rasgo negativo del sistema, puede ser un rasgo distintivo del mismo, y tal vez un resultado inevitable de la imaginación y creatividad exigidas y necesarias por y para el progreso científico.

Los errores y los fraudes en ciencia constituyen una parte de esos esfuerzos despilfarrados que no merecerían una valoración tan benévola como la referida al conocimiento olvidado de los párrafos anteriores; sin embargo, la lucha (y eventual victoria) del sistema científico contra los errores y los fraudes es también un indicador de vitalidad del mismo, de la misma manera que la fiebre es un indicador de la lucha del organismo contra la enfermedad. No obstante, resulta innegable que los errores y los fraudes constituyen episodios primariamente negativos en la historia de la ciencia. Errores y fraudes constituyen una prueba definitiva para los que no creen en la naturaleza falible de la ciencia, o para los que desean aferrarse para siempre a una ciencia verdadera en sentido absoluto. Por otro lado, errores y fraudes científicos constituyen, también, un indicador del carácter humano, y por tanto limitado y desordenado de la ciencia, y un recordatorio permanente para quienes ven a la ciencia como la única forma de conocimiento fiable y posible (reduccionismo tecnocientífico). Errores y fraudes surgen del desorden propio de la naturaleza humana de carne y hueso, sensible a la opresión, acuciada por la enfermedad, la necesidad y la pobreza, y tendente a la envidia y la intriga que subvierten la honradez y rectitud de juicio necesaria para llegar al conocimiento. Por ello, el error, aunque anatematizado y perseguido en los diversos ámbitos de la actividad humana, porque tiene una connotación de fracaso evidente, en ciencia no sólo es inevitable, sino que actúa de modo fecundo, como sintetiza la lapidaria frase: también se aprende de los errores. El error en la investigación científica es el resultado más probable cuando se expone una idea, porque pone en marcha un dispositivo poderosísimo de control y comprobación que es la expresión del exagerado escepticismo con que se examinan todas las ideas y resultados en ciencia: la duda sistemática, la replicación minuciosa, el falsacionismo extremo, la comprobación de todos los detalles y el escrutinio de las consecuencias son repetidas y multiplicadas por especialistas competentes. Por ello, lo más probable es que se encuentren siempre pequeños o grandes

errores, que contribuyen a depurar y mejorar los resultados. En la ciencia, los errores constituyen la base del progreso científico, porque son la consecuencia natural del sistema de minuciosa falsación que se aplica a cualquier resultado. Sin embargo, el camino interno de este progreso es tortuoso, pues al lado de errores extraordinariamente fecundos y creativos, precursores de aciertos relevantes y magníficos, coexisten otros errores ciertamente negativos, basados en la malicia de la equivocación terca, que se empeña en poner trabas al trabajo de los demás, especialmente difíciles de superar cuando las trabas provienen de las autoridades reconocidas de la comunidad científica.

De la falibilidad de las teorías científicas y lo dicho anteriormente se desprende que los errores en ciencia son numerosísimos, aunque muchos de ellos lo son sólo parcialmente, en cuanto que son mejorados o refinados en sucesivos escrutinios, y, por ello, no son tenidos como posiciones erróneas. No nos referimos aquí a los múltiples errores cometidos por las personas individuales, sino a aquellos otros errores que, a través de la historia se han magnificado porque han gozado de apoyo significativo de la comunidad científica en algún momento, y como anécdotas, también a aquellos errores asumidos por famosos científicos, avalados por una trayectoria emérita en su vida, y que se mantuvieron contumazmente en posiciones personales erróneas. Por ejemplo, la negación de la existencia de los átomos está bien documentada en los casos de la tozudez de Berthelot a finales del siglo XIX, y la reticencia de mentes preclaras como las de Wilhelm Ostwald y Ernst Mach en los inicios del XX. Asimismo, las dos teorías físicas más novedosas de este siglo, la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, contaron con grandes detractores entre los científicos; es público y notorio que el propio Einstein, creador de la relatividad, mantuvo una actitud de permanente polémica frente a la mecánica cuántica. Personalmente, William Thomson (lord Kelvin) es uno de los científicos a quien se asignan más majaderías, cuando se salía de su terreno; así, para fastidiar a Darwin, realizó una deducción de la edad de la tierra que resultaba ridículamente pequeño y quedó desacreditado al poco tiempo, no creyó nunca en los rayos X, se pronunció a favor de la corriente continua en un momento en que ya se veía que la corriente alterna tenía más ventajas, y en 1902, al inaugurar el alumbrado público de Nueva York desbarró solemnemente, anunciando que su fulgor se veía desde Marte (Voltes, 1995). Quizá estas posturas de científicos consolidados, que se califican aquí como errores por su notoria desviación, no son más que la expresión extrema de esa actitud de severo escepticismo con que la comunidad científica somete a escrutinio todas las ideas y teorías.

Los grandes errores de la ciencia evidenciados a lo largo de la historia son más propios del período anterior a lo que se ha denominado Gran Ciencia, cuando el control no era tan minucioso o completo como el que existe en la actualidad, gracias a un sistema científico organizado con una instrumentación poderosísima y, sobre todo, con una gran cantidad de practicantes, conectado entre sí telemáticamente, que permite tener contrastes y juicios previos a la publicación sobre cualquier asunto inesperado o importante de otros colegas expertos. Sin ánimo de ser exhaustivos, pero para dejar constancia de esta potencial desviación de la ciencia, enumeraremos algunos de los errores que más resonancia han tenido en la historia de la ciencia.

Aparte de los frecuentes errores en el dominio de la astronomía, sin duda merecedores de indulgencia por las limitaciones instrumentales, en la historia de la física existen dos notorios errores: la teoría del calórico y la teoría del éter. Los fenómenos caloríficos eran muy conocidos desde antiguo, pero su estudio se hizo particularmente necesario en el desarrollo del industrialismo y en las industrias de armas. Para explicar los fenómenos de transmisión de calor entre los cuerpos, se planteó la cuestión de la naturaleza del calor; la respuesta dada fue considerarlo una sustancia sin peso denominada calórico, que se intercambiaba entre los cuerpos, y cuyas propiedades deducibles de los fenómenos que debía explicar no coincidían, evidentemente, con ninguna sustancia conocida. La doctrina del calórico se mantuvo hasta que Joule demostró la equivalencia entre calor y energía mecánica, abriendo otra teoría alternativa, cuya potencia explicativa resultó más eficiente y coherente con otros hechos.

La teoría del éter fue introducida para explicar la invariancia de la velocidad de la luz que se deducía de las ecuaciones de la electrodinámica clásica. Se postuló que si el espacio estuviese lleno de una sustancia especial denominada éter se podrían explicar los resultados negativos del famoso experimento interferométrico de Michelson y Morley; el único problema es que las propiedades elásticas que debería tener el éter lo convertían en una enteleguía física. La sustitución de las transformaciones de

Galileo, entre sistemas inerciales, por las más complejas transformaciones de Lorentz, realizada por Einstein, y que supuso el nacimiento de la teoría de la relatividad restringida, arrumbaron definitivamente la existencia de éter.

En el dominio de la química, la teoría del flogisto ha sido, sin duda, uno de los errores más conocidos, por su perdurabilidad hasta los trabajos pioneros de Lavoisier y Dalton, y aún después. El flogisto era una sustancia componente de cualquier materia que permitían ajustar los balances de materia en los incómodos procesos químicos con gases a la que se asignaban cualidades excepcionales.

En el área de la biología, tan próxima a la vida diaria a través del estudio de animales y plantas, son numerosos los ejemplos de grandes errores contumaces, respaldados por razonamientos acientíficos extraídos de lugares comunes de la tradición. La generación espontánea de la materia viva fue una tesis mantenida durante largo tiempo por numerosos científicos y estudiosos, y ha sido el caldo de cultivo de los más grandes desatinos científicos y observaciones sesgadas desde el siglo XVII. Los defensores de la generación espontánea aún se pueden encontrar en el siglo XIX y, algún retrasado, ha mantenido sus ideas hasta el siglo XX, incluso después de los cruciales experimentos de Pasteur sobre el control de la contaminación y la esterilidad.

Algunos de los errores citados en los párrafos anteriores pueden considerarse falacias infantiles, propias de una época pasada e imposibles de darse hoy día. Sin embargo, el caso de la teoría de la deriva continental, sostenida en 1912 por Wegener, es un ejemplo moderno de error sostenido hasta la segunda mitad de este siglo XX. Como se sabe, Wegener propuso su teoría basado, sobre todo, en el asombroso ajuste entre los perfiles de los continentes, pero las consecuencias de ella iban más allá de la geología, ya que con ella se podía explicar la distribución de especies animales en los continentes. Sin embargo, su teoría fue rechazada durante casi cincuenta años en un campo maduro y avanzado de la ciencia, por dar más prioridad a ciertos cálculos matemáticos especulativos, que invalidaban algunos aspectos de fuerzas de mareas sugeridos por Wegener, y en cambio, se rechazaban pruebas abrumadoras y observacionales más propiamente geológicas como las evidencias fósiles, paisajes y rocas, hasta que la evidencia de las medidas del magnetismo de las rocas en el Atlántico reivindicaron la revolucionaria teoría de Wegener y falsaron definitivamente todos los argumentos en su contra. Esta historia es ilustrativa del modo en que la ciencia nunca olvida definitivamente ninguna idea ni ninguna propuesta, ni siquiera los considerados "errores" anatematizados en algún momento fuera de la ciencia normal, y que pueden llegar a romper el paradigma en otro momento; también es un buen ejemplo de una teoría verdadera rechazada insistentemente por la comunidad científica, en favor de otra falsa, a pesar del cúmulo de evidencias favorables.

Otro caso de error más moderno, y que gozó durante unos años de atención y seguidores, hasta que se demostró su falacia, es el de la llamada agua anómala o poliagua. En los años sesenta un científico ruso observó propiedades extrañas del agua condensada de vapor en capilares finos, tales como alta viscosidad, raro comportamiento en disolución, inusual espectro Raman y otras que sugerían el descubrimiento de una nueva fase líquida del agua. Durante una década, defensores y detractores se enzarzaron en la polémica, y se realizaron numerosos trabajos sobre ello; al final, se demostró concluyentemente que las propiedades anómalas relatadas eran consecuencia de diversas impurezas presentes en el agua, quedando olvidado el error.

Aquí se podría recordar el dramático caso del físico Ludwig Boltzmann, ejemplo prototípico del riesgo que corren los innovadores, revisionistas y pioneros, cuyas ideas revolucionarias desafían la ciencia normal y tensan al máximo el equilibrio entre la innovación y la continuidad. Desde posiciones y razonamientos estadísticos, los argumentos de Boltzmann eran muy innovadores y facilitaban soluciones e interpretaciones sencillas a muchos problemas pendientes en el comportamiento de los gases, las leyes de la termodinámica y el nivel atómico; sin embargo, atacaban las bases de la mecánica clásica, por lo que sus colegas las rechazaron insistentemente. Este fracaso personal no pudo ser superado por Boltzmann que, desgraciadamente, se suicidó en 1906, poco antes de que el rechazo de sus teorías comenzara a disminuir espectacularmente.

La diferencia entre lo que consideran errores y lo que se consideran fraudes puede ser sutil; tal vez, sólo la prueba de la mala fe probada, por el conocimiento del error y su persistencia en él, que resulta tan difícil de demostrar. Como en el caso de los errores, existen fraudes por exceso, como el caso de

sostener como verdadera una teoría maliciosamente falsa, y fraudes por defecto, teorías verdaderas que son rechazadas torticeramente como falsas. En el segundo caso, es muy difícil demostrar la malicia y raras veces se puede demostrar algo más que la terquedad en el rechazo equivocado. Algunos ejemplos en esta línea han sido comentados en los párrafos precedentes como errores de la ciencia (i.e. los casos de Wegener y Boltzmann) o el reciente caso de la bióloga Bárbara McClintock, cuyos hallazgos en la investigación de los cromosomas fueron ignorados e incomprensidos durante casi treinta años porque no coincidían con las líneas de investigación dominantes en la genética, pero fueron enmendados, afortunadamente, con la concesión del premio Nobel a sus ochenta años. Implícitamente, se entienden como fraudes el primer caso, es decir, el fraude directo de sostener teorías manifiestamente falsas. Sin duda, el caso más prototípico de fraude en la ciencia es el caso Lysenko, denominado el Rasputín de la agronomía, porque reúne todas las connotaciones potenciales que pueden confluir en un fraude, desde las miserias humanas propias de nuestra especie, hasta la sumisión a una situación provechosa personalmente para el defraudador: ambición personal, falta de escrúpulos, autoridad política como coacción, beneficio de una ideología dominante, exaltación nacionalista, beneficio personal, etc. Lysenko era un agrónomo ruso que con una mezcla de intrigas, charlatanería y osadía consiguió ganarse el favor de Stalin, a quien halagaba, pretendiendo ser autor de una serie de métodos genéticos prodigiosos para garantizar grandes cosechas, y que fue pagado siendo encumbrado a puestos de autoridad, como gran dirigente de las cosechas del pueblo soviético. En el marco de una gran necesidad de cosechas y una autoridad necesitada de autocelebrar sus logros quinquenales para afirmar la ideología comunista, Lysenko atribuía las buenas cosechas de los buenos años agrícolas a sus métodos avanzados y las malas cosechas a los sabotadores anticomunistas y campesinos burgueses, cuyo destino siberiano estaba asegurado. Desde su autoridad, Lysenko devastó la biología soviética y arruinó para los años futuros sucesivas generaciones de agrónomos y biólogos, seguidores de sus grotescas ideas; sus opositores residían en Siberia. Lysenko fue denunciado en 1964 y destituido en 1965.

El caso Paul Kammerer y la manipulación descarada y burda de muestras de sapos (pintados con tinta) para demostrar la herencia de caracteres adquiridos, paralela a las ideas sostenidas por Lysenko, es otro de los casos de fraudes más comprobados, pero que depararon a su autor gran prestigio durante un tiempo, hasta su eclipse definitivo, tal vez causa de su suicidio en 1926, justo antes de su viaje a Rusia - era un socialista convencido - donde, presuntamente, Lenin estaba dispuesto a recibirlo para que continuara con sus revolucionarios estudios (Voltes, 1995).

Generalmente se suelen distinguir tres tipos de fraudes: la fabricación de datos, la falsificación de los mismos y el plagio. Los casos de fraudes no son sólo propios de científicos oscuros y de épocas pasadas, aunque ciertamente en la ciencia moderna son mucho más difíciles de producirse en la forma descarada de los dos casos relatados antes. Sin embargo, la situación rápidamente cambiante de las condiciones de trabajo de los científicos en el mundo actual dificulta su adaptación a la nueva situación, donde dos factores principales descuellan como elementos potencialmente distorsionadores: la presión económica, que los equipos de investigación necesitan para realizar sus proyectos, y los medios de comunicación, cuyo protagonismo halagador y fácil hace sucumbir a muchos, olvidando los hábitos de prudencia usuales en la comunidad científica. Todo ello junto con las miserias propias de la naturaleza humana, siempre presentes, como la falta de escrúpulos, la ambición desmedida, la exaltación ideológica o nacional, etc. pueden llevar a un científico reputado a perder su propio control y lanzarse por la fácil pendiente del fraude. Larivée (1996) ha censado más de 200 casos de fraudes, de los cuales casi un 75% han ocurrido desde 1950.

La presión de los medios de comunicación contribuye poderosamente a fabricar una imagen pública de una persona, al margen de los criterios propios de la comunidad científica. Si los científicos sucumben al halago fácil de la fama en los medios se pueden dar casos como los del anuncio de la vacuna antisida realizada prematuramente por el Dr. Gallo, (un prestigioso investigador del sida hasta ese momento) para anticiparse y ganar la batalla de la propaganda (y, tal vez, los millones de las patentes farmacéuticas en juego y el prestigio de la imagen y la fama) a otro investigador competidor, el francés Luc Montaigne, que la realidad demostró estaba más adelantado. Otro caso similar de fraude, disparado por la impaciencia, se ha vivido en los últimos años en el anuncio de haber conseguido la fusión fría en condiciones de laboratorio (Pons y Fleishman), que después se ha demostrado imperfecta e inconclusa, y

por tanto, fraudulenta .

Un caso de fraude, que cada vez tiene más importancia en la sociedad de la información y en la aldea global que vivimos, es la diseminación de informaciones científico-técnicas manifiestamente falsas o confusas para beneficiar intereses particulares. Este caso es particularmente preocupante en todos los asuntos con incidencia social, porque suelen estar en juego intereses económicos diversos, y especialmente cuando están en juego el interés o la salud pública o el medio ambiente. El ejemplo más paradigmático de este tipo de fraudes es la catástrofe de la central nuclear de Chernobyl en 1986, que desde el principio intentó ser ocultada y minimizada por las autoridades. No sólo los vecinos más próximos no fueron adecuadamente atendidos e informados por sus autoridades, ante la magnitud y seriedad de la catástrofe, sino que el gran público fue confundido con informes contradictorios de científicos y técnicos, que embarullaron el asunto en los medios de comunicación, y hasta el extremo del paroxismo, una comisionada de la Agencia Internacional de la Energía Atómica pretendió embaucar a más de doscientos expertos reunidos en Trieste, que no daban crédito a lo que escuchaban (García-Moliner & Fdez-Rañada, 1994). Otro ejemplo universalmente clamoroso es el fraudulento esfuerzo de las industrias tabaqueras para maquillar u oscurecer la nocividad del tabaco sobre la salud, que van desde la defensa ante los investigadores más agresivos (desacreditándolos o cerrándoles subvenciones) hasta el ataque con triquiñuelas dirigidas a desacreditar el método científico y sus conclusiones, subvencionando investigaciones y estudios sesgados que contribuyan a mitigar y enredar el asunto, o servir de clavo ardiente para asirse los fumadores ingenuos (Revuelta, 1996). Y así, esta lista se podría continuar con los escapes incidentales de productos químicos de factorías o en accidentes de transportes, cuya ocurrencia y toxicidad se intenta ocultar o minimizar (i.e. el escape de dioxina en Seveso, 1976; la fuga de cianuros en la India, 1984; el accidente de un transporte de propileno en Los Alfaques, 1978), los efectos indirectos perjudiciales de diversos productos usados habitualmente con otros fines (halocarbonados, plaguicidas, metales pesados, fósforo, ...), los innumerables debates torticeros sobre el impacto ambiental de incineradoras, fábricas y cementerios de residuos, y el irreversible desastre ecológico perpetrado durante décadas sobre el medio ambiente en los países del bloque comunista mediante la aplicación de criterios de explotación carentes ninguna traba ni freno: vertidos altamente contaminantes en ríos y atmósfera que ocasionan lluvias ácidas terribles, el mar de Aral y el lago Baikal en situación de muerte biológica, etc. (Voltes, 1995).

Y como último del capítulo del fraude cabe considerar los turbios asuntos de los plagios, es decir, las acusaciones entre científicos por considerar que otra persona le ha usurpado ilegítimamente su derecho de autoría sobre alguna idea o descubrimiento. Los valores vigentes en la comunidad científica, entre ellos las estrictas normas de los editores, en cuanto a discreción y fecha de recepción de trabajos, y las normas de relaciones internas en los equipos de trabajo facilitan una extraordinaria labor de control y autoregulación, de modo que, a pesar del ingente volumen de publicaciones e investigaciones científicas existentes el número de casos de plagios se puede considerar despreciable. Los casos de plagio aparecen en dos niveles de la comunidad científica con distintas connotaciones: entre diferentes equipos de investigación y dentro del mismo equipo. Los casos que afectan a equipos diferentes suelen alcanzar cierto eco en los medios de comunicación, por la competencia encarnizada existente entre los equipos, que se juegan su prestigio profesional y científico y las sustanciosas subvenciones económicas necesarias para continuar su trabajo, de puertas afuera. Por el contrario, las acusaciones de plagio dentro del mismo equipo rara vez suelen trascender al gran público, ni siquiera a otros colegas. Su resolución intenta evitar dejar heridas emocionales en las personas implicadas, y preservar las buenas relaciones y los equilibrios internos de los equipos de investigación; se suelen saldar con medidas de tipo personal, bien con una entente cordial, o con la salida del equipo de la persona más debilitada por el asunto. En todo caso, estos asuntos ponen en juego el prestigio y la credibilidad interna de los equipos, por lo que suelen tratarse con máxima discreción y tacto, permaneciendo impenetrables para las personas ajenas al equipo. Uno de los casos de plagio interno más notorios ha sido el caso Baltimore, surgido como un conflicto de intereses entre dos investigadoras del equipo del premio Nobel de medicina de 19875, que al trascender fuera del equipo, desató un enfrentamiento entre política y ciencia que puso en entredicho la reputación científica de Baltimore y obligó a éste durante largos años a renunciar a su trabajo y otros nombramientos para ocuparse de resolver con limpieza los enfrentamientos y el enredo.

En el complejo mundo actual las consecuencias nefastas de los fraudes científicos pueden llegar a ser demoledoras. En primer lugar esas consecuencias afectan al propio sistema científico: la reputación del investigador implicado queda en entredicho, hasta el punto que todos sus trabajos caerán bajo sospecha, su entorno inmediato también resulta afectado, institucionalmente perderá credibilidad y subvenciones, e incluso la sombra de la sospecha puede extenderse a su área de trabajo, minando la confianza y sembrando la duda y obligando a una vigilancia creciente que ocasiona pérdidas de tiempo, energía y dinero en repeticiones. En segundo lugar, las consecuencias sociales del fraude pueden ser inimaginables, especialmente en el caso de productos químicos y medicamentos nocivos para la salud de la gente por fraudulentas comprobaciones de sus efectos (irregularidades, defectos, insuficiencias, etc.), sometidos a la extraordinaria presión de las industrias por su comercialización; los fraudes pueden dar pie a sostener creencias, ideologías, prejuicios líneas educativas y decisiones políticas perjudiciales para grupos o la gente en general, que resultan demoledores para la imagen de la ciencia, contribuyendo a crear actitudes anticencia en los ciudadanos. Sin embargo, el fraude tiene también algunas consecuencias positivas: estimula la prudencia, el escepticismo y la autocrítica entre los científicos y se examina más cuidadosamente a las personas, especialmente en las ediciones de las publicaciones y la contratación de personal, de modo que el fraude descubierto contribuye a su autofrenado; como los científicos, la sociedad debe perder la excesiva veneración ante la ciencia y la tecnología, adoptando actitudes menos pasivas y más activas y críticas.

En general, y no sólo en los casos de fraude, si se desea que la cultura científica e industrial siga progresando, en concordia con las sociedades democráticas, deben encontrarse vías de diálogo constructivo entre el público y el sistema científico-tecnológico para aplicarse en beneficio de la sociedad. Algunos países han encontrado ya caminos para desarrollar debates públicos, realmente informados, sobre diversos aspectos de la ciencia y la tecnología, donde se plantean los puntos de interés para la ciencia, la industria y la sociedad (Durant, 1996).

A MODO DE CONCLUSIÓN

Los estudios e ideas considerados anteriormente demuestran hasta qué punto la ciencia, históricamente, es un fenómeno social. Una primera aproximación sociológica suave se refiere al entorno más externo de la ciencia, y por un lado, sería una especie de psicología social de la ciencia en asuntos como los valores de la ciencia y los científicos (razones, motivaciones, supuestos, etc.) y por otro, se referiría a las relaciones que los científicos establecen con otras instituciones sociales para la realización de su trabajo (el mecenazgo, la financiación, la vinculación de la ciencia con los intereses industriales o militares, etc.). En esta primera aproximación sociológica a la ciencia sólo se considera el entorno próximo de la ciencia, sin entrar en la vinculación social del conocimiento científico mismo.

Una segunda corriente sociológica ha dejado los alrededores y ha escudriñado la sociología de la comunidad científica, es decir, los usos y costumbres de los científicos en su trabajo de investigación; así, se han estudiado la carrera de los científicos, sus retribuciones y recompensas, la organización de la comunidad científica, las publicaciones, la vida en el laboratorio, las publicaciones, los congresos, etc. como fuente de conocimiento relevante sobre la naturaleza de la ciencia.

Por fin, el programa fuerte de la sociología de la ciencia describe como el núcleo duro de la ciencia (los conceptos y modelos científicos) están sometidos a los proyectos, prejuicios y presiones sociales, que los estructuran y validan, demostrando que la objetividad y la racionalidad científicas también están imbuidas por elementos psicológicos y sociológicos. Con ello no se quiere decir que la ciencia no es objetiva, ni ensombrecer su valor y eficacia como representación del mundo, pero sí encontrar el sentido real de estas características; su objetividad no surge de una razón pura, eterna o absoluta, sino de otros presupuestos influenciados social e históricamente, y análogamente sus observaciones y clasificaciones se construyen conforme a un proyecto humano social e históricamente construidos. Los análisis históricos y sociológicos de la ciencia no restan a ésta un ápice de su grandeza o eficacia, que por otro lado, están demostradas con creces en el terreno de la práctica, pero han contribuido a situar la ciencia como una empresa de carácter exclusivamente humano, a la medida de los humanos, y sometida a las contingencias históricas y sociales propias del desarrollo de cualquier empresa humana.

CAPÍTULO 5. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN LA SOCIEDAD

La tecnociencia ha determinado en gran medida la estructuración de las sociedades actuales a través de sus numerosas aplicaciones que inciden en las condiciones de vida; a través de las aplicaciones de la energía, el transporte, la comunicación, los electrodomésticos se mejoran la calidad de vida en general en las condiciones de vivienda, sanidad, trabajo, etc. Esta influencia de la tecnociencia sobre el mundo es posible gracias a su capacidad de poder, ya que la tecnociencia es, en sí misma, un gigantesco almacén de poder potencial cuyo ejercicio espera una voluntad de poder que tome las decisiones necesarias para ejercerse. El poder de la tecnociencia reside en su capacidad para hacer algo, posibilidad que algunos vinculan ingenuamente con los aspectos más aplicados del conocimiento, cuando no con el simple conocimiento aplicado, de manera que, a veces, en una concepción ingenua de la ciencia como búsqueda del conocimiento puro se pretende separar el puro conocimiento del poder que surge de sus aplicaciones concretas. Quizá sea pertinente recordar la reflexión que el psicólogo Kurt Lewin dirigió a aquellos que infravaloran el potencial aplicado de los conocimientos aparentemente más teóricos, y que sintetizó en una lapidaria frase: "No hay nada más práctico que una buena teoría".

Precisamente, el concepto de tecnociencia resume y sintetiza la idea de la interacción constante entre conocimiento teórico y aplicaciones prácticas; como revela la historia de tantas y tantas aplicaciones y artefactos recientes, éstos nunca hubieran sido posibles, en el tiempo de su invención, sin un cuerpo teórico que permitiera guiar los desarrollos y estudios necesarios, entre otras muchas cosas. En consecuencia, parece plausible plantear la relación existente entre los conocimientos tecnocientíficos y las decisiones, dando por supuesto, que la relación entre tecnociencia y poder político ha existido siempre. Estas relaciones son muy dialécticas, como consecuencia de dos polos entre los cuales se debate la sociología de la tecnociencia: por un lado, el carácter universal o supranacional de los conocimientos, y por otro, la tendencia centrípeta de los tecnonacionalismos.

TECNOCIENCIA Y DECISIONES SOCIOPOLÍTICAS

El cuerpo de conocimiento que forma la tecnociencia es universal y no está ligado a ninguna nación o grupo de naciones, sino que cruza las fronteras para convertirse en un ente supranacional. La supranacionalidad de la ciencia surge de la validez universal de las verdades científicas una vez sancionadas por la comunidad y de la necesidad de trabajar juntos para mejorar el conocimiento. Los científicos han sido siempre conscientes de este carácter supranacional, que se manifiesta en la continua cooperación e intercambio entre ellos, como un elemento necesario y trascendental para su progreso; esta cooperación tiene lugar especialmente en reuniones internacionales denominadas congresos, iniciados hace más de cien años, con el Congreso Internacional de Química (Karlsruhe, 1860) y los de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de París (1875), continuados con los famosos Congresos Solvay de Física en el comienzo del siglo XX. Este principio de cooperación supranacional ha sido asumido y patrocinado por la ONU, muchas de cuyas organizaciones afiliadas dedican sus actividades, principalmente, a este fin; tal es el caso de la Organización Mundial de la Salud, la Organización Meteorológica Mundial, la Organización para la Alimentación y Agricultura, Agencia Internacional de la Energía Atómica, o la más conocida UNESCO.

Por otro lado, el valor estratégico y potencialmente peligroso que se deriva del poder de los avances tecnocientíficos ha hecho que los países desarrollen políticas restrictivas para proteger determinados conocimientos tecnocientíficos. Estas limitaciones a la supranacionalidad de la tecnociencia, evitando que partes de conocimiento sean poseídas por otras naciones o empresas se ha denominado tecnonacionalismo. No obstante, el tecnonacionalismo se enfrenta grandes dificultades, como son las dificultades para mantener secreto un conocimiento, dada la facilidad con que la información puede fluir hoy día; no puede superar la paradoja de que un conocimiento nacional, ha sido producido sobre la base de conocimientos supranacionales; tercero, el tecnonacionalismo conduce al retraso, y no al progreso, en el sentido que determinados avances, si no son puestos en manos de quien tiene la capacidad de aplicarlo en productos y procesos, permanecen improductivos e ineficaces.

Una de los grandes males sociales de nuestro planeta es la existencia de grandes áreas

infradesarrolladas, denominadas tercer mundo, a espaldas de los grandes niveles de bienestar que la tecnociencia ha producido en otras áreas y que es una consecuencia directa de decisiones tecnocientíficas. Una de las grandes causas de ausencia de solución para este problema es la inadecuada transferencia de tecnología a estos países que no ha permitido su desarrollo; por un lado, porque las tecnologías transferidas han buscado la utilidad o el beneficio de la transferencia, y no el desarrollo del país receptor, vía generación de empleo o adaptación al entorno propio del país. Se ha acuñado el término de tecnología apropiada para definir tecnologías que contribuyan a generar ingresos en la gente de los países receptores, que les permitan salir del subdesarrollo. Las tecnologías apropiadas se caracterizan por ser compatibles con las condiciones locales donde se implantan, capaces de ser mantenidas y controladas por el país receptor, que utilicen los recursos locales, minimizadoras de contaminación y, en general, que contribuya al desarrollo global de la comunidad (Marathé, 1994).

Las decisiones en el ejercicio del poder tecnocientífico pueden ser moralmente buenas o malas, perjudiciales o beneficiosas, variando desde la violencia del sojuzgamiento y dominación de unos humanos por otros, en diversos grados y campos, hasta la adaptación de las decisiones a las necesidades de equilibrio entre la técnica y las necesidades del entorno natural y humano (por ejemplo, respeto al medio ambiente, eliminación de efectos potenciales o indirectos nocivos, etc.). Puesto que la política es la disciplina por excelencia de la toma de decisiones con incidencia colectiva, el análisis de las relaciones de la ciencia y la tecnología con el poder nos lleva a los temas de política científica.

El término política científica u otros similares (decisiones sociocientíficas, etc.) se emplean para designar, por un lado, el conjunto de decisiones que determinan el desarrollo que va a tener la tecnociencia (política para la tecnociencia), y en otro sentido, el conjunto de decisiones políticas fundamentadas o legitimadas por el conocimiento tecnocientífico (la tecnociencia para la política). Por tanto, la política científica se debería entender en un doble sentido: las decisiones políticas por y para la tecnociencia, es decir, las decisiones que condicionan (favorecen, ayudan, coartan) el desarrollo de la tecnociencia (presupuestos para la tecnociencia, planes de investigación, programas de I+D, becas, premios, puestos de investigadores, ...), y por otro lado, las decisiones políticas sobre el uso y futuro de los artefactos y conocimientos tecnocientíficos por y para la sociedad. Aunque ambos tipos de decisiones tiene una clara incidencia social, quizá es en este segundo sentido (las aportaciones de la tecnociencia para la política, y por tanto, para la sociedad) en el que más suele hablarse y debatirse sobre las decisiones políticas con consecuencias sociales (p.e. construir una central nuclear, reducir los índices permitidos para las emisiones tóxicas industriales, etc.).

En realidad, tanto la política para la tecnociencia como la tecnociencia para la política son dos caras de la misma moneda, ya que frecuentemente las decisiones que afectan a una cara y la otra van íntimamente ligadas. Así, los aspectos que se consideran más fecundos como potenciales aplicaciones de la tecnociencia necesarias para la sociedad son incentivadas a través de diversas medidas políticas, de manera que la propia tecnociencia contribuye a determinar la política científica, y por el otro lado, resulta más obvio que las líneas de política tecnocientífica desarrolladas determinan los aprovechamientos estratégicos que se pueden obtener para la sociedad. La política para la tecnociencia, aunque parece afectar más directamente al trabajo de los científicos y tecnólogos, está también fuertemente imbricada con las decisiones políticas basadas en la tecnociencia, ya que la política científica se orienta cada vez más a la investigación y el desarrollo, es decir, la política científica tiende a incentivar y subvencionar cada vez más aquellas líneas de investigación que permiten albergar mayores expectativas de rendimiento y aprovechamiento para la sociedad.

Esta tesis de la mutua interacción entre política y tecnociencia resulta extraordinariamente clara como conclusión global que puede extraerse de la lectura del libro de Sánchez-Ron (1992), por la extraordinaria documentación entre personas, fechas e instituciones de la ciencia y la técnica en los dos últimos siglos de nuestra historia. Las dos guerras mundiales han sido los factores decisivos para que los tecnocientíficos, primero, y los políticos, después, tomaran conciencia real del grado en que la tecnociencia podría desempeñar un papel más determinante que los propios medios militares, tales como hombres y material, para resolver las guerras. Ciertamente, este papel había sido ya identificado durante el siglo XIX por numerosos pioneros, a caballo entre la ciencia y la economía (Lord Kelvin, Henry, Bell, Marconi), que convirtieron muchos adelantos tecnocientíficos en aplicaciones industriales comercialmente

viables y contribuyendo a la gran revolución industrial de ese siglo, basada especialmente en los adelantos deducidos de los progresos en el conocimiento de la electricidad. Así, inventos como el motor y la dinamo estaban siendo aprovechados en muchas industrias como sustitutivo de la fuerza motriz del vapor, que había arrastrado la primera revolución industrial, y al final de siglo estaban en marcha los primeros proyectos de iluminación de ciudades mediante la electricidad producida en saltos de agua (como el proyecto Niágara); por otro lado, el desarrollo de la telegrafía, la telefonía y la radiocomunicación hertziana, aunque con menos capacidad económica e industrial, en sus inicios, supusieron grandes rupturas culturales y transformaciones en la mentalidad de la gente, pues posibilitaron la comunicación a grandes distancias sin necesidad de la presencia física que necesitaban de los viajes. El impacto popular del tendido del cable telegráfico entre América e Inglaterra a finales de los 1860s fue extraordinario, pues reducía una larga y peligrosa travesía oceánica a unos breves instantes.

Las dos guerras mundiales fueron, sin embargo, los hitos principales donde la tecnociencia y la sociedad se entrelazaron más definitiva y fuertemente entre sí, a través de las necesidades y problemas suscitados por la actividad bélica. En el caso de la primera guerra mundial estas relaciones fueron balbuceantes y poco efectivas, pero pusieron las bases de una colaboración que se convirtió en estrecha y determinante en la segunda guerra mundial (p.e. el proyecto Manhattan de construcción de la bomba de fisión o el proyecto radar). Durante la primera guerra mundial existen dos pilares fundamentales que determinaron la movilización de la ciencia con fines militares: en el lado aliado, el problema de la detección de los mortíferos submarinos U alemanes, y, en el lado alemán, la supremacía mundial de la ciencia alemana, en aquel momento, fue transmitida sobre todo a los intentos de guerra química que pretendieron romper la guerra de trincheras. En ambos casos, los resultados efectivos sobre el campo de batalla fueron muy exiguos; al acabar la guerra, el esfuerzo conjunto de científicos franceses, británicos y americanos no habían conseguido todavía el desarrollo de un sonar mínimamente eficaz contra submarinos; por otro lado, la guerra química desatada por los alemanes, partiendo con la base del procedimiento Haber de síntesis del amoníaco, les confería ventaja en la disposición de fertilizantes químicos, municiones y explosivos, pero fue pronto contrarrestada por el bando aliado, que consiguió disponer de parecidos productos tóxicos. No obstante, el caballeroso respeto por ambos bandos a la convención de La Haya sobre armas químicas dejaron las agresiones químicas de esta primera guerra mundial en un nivel de escuela (no se usaron sustancias definitivamente letales sino sólo tóxicas o irritantes), si se comparan con los exterminadores hechos de guerra química (napalm, gas mostaza, etc.) conocidos en recientes conflictos (Irán-Irak, Vietnam, etc.) y los espeluznantes arsenales de productos químicos almacenados por los diversos ejércitos. De la actividad de la ciencia y los científicos en relación a la guerra, existen dos aspectos importantes que conviene subrayar, desde una perspectiva de las decisiones sociocientíficas. Por un lado, la movilización general de la ciencia y los científicos en favor de la guerra, en cada país, en favor de su propio bando, es una circunstancia muy chocante, si se tiene en cuenta que la ciencia, hasta ese momento, gozaba de un cierto estatus de internacionalismo; las relaciones y agrupaciones internacionales de científicos habían ido en aumento y cristalizaron a primeros de siglo en los institutos y congresos Solvay. Dos hechos fundamentales de este decantamiento nacionalista son el famoso manifiesto de los 93 apoyando a su país en el inicio de la guerra de 1914, suscrito por importantes científicos alemanes, y que motivó en el otro bando una condena de los científicos y la ciencia alemana. Por otro lado, la movilización de la ciencia surgió desde las academias, las instituciones y las personas científicas, y no del lado de los políticos y los militares, que por lo general se mantenían ignorantes respecto a las posibilidades de la ciencia, e hicieron todo lo posible por desentenderse de los científicos en el momento que consideraron que éstos habían cumplido su papel o habían llegado al límite de lo que cabía esperar de ellos, lo cual, ciertamente, molestó a muchos hombres de ciencia. Después de la guerra, la ominosa capitulación y el orgullo herido de los científicos alemanes se tradujo en unas relaciones internacionalmente frías; los científicos alemanes se incorporaron a los congresos Solvay en 1927, pero ni las instituciones internacionales científicas creadas ni la mejor voluntad restauraron el internacionalismo previo a la guerra. La ciencia alemana, que fue un valor en alza antes y durante la guerra, movilizándose en su favor tanto el gobierno como la industria, entró en crisis y penuria, como casi todo, durante la república de Weimar. En todos los casos, la guerra puso de manifiesto la conciencia política y social de los científicos, sin entrar en consideraciones sobre la dirección de esa actitud, y a la vez, abrió ante la

sociedad y los políticos inteligentes la conciencia del poder la ciencia y la tecnología para resolver problemas bélicos y sociales.

El caso de la segunda guerra mundial no puede entenderse sin considerar los antecedentes sociopolíticos que la precedieron. En el lado alemán, el ocaso definitivo de la ciencia alemana por la pérdida de numerosos científicos, exiliados por las leyes antisemitas aprobados por los nazis, la imposición del dogma nazi sobre la investigación, el trabajo frecuentemente separado entre teóricos y experimentalistas y el desastre socioeconómico de Weimar. En el lado aliado, especialmente americano, el beneficio de acoger a estos represaliados por la intransigencia nazi y el extraordinario auge de la ciencia, gracias a la organización diferenciada entre industria y gobierno y el trabajo en equipos, aunque la década de penurias económicas que siguió a la gran depresión también fue un lastre.

El antisemitismo y el clima prebélico que se respiraba en la política internacional en la década de 1930 por el expansionismo y el desarrollismo militarista de Alemania y Japón (e Italia) empujó a muchos científicos a una concienciación y militancia política, de modo que ninguna época como ésta y los años de la segunda guerra mundial, así como la posterior guerra fría, falsan la tesis de la apoliticidad de la ciencia y los científicos. Como cualquier humano, los científicos optaron por todos los colores políticos, pudiendo encontrar nazis convencidos, al lado de otros tibiamente arrastrados o intocados en su prestigio, junto a internacionalistas y pacifistas impenitentes, comunistas y nacionalistas en todos los países. El efecto de este clima sobre la ciencia fue una aproximación efectiva de gobiernos, políticos y militares hacia la ciencia y los científicos, y aunque existiera alguna franja real de separación, la situación permitía superarla sin demasiado esfuerzo. Además, en USA había ya una tradición de administradores o políticos de la ciencia, creada por los ejecutivos de las grandes corporaciones industriales, lo cual facilitó, de hecho, la militarización de la ciencia durante la guerra, esto es, la colaboración voluntariamente decidida de los científicos para el logro de fines y objetivos militares, asumiendo como ciudadanos los compromisos comunes de su sociedad. Los ejemplos paradigmáticos de esta colaboración son la construcción de la bomba atómica en USA (proyecto Manhattan) y el desarrollo del radar, que consideraremos brevemente a continuación como ilustración de la toma de decisiones sociocientíficas.

El proyecto Manhattan cuenta con una amplia bibliografía que lo describe con profusión de detalles, pero para los objetivos perseguidos aquí es muy ilustrativa la prehistoria de este proyecto descrita por Sánchez-Ron (1992), porque pone de relieve como ningún otro, las decisiones inteligentes que tomaron un puñado de científicos, desde su estricta responsabilidad individual y social, en un espacio de tiempo corto para convencer a sus gobernantes de las posibilidades de las nuevas reacciones de fisión. De todos es conocido que la carrera para lograr la bomba de fisión entre alemanes, británicos y americanos fue ganada por estos últimos, y culminada con las trágicas destrucciones de las ciudades japonesas Hiroshima y Nagasaki en el verano de 1945, hecho que resolvió definitivamente un problema (la guerra), pero planteó otro de mayor envergadura como es la autoconciencia, por primera vez en la historia, que la especie humana es capaz de autodestruirse.

El proyecto radar ha sido relatado con todo lujo de detalles personales por Snow (1963), en un libro que constituye un monumento al análisis de las relaciones entre ciencia y gobierno, las decisiones personales y las rivalidades entre los científicos a la hora de las decisiones. El desarrollo del radar surgió de dos razones estratégicas convergentes, por un lado que el desarrollo del sonar hasta el momento no había sido todo lo efectivo que se esperaba, y por otro la existencia de una inteligencia privilegiada, en este caso la del científico británico Tizard que tuvo la clarividencia suficiente para plantearse un problema estratégico en 1934, con antelación a que este sucediera: la defensa de las islas británicas ante el hipotético acoso de los submarinos y la crecientemente poderosa Luftwaffe. Así, por un peligro hipotético, se puso en marcha un proyecto que se convirtió en una realidad de emergencia nacional después de la caída de Francia y Bélgica, dejando a Gran Bretaña a merced de la aviación alemana. Esta anticipación de los británicos hizo que en 1940 hubieran conseguido ya un magnetron de resonancia, que ofrecieron a los americanos, los cuales lo perfeccionaron en el MIT, de modo que en 1942 un bombardero B-18 equipado con un rudimentario radar logró hundir un submarino U, tras detectarlo a 20 km de distancia. A diferencia del proyecto Manhattan, en el cual los británicos, más adelantados, no favorecieron la colaboración con los americanos, bien por subestimarlos o por no considerarlo un proyecto de tanto futuro o urgencia para ellos, (o por las características personales de los directores), el proyecto radar gozó, desde el primer

momento de los contactos de un acuerdo mutuo que hizo posible resultados espectaculares en menos de dos años.

Se ha comentado con frecuencia la trágica paradoja que supone el gran progreso conseguido a consecuencia de las guerras, y que nunca puede tomarse como una justificación de las mismas. Sin embargo, la innegable catástrofe humana que supone todo conflicto armado tiene, en este aspecto, un contrapunto de consuelo inesperado. La urgencia y la necesidad de los problemas planteados durante un conflicto bélico polariza tal cantidad de medios y recursos que posibilita alcanzar progresos impensables o inalcanzables en otras circunstancias normales. Así, una de las consecuencias directas del proyecto Manhattan ha sido el impulso al desarrollo de los computadores electrónicos, inicialmente un mero instrumento de cálculo científico necesario para reducir los tiempos de desarrollo de los proyectos, y que se han llegado a convertir actualmente en un electrodoméstico más en muchos hogares del mundo desarrollado y la base de la gestión en las actividades administrativas; cualquiera que conozca por encima el acelerado progreso de la informática y el papel de tecnología base que desempeña hoy día en todas las áreas industriales y de investigación, puede valorar la importancia extrema de esta consecuencia.

Algo análogo cabe decir del proyecto radar, que posibilitó directamente el desarrollo de una rama dormida de la física como es el estado sólido, hasta ese momento excesivamente limitada y centrada en los metales. La física del estado sólido ha conducido al estudio de los semiconductores como sustitutos de las viejas válvulas de vacío, conduciendo al desarrollo de la moderna microelectrónica, sin la cual serían impensables los desarrollos de la mayoría de las tecnologías punta de investigación e industriales actuales, en primer lugar la informática, y en segundo lugar, pero no menos importantes, las tecnologías MASER y LASER, la superconductividad, el descubrimiento de sólidos con propiedades asombrosas, etc.

En general, la vinculación entre científicos y militares que supusieron las dos grandes guerras, pero especialmente la segunda, por la magnitud de los proyectos y la envergadura de las inversiones realizadas en todas las naciones, se saldaron con la conciencia general de científicos, políticos y militares sobre las ventajas de la misma. La seguridad nacional dependería en el futuro de la superioridad tecnológica de los ejércitos, y para lograrla eran necesarios programas de investigación cuidadosamente planificados y bien dotados de recursos. La guerra fría entre el este y el oeste, desatada después de la segunda gran guerra, se encargaría de consolidar esta creencia.

En un párrafo anterior se ha referido la creciente preocupación y militancia de los científicos en política, surgida sobre todo a raíz de la primera y segunda guerras mundiales. Con anterioridad, la historia de la ciencia documenta ampliamente los casos de científicos individuales que abiertamente manifestaron sus opiniones y opciones personales, como por ejemplo, Lavoisier en la Revolución Francesa, e incluso, en un nivel similar se podría considerar el caso de Galileo y su confrontación con la Inquisición; un caso valiente fue también protagonizado por el trío Einstein, Bohr y Szilard contra el uso de la bomba atómica contra Japón, en un ambiente de guerra y siendo exilados en el país de acogida. Sin embargo, las masacres de Hiroshima y Nagasaki dispararon la conciencia de los científicos, como nunca había sucedido antes, en lo que atañe a la responsabilidad por las consecuencias y aplicaciones de sus descubrimientos. En realidad, como ya se ha dicho, el internacionalista movimiento científico de inicios de siglo, aparentemente racionalista y homogéneo, fue roto por las dos grandes guerras, aflorando las tendencias personales de los científicos en lo que se refiere a sus militancias socio-políticas. Así, la guerra supuso una división entre los científicos simpatizantes de uno u otro bando, pero dentro de cada nación o bloque también se han dividido entre partidarios y contrarios de la colaboración de la ciencia en el desarrollo militar, partidarios y detractores del socialismo científico, etc. El principal efecto de estas manifestaciones fue la comprobación que las comunidades científicas no son tan homogéneas en sus creencias como pudiera haber parecido en cualquier tiempo anterior.

La explosión de la bomba atómica de hidrógeno soviética, donde el desarrollo de la ciencia permanece todavía relativamente desconocido, supuso una reacción que acentuó el militarismo en los países del oeste, en la física nuclear y de altas energías, pero también para todos los desarrollos complementarios al programa nuclear, tales como la física del espacio (atmósfera, ionosfera, meteorología, rayos cósmicos, misiles, etc.) y del estado sólido (microelectrónica, informática, MASER y LASER).

La colaboración militar de la tecnociencia es uno de los rasgos distintivos del desarrollo y la

innovación tecnocientíficos en este siglo, para bien y para mal. La programación militar es una forma de determinar la política científica, que sugiere dos cuestiones fundamentales: ¿es socialmente beneficiosa? ¿es científicamente beneficiosa? Sin entrar en los niveles ético/morales de las cuestiones concretas de los peligros y perjuicios, Sanchez-Ron (1992) al final de su libro, y centrado en datos de USA, opta por la ambivalencia de la respuesta, es decir, existen consecuencias muy positivas y beneficiosas, así como otras no tanto. Desde el punto de vista social, las consecuencias más positivas son que la tecnociencia programada con fines militares, contribuye y actúa como locomotora del desarrollo industrial en áreas innovadoras y de futuro (p.e. la industria del chip en Silicon Valley), mientras que entre las más negativas se cita la poca atención que pone en la mejora de los procesos de manufactura industrial (debido a su concentración en conseguir el producto buscado en cantidades no industriales), que podría tener un interés de empleo más general. Desde la perspectiva de la política científica, resulta obvio que la ciencia básica queda desatendida, o sólo lo es muy indirectamente, en cuanto que los objetivos marcados son eminentemente aplicados; en opinión del autor citado, esto no es necesariamente negativo para la ciencia básica, pues ella también necesita del progreso que representan las soluciones aplicadas que se obtienen.

En suma, los gobiernos de los países desarrollados han asumido la lección de la segunda guerra mundial, erigiéndose en patronos y clientes del sistema científico-tecnológico, determinando en gran medida la política científica, poniendo dinero y prestigio en los programas de investigación que les interesan (sean de tipo militar o de otro tipo). Por tanto, los científicos y la propia dinámica creada por la tecnociencia han ido perdiendo autonomía en la determinación de sus propios objetivos de investigación (especialmente en las áreas más sensibles a la seguridad y al interés estratégico nacional), en favor del control social de la tecnociencia, a través de los programas elaborados, subvencionados y auspiciados por los gobiernos legítimos de cada nación.

Aunque los casos citados en los párrafos anteriores ponen de manifiesto la enorme trascendencia de las decisiones relacionadas con la tecnociencia en las altas esferas del poder político gubernamental, en las sociedades desarrolladas actuales no son menos importantes las decisiones individuales de cada día que toman los millones de ciudadanos, tanto en su vida profesional, (p.e. el director de una corporación industrial que decide reducir sus emisiones tóxicas al ambiente), como en su vida social (participación en las decisiones públicas sobre energía nuclear, afiliación a organizaciones ecologistas, ...), como en su vida privada y doméstica (p.e. comprar un aparato electrodoméstico, un desodorante reciclable y no lesivo para el medio, colaborar personalmente en el respeto a la naturaleza ...). En el primer caso, se analizarán los modelos de toma de decisiones políticas, mientras que en el caso de las decisiones individuales se analizará el papel que debe tener la educación en ciencias para dar a los ciudadanos una educación tecnocientífica útil para comprender y discernir los problemas colectivos que el progreso tecnocientífico plantea a la sociedad y, también, para resolver adecuadamente las decisiones personales.

Modelos de decisiones sociocientíficas

La naturaleza propia de las decisiones sociocientíficas requieren un conocimiento específico y profundo de los aspectos técnicos implicados en la decisión. Parece obvio que la toma de decisiones sociocientíficas no pueda hacerse con la ausencia de los tecnocientíficos del proceso, sin correr el riesgo de perder el principal referente de la decisión, esto es, el carácter científico del problema; sin embargo, el caso opuesto en que sólo los técnicos participen en la decisión, aunque no resulte tan descabellada, pierde igualmente una parte importante de toda decisión grave como pueden ser los propósitos y los beneficios que se desean obtener y los riesgos que se desean asumir. Las complejas relaciones implicadas en las decisiones sociocientíficas hacen muy difícil analizar estos procesos, pero no obstante, y simplificando mucho para captar lo esencial, se suelen emplear dos modelos extremos para caracterizar la forma en que se llega a una decisión sociocientífica: el modelo democrático y el modelo tecnocrático.

En pocas palabras, un modelo tecnocrático se caracteriza porque las decisiones esenciales son dejadas en manos de los expertos o especialistas, en este caso, los tecnocientíficos. Este modelo apela a los conocimientos y especialización de los expertos como fuente de las decisiones, de modo que éstos deciden sin interacción con otras personas no catalogadas como expertas; de hecho, algunos caracterizan este modelo como carente de negociaciones, pero en la complejidad de los problemas actuales, los

expertos suelen ser equipos interdisciplinarios, dentro de los cuales se desarrollan auténticas negociaciones y procesos de discusión y competencia. Por tanto, la ausencia de negociación no sería la nota más característica del modelo tecnocrático, sino más bien la ausencia de otros criterios que no sean los criterios provistos por los conocimientos y pericia de la propia tecnociencia.

En el fondo del modelo tecnocrático está la creencia en la capacidad ilimitada de los expertos y en la neutralidad del conocimiento tecnocientífico. Ciertamente, la capacidad del técnico no es ilimitada, pero así lo parece frecuentemente a los ojos del lego, y ahí es donde reside la fuerza del modelo; sin embargo, la principal limitación proviene precisamente de la ausencia de neutralidad: como ya se ha discutido en un capítulo anterior el conocimiento científico no es neutral, ni desde el punto de vista gnoseológico, puesto que el paradigma adoptado limita y reduce los problemas, ni desde el punto de vista ético, donde las perspectivas son todavía mucho más abiertas. Una forma de mantener el principio de neutralidad y evitar este inconveniente consiste en recurrir a la interdisciplinariedad, es decir, sustituir el experto decisor único, o perteneciente a una única especialidad, por un equipo de expertos de diferentes áreas, que aportan sus distintos saberes a una construcción común. Esta participación interdisciplinar, al adoptar perspectivas y puntos de vista más amplios, crea un paradigma científico más amplio, de modo que puede corregir los defectos de la limitación disciplinar; pero esta ampliación no altera la naturaleza tecnocrática de la decisión, porque en esencia, aunque la interdisciplinariedad crea un paradigma más amplio, éste es igualmente particular y limitado, aunque menos (Fourez, 1994). En suma, los expertos interdisciplinarios ofrecen un paradigma más amplio, pero igualmente limitado y particular, dentro del cual ofrecen sus soluciones.

El experto debe realizar una traducción del problema a decidir a su paradigma, y esa traducción no está exenta de ambigüedades ni de personalismos, por lo que la realidad está más alejada de la neutralidad de lo que parece. La aparente neutralidad de las decisiones tecnocráticas surge de que estas aparecen como dictadas por el paradigma utilizado por el experto, y no por las apetencias personales de los expertos, pero por las razones expuestas, esto no las hace neutrales, sino limitadas y vulnerables.

Un modelo democrático o pragmático-político (según Fourez, 1994, p. 150) se caracteriza porque tiene en cuenta todos los aspectos socio-políticos implicados en la decisión; los criterios técnico-científicos dejan de ser las únicas referencias a considerar, y por tanto, es necesaria una auténtica discusión y negociación que englobe todos los criterios y permita tenerlos en cuenta a la hora de tomar la decisión. Así pues, lo más característico del modelo democrático es la negociación continua, recurrente e inacabable entre las distintas partes implicadas en la decisión.

Las situaciones reales de decisiones sociocientíficas, seguramente, no corresponderán jamás a ninguno de estos dos modelos extremos, pero se usarán como referencia para contrastar con ellos los procesos reales, según el grado de tecnocracia o democracia que contengan. Habermas (1984) ha considerado un modelo intermedio entre ambos extremos, que denomina decisionista; en el modelo decisionista, existe una delimitación clara de los roles que desempeñan unos y otros: la sociedad se reserva la determinación de los fines que se pretenden conseguir, mientras que los técnicos diseñan los medios adecuados para alcanzar los fines asignados. El modelo decisionista facilita mucho la tarea de los expertos pues los fines expresan nuevas ligaduras del problema, con lo que se reducen el número posible de soluciones y se facilita la decisión; al mismo tiempo, el reconocimiento de un rol y una participación concreta a la sociedad, a través de una normalización en la fijación de fines, contribuye a estandarizar y consolidar el papel social. Sin embargo, el principal inconveniente del modelo decisionista surge de su suposición principal, a saber, que los fines y los medios son independientes, y en consecuencia, pueden ser tratados separadamente, los unos por la sociedad y los otros por los expertos. Evidentemente, existen problemas de decisión donde este supuesto puede aceptarse dentro de límites razonables; sin embargo, resulta obvio que esta suposición no es siempre correcta, ya los medios influyen y determinan los fines, de modo que no se puede decir que la elección de medios condiciona la organización social en valores y fines. La interacción entre medios y fines requiere, para una decisión adecuada, un paso más en el proceso, como es la negociación continua entre las partes, característica del modelo democrático.

En la sociedad actual el modelo tecnocrático es, sin duda, el más extendido, ya que existe una tendencia clara a poner las decisiones en las manos de los expertos, en todos los ámbitos. Sin embargo, los graves problemas creados por algunas decisiones sociocientíficas, como por ejemplo, las agresiones al

medio ambiente (centrales nucleares, contaminación, tratamiento de residuos, etc.) están creando en la población una conciencia crítica contraria al modelo tecnocrático y un creciente deseo de participación social en los procesos de toma de decisiones respecto a los asuntos sociocientíficos que afectan a la calidad de vida. Esta conciencia surge del deterioro de los dos pilares fundamentales en que se basa el modelo tecnocrático, a saber, la detentación por los expertos, en exclusiva, de los saberes tecnocientíficos y la neutralidad de los expertos en la toma de decisiones. En una sociedad desarrollada y dinámica, cada vez más alfabetizada científicamente, surgen grupos especializados en temas concretos, que compiten en conocimiento y se enfrentan a las soluciones tecnocientíficas, abriendo debates y discusiones que contribuyen a clarificar los problemas. Por otro lado, los intereses industriales y comerciales, presentes en muchas decisiones sociocientíficas a través de grupos de presión, han contribuido a desprestigiar la independencia de los expertos en la toma de decisiones. Con ello se está produciendo un cambio de mentalidad hacia un modelo más participativo, que en un estadio más elemental puede ser un modelo decisionista, y en un estadio maduro puede alcanzar diversas formas y calidades del modelo democrático.

LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA

Una sociedad democrática y participativa exige, por tanto, que los conocimientos sobre la tecnociencia no queden sólo en manos de los expertos, pero puesto que estos son, principalmente, quienes detentan ese conocimiento, la articulación entre política y tecnociencia en un modelo democrático de decisiones sociocientíficas necesita propagar o divulgar esos conocimientos en la sociedad. Esta divulgación se puede conseguir a través de una vía reglada, centrada principalmente en la institución escolar, o bien a través de una vía menos reglada, donde juega un papel esencial la divulgación científica. Esta tarea pretende conseguir el objetivo denominado la alfabetización científica y tecnológica de la sociedad, como piedra angular para formar personas autónomas y con plena capacidad de participación democrática en los procesos de decisión sociocientífica. Marathé (1994) sugiere como perfil de una persona alfabetizada científicamente el siguiente: usa los conceptos, las destrezas de procedimientos y los valores para tomar decisiones diarias en su relación con otras personas y con el medio ambiente; comprende que la construcción del conocimiento científico se basa en un proceso de investigación y en teorías conceptuales; diferencia entre evidencias científicas y opiniones; reconoce la utilidad y las limitaciones de la C&T en el progreso humano; comprende la naturaleza humana, tentativa y cambiante de la ciencia; posee conocimientos suficientes para apreciar el trabajo de otros, tener una opinión más rica y atractiva del mundo, adoptar algunos de los valores científicos y poder continuar su propio proceso de desarrollo en el conocimiento científico a lo largo de su vida. Fourez (1994) identifica la alfabetización tecnocientífica con la posibilidad personal de construir marcos de racionalidad respecto a problemas concretos.

El compromiso para promocionar la alfabetización científica y tecnológica de todos los ciudadanos debe ser parte esencial de una educación en ciencia básica y sólida para todos, como la diseñada en el marco del proyecto 2000+ de la UNESCO, concretada en un llamamiento a los gobiernos, las autoridades educativas y los sectores públicos y privados de todos los países (UNESCO, 1994) que propone como fines de esta educación, los siguientes: revisar críticamente las disposiciones sobre ciencia y tecnología de todos los niveles con el propósito de dar atención adecuada al desarrollo y respuesta a las necesidades de los individuos y las comunidades; dar prioridad al desarrollo y aplicación de programas de alfabetización científica y tecnológica para todos con el objetivo de llegar a un desarrollo responsable y sostenible; adoptar las medidas necesarias para asegurar la igualdad de oportunidades en el acceso a la educación científica y tecnológica, especialmente mujeres y chicas, los niños y otros grupos; desarrollar programas, currículos y procedimientos de evaluación, escolares y extraescolares que respondan a las necesidades de una sociedad científica y tecnológica; asegurar y apoyar una adecuada formación previa y continua para los responsables de esta educación; estimular y apoyar evaluaciones, investigaciones y desarrollos sobre educación científica y tecnológica.

La divulgación tecnocientífica puede entenderse de dos formas principales. Por un lado, como una actividad de rendición de cuentas, de escaparate y de relaciones públicas de la comunidad científica hacia la sociedad, cuyo objetivo es mantener una buena imagen de la tecnociencia, intentando explicar a la

sociedad las cosas en las que los científicos se afanan diariamente y la bondad de las consecuencias que se deducen de ellas, aunque sean incomprensibles para la gente de la calle, y sólo proporcione un conocimiento superficial. Por otro lado, como acción informativa dirigida a dotar de poder tecnocientífico a la gente, es decir, a dar conocimientos básicos y suficientes para poder servir de ellos en la vida ordinaria como conocimientos útiles para la toma de decisiones del ciudadano en su vida social e individual. En esta segunda forma parece obvio que se requiere una planificación intencional clara y cuidadosa para conseguir el objetivo de información, por lo que el sistema educativo reglado podría ser el principal agente de esta actuación.

Sin embargo, divulgar y alfabetizar científicamente no es fácil, ya que cuenta con factores poderosos que actúan en su contra. El primero de ellos es la complejidad y amplitud de los conocimientos tecnocientíficos; por ello, los científicos profesionales suelen estar especializados en un área, de modo que ni siquiera ellos están en condiciones de entender todas las cuestiones científicas y por tanto, la alfabetización científica de los ciudadanos no debe estar orientada a ofrecerles un dominio cognitivo profundo de la tecnociencia, porque es imposible, pero también porque, afortunadamente, tampoco es necesario. El segundo factor está relacionado con el primero, pues abordar la complejidad de la tecnociencia exige la simplificación, para hacerla asequible a muchas personas; como es obvio, la simplificación tiene el riesgo de la deformación, de modo que a beneficio de la sencillez, se corre el peligro de ofrecer como ciencia algo que, a fuerza de simplificar, ya no es lo que se pretendía. Por tanto, la divulgación y la alfabetización requieren un compromiso de selección, entre la complejidad y la sencillez, y entre la simplificación y la fidelidad al cuerpo de conocimientos científicos y en esa dificultad radica precisamente su virtud y eficiencia, tanto en la educación en ciencia como otras actividades de divulgación.

La divulgación está conformada por traducciones de las representaciones científicas genuinas con el fin de proveer a las personas con conocimientos tecnocientíficos significativos suficientes para discernir ventajas e inconvenientes de los diversos cursos de acción posibles, aplicar sus conocimientos, utilizar un artefacto, tomar decisiones de compras, elegir un medicamento, llevar una vida saludable, etc. En relación con la divulgación, sobre todo, deben evitarse dos errores muy comunes: el primero evitar atosigar y abrumar con una acumulación de teorías, hechos y datos que cansan, aburren y, a la larga, confunden al que aprende (Fernández-Rañada, 1995), para buscar la coherencia global del discurso y lo que la moderna teoría constructiva del aprendizaje denomina la significatividad del aprendizaje (los marcos de racionalidad útiles citados antes); el segundo, evitar presentar una ciencia ahistórica, es decir, huérfana de perspectiva histórica, como aparece en muchos libros de texto, y por tanto, descontextualizada de la sociedad, antes al contrario, deben presentarse las ideas científicas en un contexto histórico de forma que se evidencien y permitan comprender las interacciones mutuas y fecundas entre tecnociencia y sociedad a lo largo de la historia y el desarrollo de la tecnociencia (AAAS, 1989; Conant, 1951; Izquierdo, 1994). El movimiento educativo CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), desarrollado en los países anglosajones, pretende desarrollar una educación en ciencia que articule y tenga en cuenta, simultáneamente, esos tres componentes que conforman su nombre.

Divulgar y alfabetizar en la escuela está relacionada con el diseño de currículos científicos que permitan alcanzar estos objetivos. En este sentido es evidente que existen temas más presentes en la vida ordinaria que otros, temas que resultan más interesantes para el alumnado, etc. Así, por ejemplo, en el campo de la física, la mecánica (estática y dinámica), la electricidad, la óptica y el calor, estudian fenómenos manejados habitualmente en la vida ordinaria, como también sucede en el campo de la química, la biología y geología. Los científicos divulgan típicamente a través la enseñanza reglada, pero también a través de su actividad complementaria en los medios de comunicación (TV, radio, diarios, revistas, libros, redes informáticas), mediante conferencias, parques y museos científicos, planetarios, etc. Los tecnocientíficos tienen la responsabilidad democrática de interesarse y esforzarse por exponer sus conocimientos a la sociedad de la manera más asequible posible, bien a través de simplificaciones adecuadas o empleando metáforas útiles y relevantes.

Las sociedades desarrolladas actuales tienen una conciencia de no controlar todos los efectos que se pueden seguir de los avances tecnológicos. Esta conciencia lleva a análisis críticos con el desarrollo tecnocientífico alcanzado por la sociedad, considerado excesivo, y sugiriendo que el ser humano ha

perdido el control de la superestructura tecnológica creada. El sistema tecnológico creado por el ser humano lleva grabada una lógica y dinámica propias que pueden llegar a dominar a las personas, de modo que, paradójicamente, las máquinas creadas para servicio de la humanidad, obligan a ésta a servir las de una forma cada vez mayor. Realmente, este argumento de un mundo gobernado por las máquinas, llevado al extremo, resulta un poco paranoico, pero debe subrayarse que una parte importante de la no neutralidad de la tecnociencia reside en reconocer su capacidad para determinar, por sí misma, nuevas estructuras y organizaciones sociales, de modo que la tecnociencia condiciona la vida individual y social. En este aspecto, se percibe como un fracaso de la tecnociencia la incapacidad relativa para producir una sociedad más humanizada. Para unos este condicionamiento es total y fuera del control de los humanos, y en ello radica principalmente la deshumanización de la tecnociencia, mientras que para otros, la tecnociencia sigue estando bajo el control humano, siendo perfectamente separable de las estructuras sociales, las cuales dependerán de la forma en que sea usada la tecnociencia, y por tanto, es posible redireccionarla en el sentido deseado para corregir los defectos. El análisis sociológico de la tecnociencia realizado por Latour (1992) demuestra que, hoy día, tecnociencia y sociedad no se pueden separar, aunque en unos casos es la tecnociencia la que impone usos y normas, mientras que en otros casos, la presión social es quien se impone sobre las estructuras técnicas.

Esta problemática pone de manifiesto la necesidad de una evaluación permanente de la tecnociencia, como un proceso constructivo de crítica ideológica y ética que permita prevenir los efectos indeseables de las innovaciones tecnológicas. La evaluación (social) de la tecnociencia es un elemento clave y básico en los procesos de toma de decisiones sociocientíficas, ya que, como primer paso, debe servir para clarificar las distintas bifurcaciones posibles del desarrollo, así como los efectos implicados en cada una de esas elecciones posibles a través de una vigilancia tecnológica continua (a corto, medio y largo plazo). La evaluación de la tecnociencia debe ser un proceso constructivo para la mejora, que debe englobar tanto una evaluación técnica, realizada por equipos interdisciplinarios de expertos, como una evaluación social sobre las conclusiones alcanzadas por la evaluación técnica, desde su negociación y discusión globales, para lo cual, la alfabetización científica de la sociedad, principalmente vehiculada a través del sistema educativo reglado, es un elemento de importancia capital.

EL MOVIMIENTO EDUCATIVO CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

Los capítulos anteriores han descrito con detalle la naturaleza de la ciencia tal como ha sido dibujada desde distintas corrientes epistemológicas, la naturaleza de la tecnología y sus complejas relaciones con la ciencia, y las relaciones de la sociedad con ambas, ciencia y tecnología, así como la propia sociología interna de la C&T. La razón principal de tanta prolijidad anterior ha sido preparar una introducción bien fundamentada al movimiento ciencia-tecnología-sociedad (CTS), que plantea una enseñanza y aprendizaje de la ciencia enfatizando el trinomio citado y las interacciones mutuas entre los tres elementos.

El movimiento CTS considera que el currículo tradicional de ciencias para secundaria y bachillerato es excesivo y excesivamente anclado en el pasado; el currículo permanece alejado de las necesidades actuales de los ciudadanos, aunque los tiempos han cambiado drásticamente, afectando simultáneamente a los tres términos del trinomio. Los cambios sociales son evidentes y bien conocidos, pero los cambios en la C&T son, incluso, más drásticos. La ciencia ha evolucionado desde sus inicios exploratorios y titubeantes como filosofía natural hasta su institucionalización en el siglo XVII, definida por sus insignes practicantes objetiva y libre de valores, como una forma de garantizar su supervivencia por encima de los cataclismos políticos. En el XIX, el influjo de la revolución industrial empuja a la ciencia hacia su profesionalización, caracterizada por la diferenciación entre la ciencia pura (el conocimiento por el conocimiento) y la vulgaridad del conocimiento aplicado (tecnología), rompiendo sus conexiones con la tecnología y la sociedad; la profesionalización produjo una aristocratización académica de la ciencia, una ciencia de arriba-abajo. La dicotomía ciencia pura/aplicada ha plagado la enseñanza de la ciencia hasta nuestros días, produciendo currículos de ciencia apartados de cualquier conocimiento práctico, que ignoran los valores y la relevancia social de la ciencia y la tecnología. El objetivo es simplemente académico: preparar alumnos para los niveles superiores de estudios a través del aprendizaje

del máximo de respuestas correctas (Roberts, 1988). El siglo XX, especialmente después de la segunda guerra mundial alumbró la gran ciencia, caracterizada por la difuminación de la frontera entre conocimiento puro y aplicado y la evidencia de la implicación social de la ciencia, especialmente con los gobiernos, la industria y los militares. La relevancia de estas implicaciones contribuyó al desarrollo de la sociología de la ciencia, externa e interna, de modo que se puede decir que el siglo XX conforma la socialización de la ciencia (Aikenhead, 1994a). La ciencia tiene consecuencias sociales que impactan en el público, como los efectos sobre el medio ambiente (polución, lluvia ácida, etc.), la eliminación de residuos nucleares o tóxicos, la energía nuclear, etc. el cual es consciente que necesita comprender algo de ciencia para afrontar estos problemas como ciudadano. Por otro lado, grupos especiales de ciudadanos contestan la presunta validez universal de la ciencia (cientifismo), en defensa del medio ambiente, planteando la necesidad de una educación científica que permita a todos los ciudadanos una comprensión general de la ciencia.

La historia de los currículos de ciencia en las últimas décadas del siglo XX es conocida y se puede sintetizar en diferentes hitos, que varían según el país: la reforma curricular de los 60s que buscó una formación academicista más vasta, asumiendo más cantidad de contenidos, pero no diferentes valores ni enfoques, ya que el concepto de ciencia válida considera ésta universal, y por tanto, debe ser enseñada igual en todos los sitios; la reforma de los 70s caracterizada por una mayor actualización con nuevos temas y mayor proyección del trabajo del alumnado en procesos de la ciencia y el laboratorio, pero sin modificar valores ni enfoques, y toda una serie de movimientos de renovación en los 80s en los cuales ya son perceptibles cambios drásticos de enfoques y los valores curriculares, en particular, la naturaleza de la ciencia que se quiere enseñar y sus implicaciones sociales. Los factores emergentes que abocan a la necesidad de un nuevo currículo sensible al carácter social de la ciencia son: la caída del interés del alumnado por la ciencia, la conciencia creciente sobre la preservación del medio ambiente y los efectos negativos de las nuevas tecnologías, el reconocimiento de la ciencia como una empresa humana, social y tecnológica, el aumento de la edad de la educación obligatoria de los ciudadanos impregnada del objetivo de igualdad (ciencia para todos los ciudadanos) que no se alcanza a través de la educación tradicional, y la creciente presencia de la tecnología en el currículo junto con la paralela necesidad de llegar a una síntesis curricular ciencia-tecnología. Como afirma Ziman (1994), la debilidad de la ciencia tradicional, cuya validez no se pone nunca en duda, no reside en lo que enseña sobre la naturaleza, sino en lo que no enseña, en particular, sus relaciones con la tecnología y la sociedad, vacío que pretende llenar la educación CTS.

La diversidad de enfoques CTS

El movimiento para una educación CTS surge como respuesta a estos y muchos otros factores, separadamente pero bastante simultáneamente, en la educación secundaria de los países desarrollados de Europa y Norteamérica. En el Reino Unido surge en 1976 *Science in Society* (ASE, 1981), en Canadá se produce el primer borrador de *Science: A way of knowing* (Aikenhead y Fleming, 1975), en USA se dieron dos movimientos convergentes, desde la educación en ciencias y desde los estudios sociales (1979, número monográfico de Social Education dedicado a la C&T para una sociedad global) en el mismo sentido, en Holanda se inicia en 1972 el proyecto PLON de física. Inicialmente, el desarrollo de estos esfuerzos fue aislado, pero en los primeros 80s diversas conferencias y asociaciones dieron cohesión y fuerza al movimiento: el seminario de Malvern (1980), la red de IOSTE (International Organization for Science and Technology Education) en 1982 y el INISTE (International Network for Information in Science and Technology Education) creado por la UNESCO en 1984. Durante los 80s surgieron un cierto número de proyectos curriculares que presentaban la ciencia dentro de un contexto social, en interacción con la tecnología y la sociedad, entre los cuales se pueden citar los siguientes: *Science and Society Teaching Units* (Roberts, 1981), *Science in Society* (Lewis, 1981), el proyecto holandés PLON (Eijkelhof & Kortland, 1982), *Preparing for Tomorrow's World* (Iozzi, 1982), *Science in a Social Context* SISCON (Solomon, 1983), *Innovations: The Social Consequences of Science and Technology* (BSCS, 1984), el *Iowa Chautauqua Model* (Blunck & Yager, 1990) y el proyecto inglés *SATIS - Science and Technology in Society* - (ASE, 1984-1994) que contiene tres proyectos diferentes desarrollados a lo largo de una década

(proyectos 8-14, 14-16 y 16-19), *Chemical Education for Public Understanding Program*, CEPUP (Thier & Hill, 1988), *Science Education for Public Understanding Program*, (SEPUP, 1992), *ChemCom: Chemistry in the Community*, (ACS, 1988), *Discussion of Issues in School Science*, DISS (Solomon, 1988), *Harvard's Project Physics* (Holton, Rutherford & Watson, 1970). Asimismo, diversas asociaciones profesionales han respaldado la tesis fundamental del movimiento CTS, considerando que la ciencia es una empresa hecha por hombres en un contexto social, tales como la *National Science Teacher's Association* (NSTA, 1982), la *Association for Science Education* (ASE, 1979) y el *Science Council of Canada* (SCC, 1984).

En el espíritu de este movimiento estaba el deseo de ofrecer, a través de la educación, una visión más auténtica de la ciencia y la tecnología en su contexto social, alejadas de las imágenes mitificadas (cientifismo y tecnocracia) y la tecnología como mera ciencia aplicada, que lleva al reconocimiento del segundo factor, la tecnología, como una actividad diferente, pero equiparable a la ciencia. Esta equiparación entre C&T plantea inmediatamente la naturaleza cargada de valores de las actividades en C&T, de modo que la educación moral y ética es una consecuencia inevitable de la educación CTS (Layton, 1994).

Esta diversidad de orígenes y la mayor diversidad cultural de los potenciales países que puedan aplicar la educación CTS se ha concretado en desarrollos muy variados, por lo que resulta muy difícil llegar a describir el movimiento CTS como un todo acabado y bien definido. Puesto que no existe un consenso entre los especialistas sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología y muchos de los desarrollos CTS han partido de situaciones iniciales diferentes, la educación CTS resultante no es un todo absolutamente coherente y racional, sino que su característica más esencial es la naturaleza controvertida, diversa, y, a veces, incompleta que se ha generado a partir de diferentes enfoques.

El enfoque basado en la relevancia se centra en la utilidad del conocimiento científico y tecnológico para la vida diaria, donde desempeña un claro papel social; en el lado oscuro de este enfoque se encuentra la falta de relación de la sociedad respecto a C&T y la implícita inducción de una actitud tecnocrática, suponiendo que la sociedad puede ser satisfecha sólo por la C&T.

El enfoque profesional propugna la concentración de la educación en los aspectos más teóricos y académicos para lograr los mejores físicos, médicos o ingenieros, a expensas de las realidades prácticas. La principal objeción es su estrechez de miras, resaltando los aspectos de destrezas y conocimientos profesionales, pero no tanto el compromiso profesional y social.

El enfoque transdisciplinar trata de romper las barreras de especialización de la ciencia, en sí mismas y en sus partes, enfatizando la unidad global de las ciencias naturales y sus tecnologías asociadas, y se considera uno de los principios de la educación CTS porque concepción integrada y holística de la ciencia está de acuerdo con la naturaleza de la ciencia. Este enfoque tiene un tinte cientifista, si olvida la tecnología y la sociedad, y por tanto, deja incompleta la perspectiva CTS.

El enfoque histórico es uno de los más comunes en educación CTS, puesto que la investigación científica es una actividad profundamente histórica, y que produce progreso; la historia de la C&T suministra muchos casos que permiten analizar el funcionamiento de la C&T en la sociedad y se considera el medio más natural de humanizar su educación. Sin embargo, el estudio histórico tiene tres desventajas: el análisis histórico es más complejo y profundo de lo que suele permitir una clase CTS, aunque se suele simplificar; el análisis suele ser muy fanfarrón para la ciencia, tendiendo a presentar los casos siempre como un triunfo de la verdad y la ciencia como una historia de vencedores; a veces, se suele caer en el fulanismo o hagiografía, es decir, excesivo encumbramiento de nombres, cuando la ciencia es institución social y una empresa colectiva, que no se mantiene sólo con la contribución de personas excepcionales o afortunadas.

El enfoque filosófico propugna una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, que es uno de los objetivos de la educación CTS. Sin embargo, la filosofía de la ciencia es un tema muy complejo y profundo para abordar todos sus pormenores, que puede derivar en bizantinismos y academicismos intelectuales lejanos de la sociedad y de dar frutos para la educación CTS.

El enfoque sociológico considera a la ciencia y la tecnología instituciones sociales, con una organización interna, para producir saber y saber hacer, y con una organización externa, unida y embebida en la sociedad, colocando los valores y las consecuencias sociales de C&T en la máxima prioridad. La

desventaja de este enfoque es parecida a la anterior, la sociología resulta rara, especialmente para los científicos, y el escepticismo radical del relativismo sociológico es poco recomendable para una educación CTS.

El enfoque problemático trata de considerar los grandes problemas sociales (medio ambiente, enfermedades endémicas, pobreza, guerras, sobrepoblación, etc.) desde la educación CTS en un contexto realista, que no trata directamente con los conceptos científicos, sino con el mundo tal como es. El riesgo de este enfoque es la pasión al mezclar C&T con elementos políticos, ideológicos o religiosos.

En suma, la educación CTS es demasiado compleja y diversa para ser resumida y presentada como una disciplina académica consistente e integrada; más bien parecen existir muchos caminos tortuosos que resultan complementarios entre sí (Ziman, 1994).

El currículo CTS

Dada la diversidad de enfoques y aproximaciones realizadas sobre el tema CTS los rasgos de los currículos CTS son, evidentemente, muy variados. Aikenhead (1994b) los ha sistematizado a través de la respuesta CTS a las cuestiones curriculares básicas ¿para qué, qué y cómo enseñar e integrar los contenidos CTS?. La respuesta CTS a estas cuestiones tiene la expectativa de superar los inconvenientes que la educación tradicional no consigue superar, como el desinterés del alumnado hacia la C&T, la caída en la matrícula de estudios de C&T y la marcada desigualdad que afecta diversos grupos (mujeres, estudiantes no brillantes, etc.).

El objetivo principal de la educación CTS está centrada en los estudiantes, hacer que comprendan sus experiencias diarias respecto a los fenómenos que suceden en su entorno natural, en forma tal que la ciencia esté incrustada en el entorno tecnológico y social real de los estudiantes. Otro objetivo declarado trata de llenar un vacío del currículo tradicional: comprensión de la ciencia suficiente para preparar a los estudiantes en el ejercicio de la responsabilidad social de las tomas de decisión ciudadanas y democráticas relacionadas con la C&T. Este objetivo general se puede desarrollar en otros objetivos más concretos, formulados como potenciación personal, desarrollo de capacidades intelectuales (pensamiento crítico, razonamiento lógico, resolución de problemas creativa, toma de decisiones), preparación para ejercer una ciudadanía nacional y universal, para ejercer la acción individual, ciudadanos socialmente responsables, y profesionalmente en la industria y los negocios (más y mejores científicos e ingenieros, particularmente mujeres).

Los diferentes currículos CTS difieren en el equilibrio o la prioridad que se da a los distintos objetivos. Según Bybee (1985) la educación CTS debe equilibrar tres tipos de objetivos: 1) conocimientos para fines personales, ciudadanos o culturales, destrezas de aprendizaje, 2) investigación científica y tecnológica, para recoger información, resolver problemas y tomas de decisiones, y 3) desarrollo de valores, a través de las interacciones CTS, para temas locales, públicos, políticos o globales. Según Waks y Prakash (1985) los objetivos deben ser: competencia cognitiva (conocimiento y destrezas necesarias para los temas CTS), racionalidad necesaria para comprender la dinámica de los temas CTS (valores, consenso, política, etc.), personal, necesaria para comprender los sucesos de la vida diaria, y acción social, para participar en acciones políticas responsables. Los objetivos más modestos y comunes a muchos programas de educación CTS son: 1) aumentar la alfabetización científica ciudadana, 2) generar interés por la C&T en los estudiantes, 3) fomentar el interés por las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y 4) ayudar a los estudiantes a ser mejores en pensamiento crítico, razonamiento lógico, resolución creativa de problemas y toma de decisiones.

Los contenidos propios del currículo CTS, obviamente, deben estar adaptados al nivel del alumnado que los recibe y deben contener tanto contenidos de la ciencia como contenidos propios CTS. El análisis de los contenidos CTS de los proyectos ejemplares desarrollados en los últimos años evidencia la existencia de dos enfoques principales (Rosenthal, 1989; Ziman, 1984):

1. Un enfoque sobre cuestiones sociales externas a la comunidad científica, es decir, sobre temas con una clara y directa relevancia social, pero que caen dentro de la órbita de la ciencia y la tecnología, tales como la gestión de recursos, la conservación de la energía, el crecimiento demográfico, la energía nuclear, la ingeniería genética, la preservación del medio ambiente, etc., (Piel, 1981).

2. Un enfoque sobre los aspectos sociales de la ciencia (internos a la comunidad científica), es decir, el análisis y estudio de la C&T en su interacción con la sociedad, a través de su relación con otras disciplinas, (y viceversa), tales como la filosofía (epistemología y ética), sociología (posibilidades y limitaciones de la C&T para resolver los problemas de la sociedad), historia (relaciones mutuas historia con C&T), política (políticas globales, decisiones políticas, defensa nacional), economía (industria, consumo, empleo), etc. R.E. Snow (1987) ha sintetizado este enfoque en tres dimensiones: cognitiva (conocimiento experimental hipótesis, leyes, observaciones, y los valores que inspiran la obtención de este conocimiento), personal (los valores, influencias y creencias que inspiran el trabajo personal de los científicos) y sociológica (valores comunitarios, colegios invisibles, publicaciones, competencia, etc.

Desde esta perspectiva conciliadora, el enfoque CTS sería una parte de la educación en ciencias, que en sus contenidos debería incluir conocimientos (científicos y tecnológicos), procedimientos, y aplicaciones sociales y personales (actitudes y valores). La perspectiva CTS aportaría a todo el currículo de ciencias los siguientes rasgos y objetivos:

- * Aumentar la alfabetización científica de todos los ciudadanos.
- * Generar interés en los estudiantes hacia la ciencia y la tecnología, mejorar su imagen y una más correcta comprensión de su naturaleza.
- * Desarrollar en los estudiantes el pensamiento crítico, el razonamiento lógico, la creatividad en la resolución de problemas, y especialmente, la toma de decisiones.
- * Presentar todos los contenidos en un contexto social y personal.
- * Incluir contenidos relativos a la tecnología.
- * Clarificar los contenidos CTS apropiados a cada edad y estadio de desarrollo.
- * Identificar los medios más adecuados de incorporar los temas CTS a los programas de ciencias existentes.
- * Llevar a cabo los programas CTS en las escuelas.

Los diferentes currículos CTS desarrollan distintos objetivos y contenidos debido a las diferentes sensibilidades sobre el tema CTS. Particularmente en América del Norte muchos educadores conciben la educación CTS, principalmente, como temas sociales (Yager, 1992). Un indicador relevante del todavía dialéctico estado de la cuestión es que no existe una definición consensuada que precise el concepto de educación CTS; para acabar de perfilar estos aspectos conceptuales se citarán algunas de las definiciones más frecuentemente aludidas en la literatura. La NSTA (National Science Teachers Association, 1991) define la educación CTS como enseñar y aprender ciencia en el contexto de las experiencias humanas; Bybee (1987) considera que el enfoque CTS viene definido por los temas o cuestiones curriculares que trata (citados anteriormente); Yager et al. (1992) han ampliado y concretado la definición de la NSTA considerando los objetivos, el currículo, la instrucción y la evaluación específicos CTS como rasgos propios de este enfoque. Sintetizando muchas de estas contribuciones Aikenhead (1994b) define como contenidos CTS aquellos que presentan una interacción entre C&T, o entre ciencia y sociedad y cualquiera de las siguientes (o combinaciones de ellas): un artefacto, proceso o pericia tecnológicos, la interacción entre tecnología y sociedad, un tema social relacionado con ciencia o tecnología, un contenido social que ilumina un tema social relacionado con ciencia o tecnología, un tema filosófico, histórico o social dentro de la comunidad científica o tecnológica.

Esta definición se toma como base para construir un esquema de categorías, que permite clasificar los proyectos de educación CTS en ocho categorías, en términos de tres criterios: la estructura de los contenidos (proporción y dirección de contenidos CTS en relación con los contenidos de ciencia tradicional), la evaluación del alumnado (CTS frente a tradicional como prescripción para la práctica de clase) y ejemplos concretos de proyectos CTS que ilustran cada categoría. En base a este esquema se propone un espectro de ocho categorías, ordenadas en función de la proporción creciente de CTS: 1) El contenido CTS como motivador, 2) Infusión ocasional del contenido CTS, 3) Infusión intencional del contenido CTS, 4) Materia organizada y secuenciada (contenidos disciplinares) mediante criterios CTS, 5) Ciencia organizada y secuenciada (contenidos multidisciplinares) mediante criterios CTS, 6) Ciencia y contenidos CTS (éstos son el foco), 7) Infusión de ciencia en contenidos CTS, 8) Contenidos CTS.

Las categorías 1, 2 y 3 siguen secuencias inspiradas por contenidos de ciencia tradicional, en diversos grados (los estudiantes estudian la naturaleza desde los esquemas suministrados por la ciencia),

mientras en las restantes categorías la estructura secuencial viene dictada por los contenidos CTS (los estudiantes analizan su mundo diario desde su propia perspectiva, extrayendo de la ciencia los contenidos requeridos por su necesidad de saber). Como desarrollo estándar de una secuencia de enseñanza CTS, unidad o lección, se propone comenzar en la sociedad, seleccionando el problema y sus raíces, continuar examinando la tecnología interesante asociada, estudiar los contenidos científicos necesarios, revisar la tecnología y acabar nuevamente en la sociedad, redefiniendo el problema y tomando decisiones.

La alfabetización científica del público

El objetivo de comprensión de la naturaleza de la ciencia es un objetivo de creciente interés en los países democráticos desarrollados, donde se afrontan complejos problemas públicos y sociales relacionados con la ciencia y la tecnología, con implicaciones científicas, morales, económicas, ideológicas, intelectuales y estéticas cuya resolución más adecuada requiere una preparación científica básica del público. La ciencia convencional ha fracasado en lograr esta preparación: la mayoría de los estudiantes no aprecian demasiado la ciencia y están poco dispuestos a esforzarse para mejorar su comprensión o sus conocimientos; los números cantan: se estima que el 25% de la población USA es analfabeta funcional y el 90% científicamente analfabeta. La consecuencia es que la educación científica escolar no ha trascendido como alfabetización científica a la vida adulta y está disociada de las experiencias personales y sociales de las personas. Una causa de esta situación es que los currículos de ciencias se han centrado demasiado en el qué y el cómo, dejando de lado el porqué (Kyle, 1995a, 1995b). Recientemente, se ha acuñado el concepto de alfabetización científica como operacionalización de la comprensión pública de la ciencia, que pretende sea útil y formativa para todos los ciudadanos de una sociedad democrática. La UNESCO (1994), en el marco del proyecto 2000+, propone el compromiso de promocionar la alfabetización científica y tecnológica de todos los ciudadanos como parte esencial de una educación básica sólida para todos los ciudadanos.

Sin embargo, el concepto de alfabetización científica ha tenido diferentes definiciones e interpretaciones, en función del propósito con el que dicho concepto es invocado, pero lo más importante, es que, entre los profesores de ciencias, no existe consenso sobre el significado de lo que es alfabetización científica, a pesar de que todo el mundo habla de ello, como un objetivo prioritario. Miller (1983) propuso tres componentes para la alfabetización científica: 1) comprensión de conceptos científicos clave, 2) comprensión de los procesos, las normas y métodos de la ciencia, y 3) capacidad para formarse una opinión y conciencia sobre problemas sociales científicos y tecnológicos. Otros autores (Brickhouse, Ebert-May & Wier, 1989) han añadido algunas capacidades intelectuales, específicamente, la capacidad de aplicar correctamente el conocimiento científico y las habilidades intelectuales para resolver problemas y tomar decisiones informadas científicamente en la vida personal, cívica y profesional.

El concepto de alfabetización científica propuesto por la AAAS (1989) comprende el conocimiento de las aplicaciones de la ciencia en áreas sociales, la perspectiva histórica de los hitos principales del desarrollo de la ciencia en la cultura occidental, los temas comunes a la ciencia y la tecnología así como perspectivas sociológicas de las sociedades humanas. Una persona alfabetizada científica y tecnológicamente debe ser capaz de utilizar el conocimiento científico y los métodos científicos de pensar para fines personales y sociales.

Marathé (1994) sugiere el perfil de una persona alfabetizada científicamente: usa los conceptos, las destrezas de procedimientos y los valores para tomar decisiones diarias en su relación con otras personas y con el medio ambiente; comprende que la construcción del conocimiento científico se basa en un proceso de investigación y en teorías conceptuales; diferencia entre evidencias científicas y opiniones; reconoce la utilidad y las limitaciones de la C&T en el progreso humano; comprende la naturaleza humana, tentativa y cambiante de la ciencia; posee conocimientos suficientes para apreciar el trabajo de otros, tener una opinión más rica y atractiva del mundo, adoptar algunos de los valores científicos y poder continuar su propio proceso de desarrollo en el conocimiento científico a lo largo de su vida.

En una monografía dedicada al tema, Shamos (1995) realiza afirmaciones escalofriantes como: "En contra de lo que muchos profesores de ciencia sostienen, conocer ciencia en el sentido académico formal puede no ser una condición necesaria para lograr alfabetización científica en el sentido social. Sin

embargo, conocer sobre qué trata la ciencia es un prerrequisito para la alfabetización científica." (p. 45) y "Un buen expediente escolar, incluso un razonable nivel de alfabetización científica cuando una persona es estudiante no da ninguna seguridad que el individuo retendrá suficiente ciencia cuando sea un adulto con responsabilidades ... Tener estudiantes alfabetizados que se vuelven adultos analfabetos no hace mucho por la sociedad" (p. 75). Propone tres principios guía para una nueva alfabetización científica; un imperativo cultural: enseñar ciencia para desarrollar aprecio y conciencia; un imperativo práctico: enfoque sobre la tecnología; enfatizar el recurso adecuado a los expertos para desarrollar alfabetización social y cívica. Sobre la base de estos tres principios, el concepto de alfabetización científica significaría: tener conciencia de cómo funciona la empresa científica, hacer que la gente se sienta bien conociendo cosas acerca de la ciencia, aunque no sepa mucha ciencia, hacer que el público comprenda lo que se puede esperar de la ciencia y saber como puede oírse mejor a la opinión pública respecto a la empresa (p. 229).

Como se puede comprobar, el concepto de alfabetización científica no añade conceptualmente nada al tema CTS, incluso algunos puntos de las citas podrían ser discutibles, pero, en general, se puede decir que están en línea con los requerimientos CTS, pero de una manera más suave, poniendo el énfasis en el papel de la educación científica para el desarrollo social y personal de ciudadanos adultos, que puedan contribuir positivamente a una sociedad democrática, y tratando de equilibrar ciencia tradicional y las posiciones más radicales CTS. Aikenhead (1994b, p. 50) considera que "la alfabetización científica es un concepto adecuado para definir un grupo de objetivos CTS y constituye un elemento de persuasión para racionalizar los programas de ciencia (¿quién puede estar en contra de la alfabetización científica?)."

La adaptación a la diversidad del enfoque CTS

Cuando la gente deja la escuela existen muchas oportunidades todavía de recibir información científica avanzada y de calidad que complementa, actualiza y mejora la comprensión de la ciencia por el público. La prensa escrita cubre las noticias sobre C&T en un amplio abanico, que va desde las noticias coyunturales y aisladas que produce el sistema de C&T (descubrimientos o progresos espectaculares es temas de interés social, premios Nobel, etc.), pasando por artículos especializados, hasta casos extremos de suplementos especiales de gran calidad, dedicados a la C&T. La televisión desempeña también un papel central, debido a su masiva audiencia, tanto en las noticias como en las excelentes imágenes de muchos documentales especializados. Según Lucas (1994) los medios de comunicación adolecen de una cierta esclavitud de las audiencias, y en consecuencia, no se suelen plantear las cuestiones éticas y morales inherentes a los temas que ofrecen, y en general, tienden a evitar lo que pueda ser controvertido o difícil de captar por el público. En un terreno más especializado y comprometido entre ciencia y sus valores, los museos suelen ser una fuente más intensa de conocimiento científico, pero a veces, se abusa de los conceptos científicos y se deja poca vía para las aplicaciones.

En muchos países occidentales existe una creciente tendencia a evaluar la comprensión de la ciencia por el público (Durant, Evans & Thomas, 1989; Miller, 1992), y en España se puede citar el informe CIRES (1992). Esta acción está en consonancia con el supuesto subyacente de todo el movimiento CTS de comprender la naturaleza de la ciencia y potenciar personalmente a los individuos en C&T para la toma de decisiones responsable, evitando la división de las dos culturas (científicos-no científicos), para evitar tanto el cientifismo como la tecnocracia. La encuesta del CIRES (1992) demuestra que la presencia de la C&T en la vida diaria de la sociedad española es elevada y penetrante; los entrevistados se interesan más por los descubrimientos médicos, inventos y nuevas tecnologías que por la actualidad deportiva o política, preferentemente, a través de las publicaciones de información general; la tecnificación de los hogares es también alta (más del 90% tienen frigorífico, lavadora y TV en color, 75% teléfono, 66% automóvil, 50% vídeo y cadena de sonido, 20% microondas, lavavajillas, ordenador y 10% cámara de vídeo); en el trabajo, la mayoría creen que los avances tecnológicos hacen más cómodo el trabajo y realizan los trabajos más duros, pero también que el trabajo no es más humanizado y, casi unánimemente, creen que provoca pérdida de puestos de trabajo; más de la mitad creen que la calidad de los productos que proporcionan las nuevas tecnologías es mayor que la que se obtendría sin su presencia y relacionan la tecnología unánimemente con valores como progreso, comodidad, eficacia y conocimiento, aunque también en proporciones altas con paro, riqueza y poder, deshumanización, desigualdad y

amenaza, evidenciando la "doble cara" de la tecnología.

Conceptualmente, en relación con la comprensión de la ciencia por el público Lucas (1994) diferencia entre saber ciencia (conocimiento de los conceptos científicos) y saber sobre ciencia (conocimiento de la ciencia como fenómeno sociopolítico). Los estudios iniciales, y muchos de los actuales, trataron sobre este segundo concepto más sencillo y accesible, que el más complejo mundo de los conceptos, los procesos y los valores de la ciencia que sólo se ha desarrollado más recientemente. Los estudios realizados en la década pasada sobre conceptos científicos muestran un patrón coincidente de respuesta: aunque las simples cuestiones planteadas en los diversos sondeos no son las mismas, la gente suele responder correctamente en torno a la mitad de ellas (¿botella medio vacía o medio llena?). Los estudios sobre el conocimiento de la naturaleza de la ciencia muestran resultados menos consistentes, pues no en vano la cuestión de la naturaleza de la ciencia está menos establecida, es más dialéctica y el tipo de cuestión planteada no es neutral sobre el resultado e influye decisivamente en la interpretación realizada de las respuestas; la gente suele mostrar una opinión confusa e ingenua de los fundamentos epistemológicos del conocimiento científico. Cuando los resultados aislados de conocimiento de ciencia se contextualizan respecto a las posiciones sostenidas en temas sociopolíticos relacionados con la ciencia, las relaciones observadas entre ambos son débiles, mientras que las relaciones entre conocimiento e interés de la gente en la ciencia, muestran que los más interesados en la ciencia superan en conocimientos a los menos interesados, aunque esta relación no garantiza altas puntuaciones en conocimientos para todos los muy interesados. Miller (1983) identifica el 18% de "público atento", Durant et al. (1989) obtienen el 38% que se autodeclaran "muy interesados" en ciencia y Lucas (1994) obtiene 17% muy interesados y 49% bastante interesados, con lo que unos dos tercios de las personas encuestadas se declaran interesadas en ciencia. Como última consideración en la contextualización de estos datos deben tenerse en cuenta dos consideraciones dispares; en primer lugar, la existencia de grupos de gente no científicos que llegan a alcanzar una maestría elevada en un tema científico de su interés personal (ecologistas, radioaficionados, etc.); en segundo lugar, aceptando que la gente no puede tener un conocimiento elevado en todas las áreas de interés humano, los datos de conocimiento simple de la ciencia pueden interpretarse optimistamente (botella medio llena) cuando se comparan estos con los resultados de encuestas relativas a conocimientos de otras áreas, incluso más elementales, como situar países de actualidad sobre un mapa (ver citas en Lucas, 1994).

Sin embargo, uno de los problemas en relación con la comprensión de la ciencia es que no basta disponer del conocimiento apropiado para que ese conocimiento se haga operativo en contextos sociales, a través de conductas, opiniones o posiciones políticas coherentes con el conocimiento; por ejemplo, el paso de comprender la ciencia a expresar una opinión sobre un tema, tanto en la escuela como en el dominio público, no es inmediato ni siquiera automático (Solomon, 1994). Las opiniones del público parecen estimularse cuando existe un incentivo externo suficientemente potente, tal como un beneficio personal importante o un riesgo personal amenazador; incluso en este caso, el interés del público se dirige más hacia la ciencia en la práctica (aplicaciones e implicaciones de la ciencia), pero no tanto hacia el conocimiento científico en sí mismo; en general, incluso cuando existe gran interés, el público no está dispuesto a realizar el esfuerzo necesario para comprenderlo (Michael, 1992). Este rechazo del público hacia el conocimiento de los principios científicos se ha interpretado conductualmente, en función del grado de evitabilidad/inevitabilidad de los riesgos a los que se refiere la información científica; si el riesgo es inevitable, más conocimiento dispararía la ansiedad, y la persona se encerraría en la ignorancia, como excusa para la felicidad; si el riesgo es evitable, la información es necesaria para interpretar activamente las señales y los sucesos, de modo que la gente se interesa por una información que puede dar más sentido a su conducta.

La teoría de la atribución causal suministra una interpretación cognitiva más amplia que el mero valor de incentivo; en función del tipo de causalidad percibida por la persona, esta teoría explica el tipo de decisiones conductuales (Weiner, 1986). Así, la percepción de un riesgo inevitable supone falta de contingencia entre la acción de la persona y el riesgo percibido, de modo que la causalidad se percibe como no controlable, y por tanto, estable y global, lo cual genera sentimientos de falta de expectativas de modificar el riesgo, que conduce a situaciones de desesperanza y desamparo, caracterizadas por la inacción, y en casos extremos, la depresión; por el contrario, la percepción de un riesgo como evitable

supone capacidad de la acción de la persona para modificar el riesgo percibido, de modo al percibirse la causalidad como controlable por la persona, se generan expectativas de modificar el riesgo, lo cual lleva a la persona a buscar los medios de controlar el riesgo, para evitar los sentimientos de vergüenza, culpabilidad y descenso de la autoestima cuando no se han puesto los medios para controlar el riesgo. Desde la teoría de la atribución, las prescripciones para incentivar en el público su implicación en aceptar el conocimiento científico, tanto aplicado como conceptual, serían actuar sobre la percepción de las personas de que dicho conocimiento es útil para controlar las situaciones y los riesgos de la vida diaria, una de las funciones que cumple la C&T como elemento de la cultura humana.

Otro de los aspectos de la comprensión de la ciencia por el público y su conducta en la vida diaria, deriva de la teoría de las actitudes. La Psicología Social enfoca las actitudes como el elemento que permite establecer la coherencia entre la conducta personal y el entorno social en varios niveles: por un lado, las personas con actitudes favorables hacia un objeto tendrán conductas más coherentes, y, por otro, en estas personas, resulta más fácil evocar y desarrollar conductas apropiadas con la actitud; además, el reconocimiento social, especialmente de los iguales, actúa como un poderoso incentivo en el desarrollo de las actitudes, y viceversa, la conducta coherente con una actitud ejerce un importante efecto de modelamiento sobre las actitudes de los demás. Además, como bien conocen los psicólogos sociales, la identificación de una actitud concreta en las personas no garantiza la realización de conductas coherentes con esa actitud, debido a la elusiva relación entre actitudes y conductas. Las conflictivas evidencias acumuladas sobre la correlación entre conductas y actitudes indican una aceptación bastante generalizada de la existencia de una relación causal entre actitudes y conducta, en base a los datos más fiables, pero desplazando la cuestión desde una relación general actitud-conducta, que se da por supuesta, hacia la cuestión de cuando (en qué condiciones) se da esta relación, y el cómo de esta relación, esto es, mediante qué procesos las actitudes guían la conducta, para lo cual se han generado modelos que contribuyen a explicarlos (Fazio, 1986). En conclusión, la relación entre actitudes y conducta se da por descontada, pero se manifiesta empíricamente en grados muy variables, y dependiendo mucho de los métodos, las situaciones y las variables mediadoras presentes, lo cual implica que las medidas empíricas de esta relación deben ser muy cuidadosas, para poder describir con precisión los resultados obtenidos. Por tanto, en lo que se refiere a la relación entre la comprensión de la ciencia por el público y la coherencia de sus conductas para alcanzar esa comprensión, deben tenerse especialmente en cuenta las variables mediadoras contextuales que actúan (especialmente el refuerzo social de los iguales, tanto en clase como entre los adultos), los procesos que actúan sobre estas actitudes, y englobándolo todo, la metodología aplicada: fiabilidad de los instrumentos y diseños experimentales puestos en juego.

El tema de las actitudes nos pone en disposición de abordar el otro gran desafío sobre la comprensión de la ciencia que es la carga de valores inherente a la alfabetización científica, y especialmente, al objetivo de comprensión de la ciencia. Los teóricos de las actitudes asignan a éstas tres constituyentes: cognitivo (conocimientos), conativos (conductuales) y afectivos (aceptación/rechazo), reconociéndose que la adhesión afectiva es el rasgo más importante o característico de una actitud, ya que implica la asunción de una serie de valores implicados en la actitud. Análogamente, una parte importante de la discusión sobre la ciencia y sus aplicaciones sociales, trascendentales para su comprensión pública, es que están cargadas de valores; por tanto, la comprensión pública de la ciencia requiere una discusión abierta y una clarificación de los valores morales y éticos implicados.

El reconocimiento que C&T están cargadas de valores, y la necesidad de clarificarlos en su enseñanza, es otro de los puntos propios del movimiento CTS que también resulta coherente con su planteamiento. Este reconocimiento está enraizado en el reconocimiento de la C&T como actividades humanas, que inciden y afectan a todos los aspectos de la vida humana. Aprender y enseñar ciencia requiere discutir la ciencia, esto es incluir los aspectos éticos en las lecciones de C&T junto al conocimiento científico. Esta discusión no es una mera confrontación de opiniones cualesquiera, sino que debe ser una discusión ilustrada, es decir, una discusión que requiere el conocimiento del lenguaje de la ciencia y cierto nivel de familiaridad con los métodos de la ciencia (dos primeras dimensiones de la alfabetización científica), y en general, la capacidad de razonamiento para exponer una opinión (tercera dimensión de Miller).

Discutir los aspectos éticos de la C&T en clase requiere una conciencia especial de los profesores,

por un lado, respecto a sus propias preconcepciones y, por otro, respecto a las preconcepciones de sus alumnos sobre el tema. El estudio de las preconcepciones del alumnado sobre los contenidos de la ciencia tienen una dilatada vida y sus metodologías pueden ser trasladables al estudio de las ideas éticas; para el profesorado, conocer el abanico de las actitudes y creencias de sus estudiantes es básico para iniciar cualquier acción educativa. En cambio, el análisis de las preconcepciones del profesorado, y más en concreto, los prejuicios del profesorado de ciencias sobre la inclusión y discusión de los aspectos éticos y actitudinales, como parte de las lecciones de ciencias puede ser un escollo más serio y menos conocido. En otro lugar nos hemos referido a esta cuestión (Vázquez & Manassero, 1995), sintetizando los inconvenientes percibidos por el profesorado para una educación de las actitudes en dos: 1) la percepción de esta educación ética como una suerte de imposición o indoctrinación, y aún superando esta objeción, la falta de preparación específica para realizar esta educación, y 2) la dificultad de su evaluación, suscitándose la cuestión básica de si la educación en actitudes es evaluable, y en caso afirmativo, la falta de instrumentos adecuados para hacerlo.

En relación con el primer inconveniente, afortunadamente, la preservación del medio ambiente es aceptado como fundamento de actitudes éticas universales, cada vez con mayor generalidad, combinando dos elementos curriculares básicos en ciencia: conocimientos científicos ambientales y actitudes éticas. Es curioso observar que muchos teóricos de la educación ética clásica han ignorado la educación ambiental en sus ejemplos, y obviamente también, la enseñanza de las ciencias, ha permanecido de espaldas a la educación ética; el movimiento CTS apoya la educación de las actitudes éticas en relación con la C&T como parte esencial de la comprensión de la C&T y de la preparación del ciudadano para la toma de decisiones y algunos (Lucas, 1994) abogan por unirse a otras áreas curriculares para construir la educación de las actitudes éticas, sugerencia que está en sintonía con la declaración de la educación moral y ética como un tema transversal del currículo en la educación obligatoria en España. La conciencia de las amenazas ecológicas sobre todo el género humano, debido a la incorrecta gestión del entorno, basada más en una dominación sin límite que en el equilibrio, originando catástrofes potencialmente cada vez más planetarias, han ido construyendo una actitud de obligación moral universal hacia toda la biosfera, con el objetivo de mejorar la preservación del medio ambiente. La hipótesis Gaia emitida por el científico Lovelock (1995) considera todo el ecosistema Tierra como un organismo gigantesco cuyo equilibrio puede ser mantenido o recuperado, incluso a costa de eliminar de su faz toda forma de vida; distintos países han incluido los delitos ecológicos en los códigos civiles o penales y los gobiernos penalizan más fuertemente las agresiones al medio ambiente; en su último catecismo, la iglesia católica ha incluido las agresiones contra el medio ambiente entre los pecados graves. Estos diferentes ejemplos, convergentes todos en la misma idea ética, es prueba de la posibilidad de una educación ética de raíz universal y ligada a contenidos científicos. No obstante, el movimiento CTS tiene también un importante reconocimiento de la diversidad cultural de los diversos países, por lo que no debe olvidarse que los valores ambientales tiene también un importante componente cultural local; por ejemplo, la Amazonia tiene un valor ecológico planetario indiscutible, pero su parcial deforestación tiene un valor de desarrollo para las comunidades locales, que son abiertamente contrapuestos y requieren una solución de compromiso y equilibrio que no se puede ignorar.

La naturaleza cambiante y dialéctica del movimiento CTS se refleja especialmente en su reconocimiento de la necesidad de adaptarse a la diversidad cultural donde sus principios pueden y deben aplicarse; el objetivo es dotar a los jóvenes de cualquier país con conocimientos para comprender y actuar sobre su entorno, natural y social en interacción, y en consecuencia, las aproximaciones CTS al aprendizaje de la ciencia pueden variar según el tipo de entorno. La ciencia es una creación cultural de los países industrializados occidentales y este hecho condiciona que su educación en otras culturas diferentes tenga problemas relevantes a ser considerados. En particular, la imposición de tecnologías importadas en países del tercer mundo puede resultar inadecuada e insatisfactoria, puesto que influye en una dirección que no tiene en cuenta sus propias creencias tradicionales, ni las características propias del entorno (animales, plantas, estructuras sociales) donde se desenvuelven. Jegede (1994) considera que la educación CTS puede ser una aproximación adecuada para satisfacer las necesidades de los africanos, permitiendo la toma en consideración de la forma en que los africanos ven la naturaleza, los factores socioculturales y el razonamiento lógico propio de la metafísica africana. En otros países desarrollados, pero con culturas

radicalmente diferentes a la occidental, donde las creencias religiosas, mágicas y tradicionales se superponen sin solución de continuidad, enseñar ciencia es conflictivo pues puede resultar alienante u ofensivo; enseñar ciencia requiere reestructurar la educación desde una perspectiva CTS que sea respetuosa con la cultura, en orden a conseguir una mejor comprensión y valoración de los saberes sociales tradicionales. Resulta obvio que la tradicional visión de la ciencia como conjunto de conocimiento universalmente válido e incuestionable puede generar rechazo y alienación, mientras que la interpretación CTS de una ciencia cuestionable, socialmente construida y socialmente útil resulta más adaptable y efectiva para las necesidades derivadas de la variabilidad en la diversidad cultural.

Para la mayoría de las sociedades, el proceso de socialización del alumnado está determinado intensamente por el género: chicos y chicas tienen diferentes experiencias, aspiraciones, prioridades y expectativas, etc. En lo que se refiere a la ciencia y a la educación en ciencia, el género es una variable que determina desigualdades como ha demostrado la investigación a lo largo de más de veinte años. Los estudios estadísticos demuestran que las mujeres obtienen un rendimiento más bajo que los hombres en las materias científicas, según un patrón confirmado internacionalmente (Erickson y Erickson, 1984; Johnson, 1987), especialmente en Física, y obtenido mediante la aplicación de tests, que son los instrumentos más generalmente empleados para la evaluación en los países anglosajones y también en los grandes estudios de evaluación internacionales en ciencia (NAEP Beaton, 1987; IEA, 1988; Tamir, 1990) donde se ha evidenciado también el mismo patrón de género. En general, los chicos tienen actitudes más favorables hacia la ciencia, que se traducen en preferencias por actividades más científicas y un mayor interés profesional en las ciencias físicas, mientras las mujeres eligen menos estudios de ciencias, especialmente las disciplinas más duras (física, ingeniería), aunque tienen interés en los temas biológicos y de salud; este patrón actitudinal de las mujeres, menos favorable que los hombres en relación con diferentes aspectos de la ciencia, avalado por cantidad de literatura internacional es confirmado en un reciente metaanálisis realizado por Weinburgh (1995), aunque restringido sólo al concepto de actitudes relacionadas con la enseñanza de la ciencia. Seguramente, las diferencias anteriores son responsables de otras consecuencias macroscópicas de carácter sociodemográfico, más evidentes, como que las chicas eligen menos materias e itinerarios escolares de ciencias que los chicos, y esto hace que estén subrepresentadas en la comunidad científica (Jiménez y Álvarez, 1992; Muñoz et al., 1988).

Este patrón diferencial de fracaso relativo de las chicas en relación con la ciencia, se ha conocido como modelo del déficit, porque la mayoría de estudios analíticos han buscado déficits en las capacidades o en la personalidad de las mujeres que explicasen este patrón. Algunos de los factores concretos a los que se ha atribuido este patrón diferencial de género, presentes en la investigación en relación con la ciencia, han sido:

- * Las diferencias de rendimiento en los tests de orientación espacial, favorables a los chicos.
- * Los estereotipos sociales de género inculcados a mujeres y hombres.
- * Las ilustraciones de los libros de textos, desequilibradas respecto al género, que presentan mayoritariamente una ciencia con hombres.
- * Falta de oportunidades de las chicas para jugar con juguetes para-tecnológicos, hacer reparaciones, o bricolage, etc.
- * En la escuela, acaparación de los chicos del material y de los lugares preferentes en laboratorios o talleres, relegando a las chicas.
- * Ausencia de modelos de rol adecuados para las chicas.
- * Atención diferencial del profesor durante la interacción en la clase de ciencias en favor de los chicos.
- * La ciencia en la escuela, especialmente la física, confirma un patrón masculino y autoritario con el que se identifican los chicos, y no las chicas.

En esta lista es perceptible el desplazamiento desde el modelo del déficit (causas residentes en las mujeres) a análisis más extensos que han detectado defectos en los currículos, la escuela y la propia sociedad. Para superar la desfavorabilidad del rendimiento y actitudes relacionadas con la ciencia de las mujeres se han propuesto currículos de ciencia amistosos para las mujeres y recomendaciones al profesorado de ciencia de una mayor sensibilización y atención a las necesidades específicas de aprendizaje de la ciencia en las mujeres (Smail, 1991; Rubio, 1991; Sahuquillo, Jiménez y Domingo, 1993).

La investigación psicológica sobre las diferencias de género es extensa y sus resultados, a veces contradictorios, son difíciles de decantar con claridad, aunque parece que hay un acuerdo científico tendente a señalar menos diferencias de género de las que suele pensarse; son contradictorios los resultados respecto al miedo, timidez, ansiedad, nivel de actividad, competitividad, dominancia, condescendencia, obediencia y conducta maternal, y se catalogan como creencias infundadas las diferencias respecto a motivación de logro, aprendizaje de asociación mecánica (mujeres) o comprensivo (hombres), habilidades sociales y autoestima, intuitivas (mujeres) o analíticas (hombres), etc. En una revisión sintética, Fernández (1987) hace un balance de hallazgos actuales, señalando entre las diferencias claramente establecidas, una mejor aptitud verbal para las mujeres y, para los hombres, mejor aptitud visual-espacial y, con diversas reticencias, mejor aptitud matemática, así como una mayor agresividad. En otra revisión de la estereotipia de género, teniendo en cuenta la validación transcultural de la misma y estudios en nuestro país, López-Sáez (1994) sintetiza las diferencias de género en dos dimensiones, expresivo-comunal (sensibilidad, afecto, expresividad), más propia de las mujeres, e instrumental-agente (racionalidad, competencia, instrumentalidad), más propia de los hombres.

Estos resultados son convergentes con otros resultados provenientes de la investigación en ciencia (Solomon, 1985) que señalan la preferencia de las mujeres en la clase de ciencias por temas relacionados con la gente y los problemas sociales y los que suponen una mayor implicación y preocupación por los temas sociales; disfrutar con un curso de física avanzada se relacionaba en las chicas con factores tales como considerar las implicaciones sociales, profundizar sobre tus propias opiniones personales y realizar aproximaciones más filosóficas a la física, mientras que los chicos lo relacionaban con la facilidad del tema (Pell, 1985). Analizando discusiones no directivas en el aula de ciencias, Solomon (1992) encuentra que las chicas construyen sus opiniones colaborando con iguales y viendo la TV, mientras los chicos tienden a aceptar más acríticamente los resultados científicos; sobre la base de doce características de las discusiones no se observaron diferencias relevantes de género, mientras que en la discusión de un dilema moral, se observaron diferencias de género en las afirmaciones generales, que la autora atribuye, más bien a una cuestión de estilo preferido para iniciar la participación en la discusión, mientras que no se observaron diferencias significativas en las afirmaciones personales o contextuales; los temas sociales de base científica no muestran diferencias de género y sostienen que cuando los aspectos sociales de la ciencia desaparecen de las lecciones decrece el interés de las chicas por los temas. El trabajo de Moscovici (1985) sobre los efectos de la influencia social, especialmente del grupo de iguales, en el marco de la interacción social del aula suministra la base teórica para evitar el uso de los estilos y orientaciones personales relacionados con el género.

Respecto al movimiento CTS una conclusión parece clara: la inclusión de temas y asuntos sociales relacionados con la ciencia tiene un efecto equilibrador de las diferencias de género, por lo que el currículo CTS puede ser también un currículo amistoso para las chicas.

La crítica feminista considera a la ciencia el segundo sistema de dominación (el primero sería el capitalismo) por sus formidables poderes opresivos, tanto en el plano ideológico como en el material, enraizados en la situación de la C&T en la sociedad, cuando las tecnologías antihumanas son usadas por unos pocos para mal de muchos o cortando en dos a las mujeres, en su trabajo abstracto en los laboratorios de hombres frente a su trabajo como cuidadora en el hogar. Esta experiencia subjetiva de opresión compartida impulsa la necesidad de una C&T nueva, no opresora; esta transformación requiere un programa transformador simultáneamente dentro de la ciencia, tecnología y la sociedad, y en la medida en que la educación CTS se construya con las contribuciones "de la mano, del cerebro y el corazón" estará contribuyendo a tratar más suavemente el mundo natural y social (Rose, 1994).

Existen ya algunos macroestudios longitudinales que aprecian una cierta tendencia a la reducción de estas diferencias con el tiempo (Parker & Offer, 1987), y nosotros mismos hemos encontrado resultados donde las diferencias desaparecen, e incluso se invierten (Vázquez & Manassero, 1996a, 1996b, 1996c, en prensa).

Los resultados de los programas CTS

La evaluación de los programas educativos debe ir guiada, fundamentalmente, por los objetivos

declarados de tales programas, y en último término, debe identificar si los estudiantes son beneficiados o perjudicados por la impartición de los programas CTS y los métodos de educación aplicados.

Reflexionando sobre lo que ha sido el movimiento CTS en la década de los 80s Yager (1990) considera que el enfoque CTS no tiene éxito cuando sus contenidos son tratados como un complemento, apartado o añadido en los programas escolares; debería ser un programa global, imbuido por la filosofía CTS, centrado en los problemas del mundo real y de la vida cotidiana, y que lleva a los estudiantes a buscar la información necesaria fuera de la escuela y de los libros de texto habituales.

La presencia como contenido curricular de las interacciones CTS es analizada por Solbes y Vilches (1989) con un cuestionario de 10 indicadores en 47 libros de texto españoles (ciclo superior de E.G.B., 2º y 3º de B.U.P.). Los resultados son abrumadores: sólo son apreciables el tratamiento detenido de las relaciones ciencia/técnica (23%) y la presentación de la ciencia como una fuerza modificadora del medio (6%); todos los demás indicadores prácticamente no están presentes en los textos (consideración de las concepciones previas de los alumnos sobre la ciencia y los científicos, crítica sobre la imagen estereotipada de los científicos, la ciencia como una fuerza productiva/destructiva, interacción ciencia/sociedad, la ciencia como una empresa colectiva, permitir la toma de decisiones, la valoración crítica de la ciencia y existencia de actividades con el exterior). Por defecto, los textos proyectan una imagen de la ciencia empirista, acumulativa, operativa, huérfana de las interacciones ciencia-técnica-sociedad. En consecuencia, no sólo se ofrece una visión deformada de la ciencia y el aprendizaje científico sino que, además, la enseñanza de las ciencias resulta menos interesante y motivadora.

Tomando los 11 libros de texto de ciencias más usados en USA en educación secundaria, (como el BSCS -Biología-, PSSC -Física- por ejemplo), Chiang-Soong y Yager (1993) realizan un estudio similar al anterior, concluyendo que el porcentaje dedicado a los temas CTS es muy bajo (menos de 12%), más bajo en Física y Química que en Biología y decrece a medida que aumenta el nivel de los cursos. Recomiendan incrementar los tópicos CTS en todas las materias y niveles, especialmente en los cursos más altos, y poner especial atención a los más olvidados como investigación espacial, defensa nacional e ingeniería humana. Señalan como una limitación importante en los estudios cualitativos de análisis de textos la falta de un estándar que clasifique todos los tópicos CTS (este estudio empleó la clasificación de Piel, 1981).

Zoller et al. (1990) emprendieron una investigación para determinar si los objetivos CTS pueden ser alcanzados en la práctica, para lo cual administraron cuatro ítems del banco VOSTS (Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987) referidos específicamente al control social del desarrollo tecnológico, a que la sociedad influye y responde a la actividad científica, que la tecnología es una causa y un resultado de la actividad científica y a reconocer que las decisiones científicas y tecnológicas están influidas por los valores a 474 alumnos del grado 12 de British Columbia con un grupo control y un grupo experimental (que habían seguido el curso CTS ST11 ampliamente implantado en la provincia). Los resultados indican que los alumnos CTS tienen una mejor comprensión de los temas CTS y sostienen que se pueden alcanzar los objetivos CTS, especialmente comprender la interacción CTS, mejorar los conocimientos de la tecnología como aplicaciones de la ciencia y responder críticamente a los temas tecnológicos.

En otro estudio Zoller, Donn, Wild y Beckett (1991) compararon dos grupos de grado 11, 302 que habían seguido cursos CTS y 255 de cursos no-CTS empleando como instrumento seis ítems del VOSTS (Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987). No se encontraron diferencias entre los profesores, pero las diferencias entre los dos grupos de estudiantes fueron significativas. Puesto que los grupos de estudiantes diferían entre sí, pero no los profesores, concluyen que los alumnos CTS fueron educados, pero no indoctrinados por sus profesores.

Ben-Chaim y Zoller (1991) compararon 546 estudiantes de grado 11 que habían seguido tres itinerarios escolares diferentes (no-ciencias, ciencias y tecnológico) con seis ítems VOSTS (Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987) referidos a las posiciones CTS, actitudes CTS y alfabetización CTS. Los resultados muestran que ninguno de los tres itinerarios tenía una adecuada concepción CTS pero se encontraron diferencias significativas entre los tres itinerarios para las dos últimas, actitudes y alfabetización, pero no con respecto a las más cognitivas posiciones CTS. Se recomienda incluir los contenidos CTS en los cursos de ciencias y sociales de los alumnos y en la formación de los profesores.

Solbes y Vilches (1992) estudian las ideas de 212 estudiantes de 15 a 17 años sobre algunos

aspectos de las relaciones CTS mediante respuesta libre a cuestiones directas (p.e. Explica brevemente lo que es para ti un buen científico). Los resultados muestran una imagen de la ciencia alejada de los problemas reales del mundo, se desconocen las aplicaciones técnicas y las implicaciones culturales, históricas, económicas, sociales, etc. La indagación sobre el interés de las clases de Física y Química, las causas del mismo, los factores que aumentarían este interés y los tópicos que les resultarían más interesantes pone de manifiesto el poco interés hacia la enseñanza de la ciencia tal como está configurada, y el deseo de conectar ésta con la realidad, el entorno y las aplicaciones de la ciencia.

Acevedo (1994) estudia las concepciones sobre diversos aspectos CTS de alumnos preparándose para ser profesores de ciencias de secundaria, encontrando que conviven concepciones adecuadas con otras incorrectas sobre las relaciones CTS, tales como la necesidad de una alfabetización científica, una cierta visión neutral de la ciencia, se dividen en cuanto al control de la ciencia por los gobiernos, estando en contra de los sesgos sexistas en la ciencia. Sin embargo, la formación científica de todos los encuestados y la pequeña muestra usada son inconvenientes importantes a la hora de las generalizaciones.

Seguramente el estudio de la ciencia a través de programas CTS permite un estudio de la ciencia a edades más tempranas, mejora el conocimiento científico, ofrece una perspectiva más ajustada sobre la naturaleza de la ciencia y mantiene el interés de los alumnos por las ciencias. Como lección y conclusión de este período de implantación de programas de CTS se sugiere que estas se realicen en grupos locales que desarrollen, adopten y adapten los programas de CTS, aunque se necesita la colaboración de las autoridades ayudando en la realimentación y las necesidades del proceso.

Aikenhead (1994c) ha revisado las investigaciones emprendidas para la evaluación de programas CTS, dentro de las limitaciones propias de un área de investigación reciente y en desarrollo, donde sólo algunos de los muchos proyectos existentes han sido sistemáticamente evaluados. A diferencia de la enseñanza tradicional de la ciencia, centrada en el pensamiento convergente y las demostraciones experimentales, los métodos de la educación CTS están centrados en cada estudiante, trabajando en pequeños grupos, fomentando el pensamiento divergente y la actividad creativa de la discusión, el debate, la simulación, la toma de decisiones y la resolución de problemas creativa y utilizando los medios y problemas del entorno como instrumentos de aprendizaje. Existe poca investigación dedicada a validar estas estrategias de trabajo CTS, pero el trabajo de Byrne y Johnstone (1988) concluye que el trabajo interactivo en pequeños grupos (discusión, simulación, juegos educativos o desempeño de papeles) es altamente eficaz para el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia, la tecnología y la sociedad; para promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia, el análisis y evaluación de los estudios de caso históricos es eficaz; para aprender contenidos de la ciencia los métodos CTS son tan eficaces como los tradicionales.

El logro de los objetivos CTS es referido por Aikenhead (1994c) a las ocho categorías de infusión CTS referidas anteriormente. Las evidencias iniciales indican que las categorías 1 y 2 no consiguen efectos apreciables en los estudiantes; en la categoría 3 (infusión intencional de contenidos CTS) se comienza a notar logros CTS (incrementar la orientación del alumnado hacia la responsabilidad social) sin comprometer la educación tradicional en ciencia. Las categorías por encima de la 3 consiguen los objetivos más elementales de la educación CTS, de modo que los estudiantes se benefician de una aproximación CTS si se cumplen las condiciones siguientes: disponer de materiales adecuados y sintonía del profesor con el enfoque CTS.

En un reciente artículo, Yager y Tamir (1993) evalúan la eficacia del programa Iowa Chautauqua Model, centrado en el desarrollo de temas locales sociales de enseñanza CTS a través de cuatro estudios que emplean la metodología test-retest y análisis de covarianza aplicada en clases completas de alumnos control y experimentales, valorando cinco dominios de aprendizaje (conceptos, procedimientos, aplicaciones, actitudes y creatividad). Los resultados ofrecen evidencia empírica en favor de la enseñanza CTS en alumnos de todas las edades, así como en los estudiantes que se preparan para ser profesores. El crecimiento de los estudiantes CTS en los dominios de procedimientos, aplicación, creatividad y actitudes fueron significativamente mayores que sus homólogos no-CTS, concluyendo que el enfoque CTS muestra su eficacia en la mayoría de los dominios, con excepción del dominio de los conocimientos (en el cual no se obtiene resultados peores). En el caso de las actitudes se encuentran diferencias interesantes en dos subgrupos: las mujeres CTS mejoran sus actitudes tres veces más que las no-CTS; los estudiantes malos

CTS dieron actitudes más positivas. Los autores consideran que deben mejorarse algunos aspectos como desarrollar más y mejores instrumentos y procedimientos alternativos de evaluación (auto-evaluación y portafolios) y profundizar las necesidades de desarrollo de los profesores CTS y la actuación del profesor CTS en el aula (proactiva, interactiva y reflexiva).

Aunque la sensibilidad sobre la deficiente alfabetización científica de los ciudadanos y comprensión de la naturaleza de la C&T y sus interacciones con la sociedad es una preocupación que viene de lejos en la investigación, la extensión en aplicación de la educación CTS requiere el conocimiento de las preconcepciones del alumnado sobre estos temas. Se necesitan renovados esfuerzos en la mejora de este tipo de evaluaciones, porque constituyen una ayuda inestimable para el profesorado CTS en el establecimiento de la línea base de partida del alumnado, que constituye una radiografía de sus preconcepciones. Un problema importante de este tipo de evaluación reside en la adecuación (validez y fiabilidad) del instrumento de evaluación empleado, especialmente relacionado con la comprensión del alumnado de las frases ofrecidas por el investigador. En los últimos tiempos, los desarrollos de Aikenhead y Ryan (1992) y Laugksch y Spargo (1996) aportan ideas y aplicaciones nuevas relacionadas con la evaluación inicial de las preconcepciones de los estudiantes.

La extensión de la educación CTS genera en muchos profesores un sentimiento importante de temor a que la educación de sus estudiantes sufra alguna pérdida de contenidos considerados esenciales. Aikenhead (1994c) cita estudios realizados en Norteamérica (USA y Canadá) evidenciando que la pretendida contribución de los cursos de ciencia preuniversitarios al rendimiento escolar en la universidad es prácticamente irrelevante, argumento que desinfla un poco el argumento de la trascendencia de los cursos preparatorios. Así, estudiantes excepcionales de primer curso universitario de física y química, que no habían realizado el curso preparatorio para la universidad, rindieron tan bien en calificaciones, grados y actitudes como estudiantes similares que sí lo habían hecho, aunque solicitaron más ayuda tutorial que éstos. En otro estudio, el rendimiento en el primer trimestre universitario de estudiantes CTS y tradicionales no mostró diferencias. En suma, la importancia de los cursos de ciencias preuniversitarios no es tan sacralizada como pretenden muchos profesores. El miedo del profesorado a que sus estudiantes pierdan contenidos esenciales puede ser una proyección del miedo a perder el control del currículo, de los estudiantes o su propio estatus como profesor, cuya misión percibida es mantener acriticamente una cierta situación heredada dentro de su disciplina científica.

A la hora de evaluar los logros de la educación CTS debe tenerse en cuenta que el nacimiento de la educación CTS está ligada a la conciencia que la enseñanza tradicional de la ciencia se ha revelado como deficiente para producir profesionales preparados para una sociedad industrializada y democrática y equivocando al público en general defendiendo mitos sobre la naturaleza de la ciencia como la objetividad o la verdad absoluta. Aikenhead (1994c) concluye de su revisión que el alumnado CTS comparado con el alumnado no-CTS mejora significativamente la comprensión de los temas sociales de la ciencia, internos y externos, y las interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad; también mejoran significativamente sus actitudes hacia la ciencia, hacia las clases de ciencias, hacia el aprendizaje; mejoran más modestamente en aplicar la ciencia a las situaciones de la vida diaria, el pensamiento creativo y crítico y la toma de decisiones, de acuerdo al grado en que estas destrezas son practicadas y evaluadas; el rendimiento en los contenidos tradicionales de la ciencia en el último nivel preuniversitario o en la universidad no resulta afectado por la educación CTS.

La evaluación formativa del movimiento CTS es uno de los aspectos más escasamente tratados, aunque las sugerencias más comunes se dirigen a recomendar la mejora de los materiales y la preparación y desarrollo profesional del profesorado CTS, e incluso, la mejora de la metodología de evaluación de los cursos y alumnado CTS, no sólo como educación CTS sino como educación general en ciencias. Algunas cuestiones importantes como el tema de las actitudes y valores, ya analizada previamente, especialmente en lo que se refiere a las conflictivas relaciones sobre la coherencia entre las actitudes éticas y la conducta manifiesta de la persona constituyen retos para la mejora dentro de los programas CTS y a la formación y consolidación de las actitudes a través del incierto camino entre el conocimiento y la actitud. Algunas contribuciones propias podrían ser relevantes para clarificar el estatus teórico de las actitudes en el marco de la educación en ciencias en general, construido desde su estatus en la psicología social donde se han generado y desarrollado estos conceptos (Vázquez & Manassero, 1995, 1996c). El problema de la

educación de actitudes siempre consiste en determinar cual es la posición actitudinal ideal que debe potenciarse en la educación CTS; en nuestra opinión no se pueden dar pautas generales, sino analizar caso por caso, de modo que la pugna general reflejada por Solomon (1994b), entre quienes pretenden educar las actitudes positivas más extremas (radicalismo) y quienes buscan cambios moderados hacia una posición menos extrema (eclecticismo), podría ser mero bizantinismo, pues como en muchos otros casos, el contexto puede determinar decisivamente la posición más adecuada. En consecuencia, de acuerdo con Solomon (1994b) recogemos la idea de que cualquier tipo de modificación de las actitudes debe ser una reivindicación del movimiento CTS y la medida de las actitudes no es una medida de conocimiento, ni de persuasión, ni por supuesto de indoctrinación; debería ser una medida de la interiorización de la actitud, y en concreto, de su significado emotivo para la persona.

Otra de las vías de progreso de la educación CTS rompe con una línea tradicional de la investigación en la didáctica de las ciencias, como es la teoría del cambio conceptual, una expresión del constructivismo en el aprendizaje de la ciencia, que implica el abandono de las ideas previas por las ideas propias de la ciencia, mediante la demostración de su utilidad, inteligibilidad y fertilidad. Como sugiere Solomon (1994b), la vía de los dos dominios es una segunda vía constructivista, que evita al alumnado el trauma de abandonar los significados de las ideas ingenuas adquiridas desde la niñez en la experiencia de la vida diaria; el alumnado aprende en la clase de científica a moverse entre los dos dominios de conocimiento, el científico y el mundo real. La educación CTS debe cultivar la flexibilidad para moverse entre esos dominios como medio para respetar las diferentes perspectivas.

Una suprema validación de la educación CTS serían los resultados conductuales, especialmente, en lo que se refiere a la responsabilidad social como ciudadanos y a la actuación sobre el medio ambiente. Sin embargo, como ya se ha comentado en párrafos precedentes, la relación de la conducta con otros constructos se aparece como persistentemente elusiva, por lo que la interpretación de resultados observacionales conductuales debe ser siempre cauta y muy precisa en el control de las variables contextuales que pueden estar actuando sobre la conducta observada.

La aplicación de programas CTS

En los párrafos precedentes ya han ido apareciendo algunos de los problemas más comunes que se pueden plantear para llevar a cabo la instauración de un programa de educación CTS. Por un lado, resultan condiciones críticas para el éxito de la aplicación disponer de materiales adecuados para llevar a cabo el curso, y en segundo lugar, pero más importante, es necesario conseguir una sintonía del profesorado con la filosofía global del programa, especialmente si la participación del profesorado no es voluntaria.

Una consideración general que debe estar presente en cualquier aplicación es el reconocimiento que el movimiento CTS hace de la complejidad de los temas sociales, y en consecuencia, no se debe tratar de simplificar lo que por sí mismo es complicado, ni borrar las contradicciones propias de la realidad (características de la ciencia tradicional), sino enseñar al alumnado a moverse, gestionar y decidir en la realidad de las situaciones complejas propias de las situaciones de la vida real.

Algunas aplicaciones ejemplares de programas CTS evidencian la atención y apoyo al pensamiento del profesorado antes y después de la aplicación de un proyecto de química desde un modelo de investigación interpretativa (Fensham & Corrigan, 1994), o las decisiones curriculares de selección de los contenidos más valiosos de C&T que sean, a la vez, significativos en la vida diaria, para ser enseñados en un módulo sobre radiación ionizante Eijkelhof (1994), o incluso, la validación de la aplicación de un currículo CTS mediante el fortalecimiento de los lazos entre el currículo planeado y el currículo realizado y aprendido por los estudiantes, demostrando que los estudiantes pueden contribuir significativamente a la construcción del libro de texto y facilitar las decisiones de selección de contenidos, estructura y lenguaje (Aikenhead, 1994d).

NATURALEZA DE LA CIENCIA Y EDUCACIÓN

Algunas creencias ingenuas sobre la naturaleza de la ciencia encontradas en estudiantes, profesores y libros de texto, han surgido y han sido identificadas por las críticas que el pensamiento epistemológico ha dirigido sobre el inductivismo. Otras nacen del extraordinario progreso y aceleración de crecimiento de la ciencia en los últimos años, que han revolucionado la actividad investigadora respecto a las prácticas y usos habituales en los siglos pasados, o tan sólo unos lustros antes. Estas concepciones ingenuas sobre la naturaleza de la ciencia se caracterizan por exacerbar o convertir en rasgo exclusivo, o excluyente, alguna característica que la ciencia, ciertamente, cultiva o posee, pero ignorando los importantes matices con que debería complementarse tal imagen, y de esta manera contribuyen decisivamente a deformar la verdadera naturaleza de la ciencia; por ello, se considera que estas creencias son distorsiones de la ciencia con un elevado grado de contenido erróneo. Puesto que una forma de contribuir a precisar la definición de un objeto es describir lo que el objeto no es, se revisan brevemente algunas de las concepciones ingenuas más habituales sobre la naturaleza de la ciencia, como una forma de fijar, por exclusión, lo que la ciencia no es, e insistir, por contraste, en lo que sí es ciencia.

Las creencias ingenuas que, de una u otra forma, nos llevan a y provienen de los postulados del positivismo lógico han sido denominadas "cientifismo" por Nadeau y Desautels (1984), y que ha sido desglosado en cinco categorías principales:

- Realismo ingenuo: el conocimiento científico refleja la naturaleza tal como realmente es.
- Empirismo embelesado: Todo el conocimiento científico deriva exclusiva y directamente de la observación.
- Experimentalismo crédulo: la experimentación hace posible la verificación decisiva de hipótesis.
- Idealismo ciego: Los científicos son unas personas totalmente desinteresadas y objetivas.
- Racionalismo exacerbado: La ciencia alcanza gradualmente la verdad.

Sin duda, la concepción inductivista es la más clásica de las concepciones ingenuas, pues no en vano fue una filosofía que fundamentó la actividad empírica de la ciencia durante siglos, y núcleo central de lo que se ha denominado el positivismo lógico defendido por el círculo de Viena. Según esta visión, la observación y la experimentación, neutras, incontaminadas y absolutas, son la base a partir de las cuales, por inducción, se establecen las leyes que forman el conocimiento científico. El principal error de esta concepción es que se basa sobre la falacia de la validez lógica del principio de inducción, como ha demostrado y criticado ampliamente Popper (1977), entre otros. Por otro lado, esta concepción excluye otros aspectos decisivos de la ciencia, tales como el papel de las ideas y las hipótesis generadas por la mente humana como fuente de todo lo demás (observación y experimentación), el papel de la coherencia interna en el cuerpo de la ciencia, etc.

Otra concepción muy extendida es la visión algorítmica de la metodología científica, es decir, el método científico se entiende como una sucesión de etapas prefijadas (por ejemplo, las cinco o siete etapas que describen muchos libros de texto en sus primeras páginas). Según esta visión, existiría un sólo método válido para llegar al conocimiento, y éste consistiría en la repetición mecánica de una serie de procesos algoritmizados. Esta concepción deforma la verdadera naturaleza del método al ignorar la existencia de múltiples vías de acceso al conocimiento científico, el papel de la creatividad y de la casualidad, etc. ... aunque todos estos factores estén sometidos siempre a unos controles rigurosos, precisos y exigentes. En el otro extremo de esta visión algoritmizada del método estaría la posición ácrata sostenida por Feyerabend (1982), no muy alejada hoy día de lo que apuntan algunos estudios sociológicos, donde la existencia de una entidad, única o unificada, definida como método científico es cada vez menos defendida, sosteniendo más bien la idea de una pluralidad de vías hacia el conocimiento, validadas por consenso dentro de la comunidad científica (Knorr-Cetina, 1981).

Especialmente entre la gente de la calle, está muy extendida la concepción dogmática de la ciencia, que ve la ciencia como una colección de leyes que se cumplen con precisión e infalibilidad absolutas. Quizá en esta imagen influye extraordinariamente la imagen deformada de la ciencia contenida en los libros de texto; Ziman (1961) sostiene que "La física que aparece en los libros de texto es en un 90% verdadera; lo que contienen las revistas de investigación es en un 90% falso". En consecuencia, la imagen de la ciencia en el hombre de la calle, que presumiblemente accede mayoritariamente a libros de texto, es dogmática e infalible; seguramente, imbuir esta concepción a sus lectores podría ser el 10% de error asignado por Ziman a los libros de texto, suponiendo que no existen errores conceptuales de bulto

que incrementen esa tasa (lo cual una suposición benévola, a la luz de lo que informan algunos análisis de libros de texto de ciencias). La imagen del conocimiento científico que se extrae de esta visión es un conocimiento exacto, infalible y seguro para siempre. Se ignora que la ciencia ha tenido dificultades (controversias, revoluciones, etc.), tiene limitaciones en la validez de sus leyes y modelos, existen preguntas que no sabe responder (todavía), mantiene abiertas vías de investigación que son contrapuestas, en su cuerpo de conocimientos a veces coexisten teorías en competencia (que predicen resultados contradictorios sobre un mismo fenómeno), imperfectas, inacabadas, etc. El conocimiento científico dista mucho de esa imagen dogmática, y por el contrario es siempre provisional, variable y controvertible.

La concepción dogmática y su confianza ciega en la infalibilidad del conocimiento, una vez establecido, contiene implícitamente otra concepción absolutamente contraria al espíritu y filosofía del método científico, y que hasta cierto punto se podría decir que es su esencia y la causa principal de su éxito fulgurante. Como es conocido, la ciencia moderna nace cuando las ideas del "filósofo" por antonomasia sobre la naturaleza, dogmatizadas durante años por su aplastante lógica interna, fueron sometidas a crítica y contrastadas con la experiencia externa del mundo natural; la base de la ciencia es este espíritu crítico que somete a escrutinio todas las ideas, y con independencia de la autoridad y poder de la persona que las sostiene. La concepción acrítica, caracterizada por aceptar el conocimiento sin someterlo a crítica, va en contra de esta visión escéptica de la ciencia. Se deforma así la comprensión de la principal cualidad de la naturaleza de la ciencia, cual es el cuestionamiento sistemático y continuo, incluso de lo más obvio y de sentido común, como la clave y fuente del progreso científico. Esto es lo que se ha llamado el escepticismo organizado de la ciencia (Merton, 1977) y que ha sido expresado bellamente por Richard Feynmann (1969), uno de los físicos contemporáneos más lúcidos y creativos, con las siguientes palabras: "Ciencia es descubrir que es valioso recomprobar mediante nueva experiencia y no solo necesariamente confiando en la experiencia del pasado" o más crudamente "Ciencia es la creencia en la ignorancia de los expertos", y en su corolario aplicado a la enseñanza de la ciencia "Es necesario enseñar (ciencia) a la vez aceptando y rechazando el pasado con una especie de equilibrio que necesita una capacidad considerable. Contiene la lección del peligro de creer en la infalibilidad de los más grandes maestros de la generación precedente".

Otra de las concepciones ingenuas sobre el progreso científico se refiere al carácter (exclusivamente) acumulativo del cuerpo de conocimiento a medida que se construye. Debe precisarse que la idea de construcción por acumulación en principio, tiene una cierta validez, pero si se entiende excluyentemente es el origen de lo que se podría denominar la concepción exclusivamente acumulativa de la ciencia. Según esta perspectiva, el conocimiento científico crece exclusivamente como una acumulación de conocimientos, de modo que se ignora que la evolución de la ciencia no es lineal, sino que tiene discontinuidades, más o menos intensas, a veces mediante revoluciones que dan la vuelta a muchas ideas anteriores, que ha tenido errores y confusiones, que ha sufrido crisis que remodelan y renuevan las ideas, etc. Los análisis históricos indican que raramente se da el caso tan simple que la teoría nueva esté contenida en la vieja, que las consecuencias confirmadas de la vieja sea un subconjunto de la nueva o la vieja sea un caso límite de la nueva. El progreso también existe cuando, al lado de ganancias se producen también pérdidas explicativas o de contenido inevitables. el conocimiento de la importancia o del número relativo de los problemas puede permitir especificar circunstancias bajo las cuales es progresivo perder la capacidad de resolver determinados problemas. Las sustituciones de las teorías científicas son, generalmente, no acumulativas, esto es, no preservan estrictamente todo el contenido anterior. Por tanto, la concepción exclusivamente acumulativa que lleva a una ciencia de progresión lineal es una sobresimplificación de la historia de la ciencia, que ignora la evolución histórica que ha tenido la ciencia realmente, borrando los aspectos particulares, y de este modo las ciencias se endurecen eliminando todo lo que tienen de relatividad histórica (Stengers, 1987).

La ciencia se ha caracterizado por realizar una reconstrucción de sí misma muy económica, dominada por las ideas y teorías vencedoras y donde se han eliminado las ideas perdedoras, que resulta demasiado simplista y conduce directamente a la deformación del progreso lineal y acumulativo. Así, la descripción de las secuencias históricas de eventos científicos que conducen a un paradigma dominante son altamente selectivos, con varios niveles de simplificación. Un primer nivel eliminaría las controversias preparadigmáticas entre teorías rivales, lo cual produce la imagen de la evolución lineal

desde el pasado al paradigma presente y excluye que los científicos tengan ideas diferentes de aquellas por las que son recordadas. Otro posible nivel de simplificación consiste en reducir la evolución del pensamiento de un científico, desde ideas inmaduras a otras maduras, de modo que este concepto de madurez científica excluye la posibilidad de tener ideas inmaduras posteriores a las maduras. Otro nivel de simplificación alcanza a las personas: los científicos perdedores son olvidados, y los científicos no olvidados son tamizados, de modo que sus ideas incómodas no son registradas. Un último nivel de simplificación llegaría hasta los colaboradores de los científicos triunfadores, de los cuales se resaltaría su papel de apoyo al paradigma, pero serían tachados de desviacionistas si sostenían ideas contrarias en otras áreas de conocimiento (Bizzo, 1993). Parece obvio que todas estas visiones deformadoras de la evolución de la ciencia pueden influir especial y seriamente en el contexto de la enseñanza de la ciencia.

Por otro lado, la imagen de los científicos en los medios de comunicación ha propagado una concepción individualista o de torre de marfil: las anécdotas personales de científicos famosos, entre otras, exaltan excesivamente el papel individual, las características exclusivamente personales, el aislamiento y el trabajo escondido (el mito del científico aislado y abstraído en su torre de marfil) como fuente de los descubrimientos, deformando el carácter, público, esencialmente colectivo y de equipo de la empresa científica. Realmente el problema que plantea esta concepción es un poco más profunda, y se refiere a la existencia de una ciencia privada, la que se realiza en los laboratorios y se comunica informalmente en conversaciones, cartas y notas personales, y una ciencia pública, que es la ciencia que encontramos en las revistas, informes en congresos, libros de textos, conferencias, etc. El problema de ambos tipos de ciencia es que cultivan valores muy diferentes y, por tanto, pueden tener características casi opuestas; así, mientras la ciencia pública se esfuerza por aparecer como exacta, sistemática, ordenada, objetiva, abierta e imparcial, la ciencia privada aparece como imprecisa, desordenada, contingente, subjetiva, cerrada y sesgada a los ojos de los sociólogos que la han analizado (Latour, 1992; & Woolgar, 1991).

La transmisión de una ciencia centrada en leyes y conceptos, descontextualizada y huérfana de su tiempo histórico, produce el mito de la neutralidad de la ciencia, es decir, la creencia simplista que el conocimiento científico se construye asépticamente, inmune, y al margen de cualquier influencia espuria. Ciertamente, la revolución científica del XVII supuso un paso enorme en la liberación del pensamiento de los aspectos más subjetivizados, aunque sería ingenuo pensar que todos estos elementos desaparecieron súbitamente de la investigación científica. Por el contrario la sociología histórica de la ciencia ha mostrado la existencia de razonamientos científicos desviados, sesgos en las observaciones, componentes afectivos, religiosos, económicos, políticos, que se eliminan de la comunicación científica para no ofrecer más que una imagen abstracta con pretensiones de neutralidad, que podría deslumbrar a los no iniciados (Fourez, 1994). Por el contrario, las complejas y profundas interacciones e influencias mutuas entre la sociedad y la ciencia, entre la sociedad y los científicos, entre la sociedad y las ideas dominantes en la ciencia demuestran una interacción continua, natural y legítima, entre la ciencia y la sociedad (Catalán & Catany, 1986).

La excesiva complejidad alcanzada por el conocimiento científico ha producido, en lo que Bunge (1980) denomina la materialidad de la ciencia, por contraste con su parte conceptual o intelectual, la acotación de ramas y áreas especializadas, con personalidad burocrática que llegan a funcionar como compartimientos estancos en muchos aspectos; además junto con la dificultad del aparato técnico y matemático necesario para describir las teorías científicas más intrincadas, ofrecen una visión de la ciencia donde la forma se hace más importante que el fondo, trastocándolos, y originando una concepción formalista de la ciencia. El formalismo en la enseñanza de la ciencia contribuye especialmente a promover una visión de la ciencia difícil y elitista, refractaria e insatisfactoria para muchos estudiantes, y a esconder la importancia del principio de parsimonia, es decir, la búsqueda de la simplicidad, unificación y coherencia que caracterizan a la ciencia; la ciencia funciona como un sistema económico de pensamiento que une, a la vez, la representación y la comunicación más económica del mundo y la naturaleza.

La situación de ausencia de un principio de inducción que garantice la verdad del conocimiento ha decantado dos posiciones extremas, que se han denominado utopismo y pesimismo epistemológico. El utopismo mantiene la creencia en una cierta certeza del conocimiento, a través de una élite de personas depositarias de la autoridad, etc., mientras que el pesimismo relativiza la verdad a su valor instrumental

buscando su salvación en tradiciones seguras. Ambas posiciones terminan fiando la autoridad del conocimiento en la autoridad de elites, depositarias de la autoridad y las tradiciones de investigación.

En suma, la naturaleza de la ciencia es conceptual, social e históricamente dialéctica, resultado de una tensión entre polos contrarios, tales como provisional/definitivo, revisable/estable, realista/instrumentalista, objetiva/subjetiva, público/privado, irreproducible/replicable, exacta/probabilística, humanística/idealista, contextualizada/neutra, única/múltiple, holística/parcial, amoral/moral, empírica/teórica, creativa/algoritmizada, simple/compleja, verificable/falsable, abierta/cerrada, parcial/imparcial, inductiva/hipotética, falible/dogmática, acumulativa/evolucionista, colectiva/individual, formal/parsimoniosa.

Ciertamente, las anteriores categorías, empleadas para describir con una cierta sistematización las concepciones más comunes sobre la ciencia, no constituyen en modo alguno una taxonomía cerrada ni disjunta; antes al contrario, resultan obvias su interrelación y superposición en muchos casos.

Las investigaciones desarrolladas sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia por los alumnos coinciden consistentemente en que los alumnos estudiados (generalmente desde secundaria a universidad) exhiben en altas proporciones una comprensión inadecuada de la misma (Cooley & Klopfer, 1961; Korth, 1969; Rubba & Anderson, 1978). Las aplicaciones sucesivas de la NSKS (Rubba, 1977; Rubba & Anderson, 1978) encontraron que la tercera parte de los estudiantes preuniversitarios creían que la investigación científica demostraba verdades absolutas e incontrovertibles (que se bautizó como "el mito de la verdad absoluta"), y que las teorías científicas, con su confirmación a través el tiempo, se convertían en leyes (que se etiquetó como "la fábula de que las leyes son teorías maduras").

Las investigaciones más recientes sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia confirman los hallazgos de los primeros tiempos (Lederman, 1992, p. 334), lo cual, es un indicador significativo de la dificultad de la educación en ciencias para alcanzar el objetivo de que los estudiantes tengan una adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia. Aunque se podría argüir que los instrumentos de evaluación tienen problemas de validez y fiabilidad, resulta abrumadora y significativa la coincidencia en los resultados obtenidos empleando instrumentos diferentes: los estudiantes no alcanzan una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia, ni siquiera después de años de estudiar asignaturas de ciencias, ni tampoco cuando se consideran los alumnos de más alto rendimiento en ciencias (Rubba, Horner y Smith, 1981), y, en el mejor de los casos, esta comprensión es incompleta e inconsistente, ya que aunque a veces aparece la comprensión de algún aspecto, ésta no asegura la comprensión de otros.

En la educación en ciencias, la inadecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia por los estudiantes ha sido uno de los fracasos más importantes de las reformas curriculares desarrolladas en muchos países en los años 60s y 70s. Como causas de este fracaso se diagnosticaron dos factores, la inadecuación de los currículos de ciencias para asumir el objetivo de comprensión de la naturaleza de la ciencia, y por otro lado, las concepciones de los profesores, como mediadores de ese currículo; ambas causas han generado dos líneas de investigación paralelas, un movimiento de renovación de los currículos de ciencias, donde ha surgido con fuerza el paradigma CTS como un elemento central, y la atención al pensamiento del profesor.

Naturaleza de la ciencia y currículo

Un currículo que permita a los estudiantes alcanzar una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia debería cumplir fundamentalmente dos condiciones que parecen obvias:

1. El currículo debe afrontar explícita y directamente el tema de la naturaleza de la ciencia y proporcionar información y actividades relevantes y significativas para ello.
2. El currículo debe estar libre de errores que sugieran, aunque sea indirectamente, concepciones erróneas o contrarias a una adecuada visión de la naturaleza de la ciencia.

El análisis de las relaciones entre algunos currículos de ciencias y la comprensión adecuada por los estudiantes de la naturaleza de la ciencia realizada por Meichtry (1993) sugiere algunas ideas interesantes.

En primer lugar, el lenguaje empleado es trascendental para la concepción de la ciencia que se quiera transmitir. Así, las dos concepciones de la ciencia "realismo" (la descripción que da la ciencia del

mundo se corresponde absolutamente con lo que el mundo es realmente; serían verdades absolutas) o "instrumentalismo" (la descripción científica es un medio o instrumento para ordenar la percepción del mundo; no es verdadera o falsa en sentido absoluto, sino más o menos útil) se pueden deducir del lenguaje empleado en los libros de texto para describir fenómenos o actividades, incluso en textos que no abordan el tema específico de la naturaleza de la ciencia (Munby, 1976).

La ciencia no sólo permite verificar y comprobar el conocimiento, sino que también genera nuevo conocimiento; otro defecto común de los libros de texto es desequilibrar ambos aspectos, enfocándose casi exclusivamente sobre los procesos que verifican una teoría y olvidando los procesos dirigidos a crear conocimientos nuevos (Duschl, 1990).

Por último, entre las condiciones de enseñanza del currículo el ritmo alto y el excesivo volumen de material conducen a una visión de la ciencia como un conjunto inconexo de conceptos y principios entre los alumnos, y que oscurece cualquier otra visión que se pueda intentar. El impacto de un ritmo excesivamente rápido, abrumar a los estudiantes con una jerga complicada y un gran volumen de contenidos impiden que estos alcancen ningún aprendizaje significativo, y en consecuencia, no se puede esperar ni siquiera la comprensión necesaria que caracteriza la alfabetización científica.

Además, currículos y libros de texto que se proponen asumir como objetivo la comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia alcanzan pobres resultados con los alumnos e incluso su propio desarrollo curricular tiene deficiencias respecto a la complejidad del objetivo. Meichtry (1993) lo atribuye a que el desarrollo curricular de la naturaleza de la ciencia es incompleto o parcial. Así, a los materiales PSSC (Physical Science Study Committe) se les achaca no ser demasiado explícitos sobre el objetivo, presentar las leyes como inmutables, y, en las actividades de laboratorio, no dejar lugar a la creatividad de los alumnos para emitir hipótesis o diseñar procedimientos. Al proyecto CHEM (Chemical Education Materials Study) le falta atención a las ideas creativas que guían la investigación científica y oportunidades para la observación, descubrimiento o resolución de problemas por los estudiantes. Los materiales BSCS (Biology Science Curriculum Study) tratan explícitamente la naturaleza de la investigación científica, pero sin embargo, no enfatizan correctamente el origen de los problemas, los cuales se ofrecen, directamente, como obvios a los estudiantes, careciendo estos de oportunidades para formular sus propios problemas. En resumen, estas críticas subrayan la importancia de que los estudiantes tengan oportunidades para mostrar su propia creatividad en el desarrollo curricular (planteando problemas, emitiendo hipótesis, proponiendo observaciones, diseños o soluciones, etc.) para alcanzar una adecuada comprensión de la naturaleza del conocimiento científico.

El desarrollo, uso y aplicación de nuevos currículos diseñados especialmente para mejorar las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia ha ofrecido resultados ambiguos, ya que aunque se han continuado obteniendo resultados negativos, también se han informado algunos resultados positivos.

Entre los resultados negativos, por la importancia de la muestra (3,500 alumnos de grados 9 a 12) y los métodos contrastados (BSCS, CHEM Y PSSC) cabe citar el estudio de Tamir (1972), empleando también el inventario de Welch (1966); sólo obtuvo diferencias en favor del método BSCS en relación con los otros dos, mientras que las diferencias entre los grupos control y experimental, totales y por centros, no obtuvieron resultados favorables. La evaluación nacional del progreso educativo en USA que compara el período 1969-1985, en lo que se refiere a la naturaleza de la ciencia obtiene algún avance en secundaria pero observa un estancamiento en primaria (Mullis & Jenkins, 1988). Los efectos de un programa innovador desarrollado por BSCS fueron evaluados por Meichtry (1991) con la escala NSKS modificada sobre 1,300 estudiantes de 12 a 14 años; los resultados indicaron que los estudiantes no tenían una concepción adecuada sobre la naturaleza del conocimiento científico.

Entre los estudios que han encontrado resultados esperanzadores se puede considerar pionero el estudio de Aikenhead (1979) con alumnos de grados 11 y 12 y empleando el inventario de Welch (1966) y el test de Korth (1969) que obtuvo ganancias significativas entre las puntuaciones pre- y post-tests de ambos instrumentos. Con posterioridad, Lederman (1986), usando la escala NSKS de Rubba, empezó a poner en duda la creencia popular que profesores y alumnos tuvieran concepciones inadecuadas de la naturaleza de la ciencia, y en un estudio subsiguiente, más amplio y profundo y combinando pruebas con entrevistas, Lederman y O'Malley (1990) encuentran que los estudiantes asumen, por ejemplo, el concepto

de provisionalidad del conocimiento científico, pero sorprendentemente, son incapaces de identificar las causas de este cambio, que desde luego no está relacionado con la instrucción escolar.

Una posible explicación de las diferencias obtenidas en estos estudios se ha dirigido a definir de una manera más precisa y ajustada de lo que se entiende por una adecuada concepción de la naturaleza de la ciencia. Lederman (1986) ha sugerido una estructura próxima a la propuesta por Rubba (1976): el conocimiento científico se caracterizaría por ser amoral, creativo, evolutivo, parsimonioso, comprobable y unificado. Otra posible explicación que puede estar en la base de algunos resultados sería el empleo de muestras sesgadas, ya que algunos estudios se emplean estudiantes orientados ya en estudios de ciencias (Lederman, 1986), o muy especializados (Rubba et al., 1981); en vistas del objetivo de alcanzar una alfabetización científica para todos los ciudadanos, la comprensión adecuada de la naturaleza de la ciencia debería ser también un objetivo desde los cursos más elementales y comunes de ciencias, y por tanto, las muestras deberían referirse a toda la población general.

La revisión realizada sobre el estado de la comprensión de la naturaleza de la ciencia evidencia que la mayoría de los estudiantes posee una comprensión inadecuada. Asimismo, algunos materiales curriculares extranjeros analizados resultan también inadecuados para facilitar a los estudiantes esta comprensión y se admite que un currículo que no refleje con precisión y adecuación estos constructos provocará un efecto negativo sobre los estudiantes. Por tanto, es necesario que los currículos cuiden los detalles resaltados en la investigación, y comentados antes, y que la metodología empleada en clase sea la más propicia para lograr la comprensión sobre la naturaleza de la ciencia y facilitar la alfabetización científica.

Naturaleza de la ciencia y profesorado

La importancia del profesor de ciencias como factor influyente en la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia, surge de la diferente eficacia observada de un mismo currículo con diferentes profesores, y está muy relacionado también con las variables de clase, que se suponen bajo el control del profesor, y que, en toda la literatura didáctica, siempre se han considerado como moduladores e influyentes universales sobre el aprendizaje, tales como la metodología en el aula, las experiencias directas con los fenómenos, actividades escritas o manipulativas, etc. (ver una simple revisión en Piburn & Baker, 1993).

En líneas generales, los estudios de evaluación realizados sobre las concepciones de los profesores han indicado que tampoco ellos tienen un nivel adecuado de conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia, y suponiendo que no se puede enseñar lo que no se conoce, se trató de diseñar programas para mejorar la comprensión de los profesores de la naturaleza de la ciencia. Sin embargo, los resultados de esta línea también han sido equívocos (Lederman, 1992); en particular, dos supuestos implícitos en esta línea de investigación, no evidentes ni demostrados, han sido el blanco de las críticas:

- 1) la comprensión de los profesores de la naturaleza de la ciencia influye en las concepciones de sus alumnos
- 2) la comprensión de los profesores de la naturaleza de la ciencia influye sobre las decisiones y conductas de los profesores cuando enseñan.

Ninguno de estos dos supuestos han podido ser demostrados, de manera que la conclusión debería ser que la inversión en formación de profesores no resultaba rentable, puesto que la simple posesión por los profesores de un conocimiento adecuado no garantiza su traslación a la práctica de la enseñanza en el aula, ya que esta es mediatizada por un complejo conjunto de variables situacionales.

La comprensión de la naturaleza de la ciencia por profesores es abordada por Pomeroy (1993), por citar un estudio muy reciente, donde se compara la visión tradicional (mito baconiano, empiricista, objetiva, positivista) frente a una visión no tradicional (intuitiva, evolutiva, empresa colectiva, etc.) en una muestra de profesores formada por científicos, profesores de secundaria y de primaria; los resultados indican que el grupo de científicos tiene la visión más tradicional, y los profesores de primaria tiene una visión no tradicional, explicando las diferencias porque una formación más científica conduce a una ciencia privada más tradicional y positivista, en tanto que la formación de los profesores de primaria, basada en cursos sobre ciencia más informales y vanguardistas y la experiencia docente, favorecería una

visión no tradicional. Mitman, Mergendoller, Marchman y Parker (1987) observaron 11 profesores de biología en sus clases de grado 7 para comprobar el grado en que trataban los componentes de la alfabetización científica (interacciones entre ciencia y sociedad, historia y actitudes) verificando que casi nunca los tocaban; los estudiantes percibían que la explicación de contenidos era el objetivo principal de la clase.

Como en el caso del currículo, el lenguaje del profesor es un factor de primer orden en la transmisión de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia, por ejemplo, la perspectiva realista o instrumentalista, ya que además, este lenguaje es la referencia principal con la cual los alumnos formulan sus propias concepciones (Lederman & Zeidler, 1987).

Un extenso y profundo estudio realizado por Lederman y Druger (1985) encuentra que las variables que influyen más en el cambio de las concepciones globales sobre la naturaleza de la ciencia son las buenas presentaciones de los profesores (agradables, de apoyo, que usaban anécdotas en clase) y que ofrecen contenidos más profundos, amplios y precisos. Las variables más importantes que influyen en la comprensión de la naturaleza de la ciencia por los estudiantes se refieren al tipo de actividades, las decisiones y la forma de enseñar en la clase, siendo las más favorables la insistencia en destrezas de razonamiento, resolución de problemas, enseñanza orientada como investigación y plantear preguntas de alto nivel, dentro de un ambiente de apoyo, de riesgo y de libertad.

Una investigación general sobre las actitudes de alumnos (1564, grado 10) relacionadas con la ciencia y la enseñanza/aprendizaje de ciencias en la escuela, llevada a cabo por Ebenezer y Zoller (1993), resalta el estilo del profesor como el determinante más importante de las actitudes. Combinando métodos cualitativos y cuantitativos encuentran que los alumnos perciben la enseñanza de las ciencias como el estudio de los apuntes del profesor aunque preferirían estar más activos y participativos en la clase y observan que la percepción de y las actitudes hacia la ciencia apenas varían en un período de tres años (1986-89), aunque se han incorporado elementos constructivistas y de CTS en el currículo. Concluyen que debe mejorarse el estilo de enseñanza de los profesores para que los factores constructivistas/CTS logren sus objetivos.

Desde la perspectiva de la intervención del profesor, la investigación sobre la comprensión de la naturaleza de la ciencia se podría incardinar dentro de un paradigma de investigación pedagógico más amplio, centrado en el pensamiento del profesor, que basa la formación del profesor en el conocimiento de la estructura y contenidos específicos de las disciplinas y simultáneamente también del conocimiento de contenido pedagógico (Shulman, 1986). Young y Kellogg (1993) evidencian las deficiencias de la formación universitaria de los profesores de primaria en lo que respecta a las ciencias, a través de un análisis cualitativo de la descripción de su historia de formación en ciencias con un grupo de profesores en formación; los estudiantes toman un número mínimo de cursos y créditos de ciencia, concluyendo que debe insistirse en dar visiones de la ciencia básicas y asequibles, acabar con el gran volumen de contenidos desconectados y aumentar la aplicación de principios en el laboratorio. Ruggieri, Tarsitani y Vicentini (1993) estudian las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de un grupo de profesores de ciencias en formación, graduados en Física, de tres países latinos (Italia, Argentina y Uruguay), encontrando que la imagen de la ciencia implícita que poseen se corresponde con el tipo de educación científica recibida (Física), aunque sin reflexión epistemológica: coherencia lógica, rigor, racionalidad, correspondencia con los resultados experimentales, causalidad y reproducibilidad.

En resumen, la adecuada comprensión de la naturaleza de la ciencia depende profundamente de la tarea del profesor y de las variables de clase que él, como diseñador del currículo, controla (método de enseñanza, ambiente, relaciones, etc.).

CAPÍTULO 6. MÉTODO

En este apartado se describe la metodología aplicada en la realización de esta investigación, y que comprende los criterios de selección y composición muestrales, la descripción de los instrumentos utilizados, el procedimiento seguido en la aplicación de los instrumentos a la muestra seleccionada, y por último, las variables utilizadas y los procedimientos del análisis de datos.

MUESTRA

La muestra de alumnado estudiada está compuesta por 4,132 estudiantes de todos los niveles y modalidades del sistema educativo (titulados, universitarios, y pre-universitarios), existentes en el momento de la aplicación de los cuestionarios (años 1995 y 1996), en la isla de Mallorca.

En ese momento, en los niveles pre-universitarios se está implantando la reforma educativa emanada de la Ley General de Ordenación del Sistema Educativo (LOGSE), aprobada por el parlamento español en 1990, de modo que la situación del sistema educativo en los niveles pre-universitarios era una mezcla de los estudios del sistema educativo anterior regulado por la Ley General de Educación de 1970 (enseñanza básica o EGB y enseñanzas medias con bachillerato BUP y formación profesional, FP), junto con los niveles y modalidades que se habían comenzado a implantar de la LOGSE, que son el primer ciclo de de la educación secundaria obligatoria (ESO) y la implantación anticipada del segundo ciclo de la educación secundaria obligatoria (ESO) y de las modalidades de bachilleratos.

La naturaleza de los temas tratados en los cuestionarios y que los alumnos debían trabajar leyendo para contestar, planteaba una limitación en la edad mínima de los alumnos participantes. Se consideraba necesario que la participación no supusiera un trabajo demasiado pesado para profesores y alumnos, así como que los alumnos tuvieran una formación y capacidad adecuadas para comprender las cuestiones y los temas planteados en los cuestionarios. Teniendo en cuenta estos condicionantes se decidió aplicar los cuestionarios a alumnos desde el primer curso del segundo ciclo de la ESO (equivalente al primer curso de BUP). En cada uno de los diferentes tipos de estudios y niveles se seleccionó aleatoriamente una muestra, condicionada por la facilidad de acceso de los investigadores, ya que para facilitar el trabajo de campo se seleccionaron grupos de alumnos completos en todos los centros de aplicación. En resumen, las directrices aplicadas en la selección de la muestra ha buscado la representatividad de la compleja situación de la diversidad de estudios y modalidades en las enseñanzas medias: en primer lugar, la selección de participantes se hace por grupos-clase (muestreo por cuotas), para facilitar la aplicación de los cuestionarios; en segundo lugar, la selección de grupos se hizo al azar entre todos los niveles existentes en el sistema educativo en ese momento "aproximadamente" proporcional a la población de cada estrato, ante la inexistencia de datos estadísticos previos seguros (muestreo estratificado con afijación aproximadamente proporcional).

La muestra de profesorado está formada por 654 profesores de todos los niveles y especialidades educativos, infantil y primaria, secundaria y universidad. La composición de las muestras de profesorado y alumnado por grupos de exposición a la ciencia, nivel educativo y género puede verse en las tablas de respuestas del Apéndice.

INSTRUMENTO

Los instrumentos aplicados en este estudio están formados por un conjunto de cien cuestiones de elección múltiple, extraídas de las cuestiones elaboradas por Aikenhead, Ryan & Fleming (1989) y Rubba & Harkness (1993). El banco final utilizado para construir los cuestionarios de esta investigación está formado por noventa y dos cuestiones procedentes del primer estudio y ocho cuestiones del segundo estudio citados.

Las ocho cuestiones procedentes de Rubba & Harkness (1993) son la versión en castellano de los cuestiones originales propuestas por estos autores (numeradas 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 en el estudio original), ya que existen otras cuestiones en este estudio que no son originales, ya que están tomadas también del primer estudio citado (cuestiones 1, 3 y 4). Las ocho cuestiones citadas se encuentran

identificadas en la tabla de especificaciones del instrumento mediante un asterisco.

Las noventa y dos cuestiones tomadas del primer estudio citado son la versión en castellano de los ítems propuestos por esos autores, pero con algunas modificaciones en algunos de ellos. La principal modificación se refiere a algunas cuestiones reiterativas (cuestiones con el mismo texto que sólo se diferencian en una palabra o un ejemplo) que se han sintetizado y resumido en un número de cuestiones menor (tal es el caso de las cuestiones con prefijo de referencia 402, 602, 704 y 801). Otras modificaciones menores se refieren a la traducción de palabras concretas; por ejemplo, se ha sido sustituido la mención a Canadá, o lo canadiense, por menciones genéricas a un "país" o "nuestro país". Esta mención genérica hace el cuestionario más universal y podría servir para ser aplicable en cualquier país.

Para identificar cada una de las cuestiones se ha seguido el mismo sistema empleado por Aikenhead, Ryan & Fleming (1989). Cada cuestión viene codificada por 5 dígitos, el primero de los cuales es un descriptor del tema principal CTS al que se refiere; los dos dígitos siguientes describen el subtema CTS correspondiente, dentro del tema principal; los dos dígitos finales describen el orden de las distintas cuestiones dentro de cada subtema. La tabla adjunta describe el esquema conceptual del banco global de todas las cuestiones preparadas para construir los cuestionarios finales aplicados, así como las cuestiones pertenecientes a cada uno de los subtemas. Se señalan con un asterisco las ocho cuestiones tomadas de Rubba & Harkness (1993).

Las cuestiones tienen un formato similar, que se inicia con un pie de unas pocas líneas, donde se plantea el problema sobre el cual se desea conocer la opinión del encuestado, seguido de una lista de alternativas, cada una de ellas identificada correlativamente con una letra, que ofrecen todo un abanico de diferentes opiniones sobre el tema planteado. En algunos casos, cuando la lista de opiniones alternativas es larga, o el texto extenso, estas opiniones se ofrecen agrupadas, para facilitar la lectura, la comprensión y la elección, mediante la inclusión de alguna frase intermedia, que divide en grupos el abanico completo de alternativas, por ejemplo, las que están a favor y las que están en contra.

Para hacer manejable y razonable la aplicación por escrito al alumnado de las cuestiones contenidas en el banco de ítems, éstos deberían tener tiempo suficiente de contestar las cuestiones sometidas a su consideración (ya que no se trata de una prueba de velocidad), sin necesidad de llegar a la fatiga. La aplicación de las cuestiones al alumnado se realizó en sus grupos clase por alguno de sus profesores y por personas del equipo preparadas para ello. Para no hacer excesivamente pesada la aplicación de pruebas de papel y lápiz y favorecer la participación voluntaria de los estudiantes, una de las condiciones principales es que las pruebas sometidas a la consideración y lectura del alumnado no sean excesivamente largas de modo que el tiempo dedicado a su cumplimentación no cause excesiva fatiga. Desde el punto de vista práctico, puesto que los períodos de clase suelen ser de unos cincuenta minutos, para aprovechar mejor este tiempo, las cuestiones del banco se dividieron en seis cuestionarios diferentes, identificados por números del uno al seis. Los cuestionarios #1, #2 y #6 tienen diecisiete cuestiones cada uno de ellos, mientras que los cuestionarios #3, #4 y #5 tienen dieciocho cuestiones. Todas las cuestiones en cada cuestionario son diferentes de las de cualquier otro cuestionario, con la excepción de una pregunta, la #60521 referida a cuestiones de género y ciencia, que está presente en todos ellos. Las distintas cuestiones se han repartido al azar por cada uno de los seis cuestionarios con el criterio prioritario de que en cada cuestionario exista un número aproximadamente igual de cada dimensión; puesto que, en la práctica, esto es imposible de conseguir con total exactitud, debido al irregular número de cuestiones existentes en cada dimensión, como criterio secundario se ha intentado balancear unas dimensiones con otras y con la extensión global de cada cuestionario. En el Apéndice se incluye el texto de cada una de las cuestiones junto con los resultados obtenidos de las respuestas de alumnado y profesorado.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento seguido para la aplicación de los cuestionarios, como se ha dicho, ha sido una aplicación colectiva, en los grupos clase de los alumnos, obtenidos mediante los criterios explicados en la selección de la muestra. La aplicación de los seis tipos distintos de cuestionarios se ha balanceado en cada

grupo, y entre hombres y mujeres. Para ello se realizó una distribución aleatoria de cada tipo de cuestionario, estratificada por subgrupos de género, a los hombres por un lado y a las mujeres, por otro; es decir, el subgrupo de hombres y el subgrupo de mujeres de cada grupo recibe aleatoriamente el mismo número, aproximado, de cada tipo de cuestionarios. De esta manera, los hombres y las mujeres, de cada grupo, contestan, aproximadamente, el mismo número de cuestionarios de cada tipo.

La cumplimentación de los cuestionarios por el profesorado se ha realizado mediante autoaplicación, empleando sólo dos de los seis cuestionarios elaborados (#3 y #4); cada persona recibe un cuestionario y una hoja de respuestas con las instrucciones necesarias para su cumplimentación, encargándose ella misma de decidir su participación en el estudio, contestar y devolverlo al equipo de investigación. El procedimiento usado para llegar al profesorado ha sido el envío por correo y el contacto personal con grupos o personas. Debido a ello, la mortalidad experimental fue muy elevada, estimándose que el número de profesores solicitados ha sido cuatro veces superior a la muestra obtenida; además de requerir un mayor esfuerzo para completar las muestras diseñadas previamente, la configuración final de las muestra ha resultado un poco más aleatoria, ya que es imposible controlar estrictamente las características del profesorado finalmente participante en el estudio a través de la decisión de contestar el cuestionario.

Las personas participantes marcaban sus respuestas en una hoja de respuestas que contenía una parrilla con letras preparada al efecto, para facilitar la contestación, junto con unas breves línea de presentación e instrucciones para contestar. Además de las respuestas correspondientes a las letras que identifican cada una de las opiniones o posiciones sobre cada cuestión, se ofrecen también tres alternativas, (codificadas numéricamente 1, 2, y 3) para reflejar los casos en que no se entiende la pregunta (1), no se sabe suficiente sobre el tema planteado (2) o ninguna de las opciones satisface básicamente la actitud del que responde (3). Las respuestas del alumnado han sido codificadas directamente desde las hojas de respuesta en una base de datos informatizada, donde las estas respuestas son analizadas estadísticamente.

Tabla . Tabla de especificaciones de las cuestiones según el tema CTS al que se refieren. (Las cuestiones con asterisco han sido adaptadas de Rubba & Harkness, 1993).

| TEMAS | SUBTEMAS | CUESTIONES |
|--|------------------------------|--------------------------------------|
| DEFINICIONES | | |
| 1. <u>Ciencia y Tecnología</u> | 01. Ciencia | 10111, 10113* |
| | 02. Tecnología | 10211 |
| | 03. I+D | 10311 |
| | 04. Interdependencia | 10411, 10412*, 10413*, 10421, 10431* |
| SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA | | |
| 2. <u>Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/ Tecnología</u> | 01. Gobierno | 20111, 20121, 20131, 20141, 20151 |
| | 02. Industria | 20211 |
| | 03. Ejército | 20311, 20321 |
| | 04. Ética | 20411 |
| | 05. Instituciones educativas | 20511, 20521 |

| | | |
|---|---|-----------------------------------|
| | 06. Grupos de interés especial | 20611 |
| | 07. Influencia sobre científicos | 20711 |
| | 08. Influencia general | 20811*, 20821* |
| 3. <u>Influencia triádica</u> | 01. Interacción Ciencia/ Tecnología/ Sociedad | 30111 |
| 4. <u>Influencia de Ciencia/ Tecnología sobre la Sociedad</u> | 01. Responsabilidad social | 40111, 40121, 40131, 40142, 40161 |
| | 02. Decisiones sociales | 40211, 40221, 40231 |
| | 03. Problemas sociales | 40311, 40321 |
| | 04. Resolución de problemas | 40411, 40421, 40431, 40441, 40451 |
| | 05. Bienestar económico | 40511, 40521, 40531 |
| | 06. Contribución al poderío militar | 40611 |
| | 07. Contribución al pensamiento social | 40711 |
| | 08. Influencia general | 40811*, 40821* |
| 5. <u>Influencia de la ciencia escolar sobre la Sociedad</u> | 01. Unión dos culturas | 50111 |
| | 02. Fortalecimiento social | 50211 |
| | 03. Caracterización escolar de la ciencia | 50311 |
| SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA | | |
| 6. <u>Características de los científicos</u> | 01. Motivaciones | 60111 |
| | 02. Valores y estándares | 60211, 60221, 60222, 60226 |
| | 03. Creencias | 60311 |
| | 04. Capacidades | 60411, 60421 |
| | 05. Efectos de género | 60511, 60521, 60531 |
| | 06. Infrarrepresentación de las mujeres | 60611 |
| 7. <u>Construcción social del conocimiento científico</u> | 01. Colectivización | 70111, 70121 |
| | 02. Decisiones científicas | 70211, 70221, 70231 |
| | 03. Comunicación profesional | 70311, 70321 |
| | 04. Competencia profesional | 70411 |
| | 05. Interacciones sociales | 70511 |
| | 06. Influencia de individuos | 70611, 70621 |

| | | |
|--|--|-----------------------------------|
| | 07. Influencia nacional | 70711, 70721 |
| | 08. Ciencia pública y ciencia privada | 70811 |
| 8. <u>Construcción social de la Tecnología</u> | 01. Decisiones tecnológicas | 80111, 80121, 80131 |
| | 02. Autonomía de la tecnología | 80211 |
| EPISTEMOLOGÍA | | |
| 9. <u>Naturaleza del conocimiento científico</u> | 01. Observaciones | 90111 |
| | 02. Modelos científicos | 90211 |
| | 03. Esquemas de clasificación | 90311 |
| | 04. Provisionalidad | 90411 |
| | 05. Hipótesis, teorías y leyes | 90511, 90521, 90531, 90541 |
| | 06. Aproximación a las investigaciones | 90611, 90621, 90631, 90641, 90651 |
| | 07. Precisión e incertidumbre | 90711, 90721 |
| | 08. Razonamiento lógico | 90811 |
| | 09. Supuestos de la ciencia | 90921 |
| | 10. Estatus epistemológico | 91011 |
| | 11. Paradigmas y coherencia de conceptos | 91111, 91121 |

CAPÍTULO 7. RESULTADOS

En este capítulo se resumen los resultados obtenidos de las respuestas al centenar de ítems que conforman el Cuestionario de Opiniones sobre la Ciencia la Tecnología y la Sociedad. Puesto que el espacio de esta memoria es limitado, fundamentalmente, se comentarán los rasgos más destacados obtenidos en las respuestas en cada cuestión, con el objetivo de diagnosticar las actitudes y opiniones mayoritarias de alumnado y profesorado, estructuradas en torno a las opciones elegidas mayoritariamente y citando las opciones relevantes que alcancen tasas superiores al 10% de respuesta. Las diferencias entre los grupos de diferente grado de exposición a la ciencia, género o nivel educativo se muestran con detalle en las tablas de resultados que acompañan cada ítem en el apéndice; en este resumen sólo se analizarán los rasgos más significativos de las diferencias. Finalmente, se comentan los resultados de las respuestas dirigidas hacia las alternativas numéricas de cada cuestión, que no actitudinales.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA: DEFINICIONES

Las cuestiones de este apartado plantean los conceptos de ciencia y tecnología y la interacción entre ambos.

Ciencia (alumnado)

La definición de ciencia tiene una posición claramente mayoritaria y otras cuatro opciones secundarias. La opción mayoritaria concibe la ciencia como un cuerpo de conocimientos, formado por principios, leyes y teorías, que tiene una función explicativa de la naturaleza (B). En segundo lugar, con frecuencias mitad que la mayoritaria, están el concepto de ciencia como exploración/descubrimiento de lo desconocido y la ciencia identificada con los campos punteros que forman su matriz disciplinar (biología, química, geología, física). En tercer lugar, con frecuencias un tercio de la mayoritaria, se sitúan la concepción de la ciencia como proceso sistemático de investigación, y la ciencia como solución a los problemas de la existencia (salud, enfermedades, medio ambiente, etc.).

Cuando se plantea la ciencia como un proceso, la respuesta del alumnado se centra en dos opciones principales; la primera que vuelve a incidir en la función explicativa, y considera la ciencia una cadena de observar, explicar y validar las explicaciones, y la segunda, que carece de limitaciones metodológicas, pues considera ciencia todo lo que sirve para entender el mundo que nos rodea.

Tecnología (alumnado)

La definición de tecnología del alumnado tiene dos posiciones claramente mayoritarias y otras dos más secundarias, pero relevantes. La posición primera corresponde a la tecnología como aplicación de la ciencia, seguida muy de cerca por la identificación de la tecnología con artefactos y nuevos procesos, en resumen, dos de las ideas ingenuas más extendidas sobre la tecnología. Las otras dos posiciones relevantes, pero más secundarias, son muy semejantes entre sí, resaltando una de ellas gran apertura (ideas y técnicas en general), mientras la otra resulta un poco más restringida (técnicas para construir cosas o resolver problemas).

Investigación + Desarrollo (alumnado)

El concepto de investigación y desarrollo (I+D) del alumnado se identifica predominantemente con el carácter ambivalente que ofrece el progreso científico y tecnológico: por una lado se percibe la cara de ayuda a la humanidad, a través de la cura de enfermedades y nuevas tecnologías, y por otro, la cara oscura de los perjuicios a la sociedad. Las otras dos posiciones que merecen una atención relevante, pero inferior a la mitad de la primera, se refieren, una a la combinación de ciencia y tecnología cooperando para mejorarse mutuamente y la otra, al concepto de investigación como búsqueda y desarrollo como aplicación social.

Interdependencia ciencia/tecnología (alumnado)

La interdependencia entre ciencia y tecnología se plantea a través de varias cuestiones, cada una de ellas desde un ángulo diferente del problema.

La cuestión que da por supuesta una relación estrecha entre ambas intenta diagnosticar cual es el peso de cada una de ellas en la interacción. El alumnado se decanta por una opinión mayoritaria clara en favor de una interacción cíclica entre ambas: la investigación científica promueve aplicaciones tecnológicas, que, a su vez, aumentan la capacidad de la investigación científica. Es relevante apuntar que el respaldo a la tesis de una posible identidad entre ciencia y tecnología es insignificante.

El ítem que plantea la pregunta directa sobre si la ciencia influye en la tecnología recibe una respuesta claramente positiva del alumnado. La opción apoyada mayoritariamente sostiene que la ciencia conduce a nuevas tecnologías, pero la opinión mayoritaria es la extendida idea que la tecnología es ciencia aplicada, reflejada de distinta manera en dos opciones diferentes de este ítem, e implícita también en la opción individual mayoritaria. En esta misma dirección también recibe un respaldo relevante la idea que la ciencia es el conocimiento base para la tecnología recogida en otra opción distinta.

El ítem que plantea la pregunta directa sobre si la tecnología influye en la ciencia recibe una respuesta también claramente positiva del alumnado. La forma en que se realiza esta influencia tiene un matiz claramente instrumental para la tecnología. Las dos opciones elegidas mayoritariamente señalan que los avances tecnológicos conducen a progresos en ciencia y que la tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia. Otras dos opciones con respaldo relevante establecen que la disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación y que la tecnología es la aplicación de la ciencia.

En suma, de las respuestas obtenidas a estas cuestiones se deduce una actitud mayoritaria favorable a la consideración de la tecnología como ciencia aplicada, pero que a su vez revierte sobre la investigación científica, ampliando la capacidad de esta.

Cuando se plantea la disyuntiva entre ciencia y tecnología en base a la prioridad de las inversiones para mejorar la calidad de vida de un país, se rechazan claramente las opciones que otorgan primacía a una de ellas y la que sugiere no invertir en ninguna. La opinión mayoritaria es que se debe invertir en ambas y las razones aducidas muestran rasgos interesantes. En primer lugar, no tiene apenas apoyo la razón de considerar ciencia y tecnología la misma cosa (ya encontrada anteriormente), mientras la opinión mayoritaria reconoce las ventajas de cada una para la sociedad, identificando ciencia con avances médicos y medio ambientales y tecnología con eficiencia y comodidades. Las otras dos razones relevantes para invertir en ambas reflejan el plano de igualdad entre ambas y, otra vez, la idea de la tecnología como ciencia aplicada (el conocimiento científico es necesario para los avances tecnológicos).

El ítem que plantea directamente la cuestión de la autonomía de la tecnología respecto a la ciencia aporta nuevos datos. La cuestión afirma la existencia de un cuerpo de conocimientos propio de la tecnología y diferenciado de la ciencia. La opinión mayoritaria del alumnado opta por creer que la tecnología avanza confiando igualmente en las aportaciones de la ciencia y los conocimientos propios de la tecnología. La tesis de tecnología como ciencia aplicada, representada por las dos últimas opciones del ítem recibe un apoyo mucho menos intenso que en anteriores formulaciones, mientras que la tesis de una cierta identidad entre ciencia y tecnología, que antes no había tenido respaldo, recibe en este ítem un apoyo relevante referido al cuerpo de conocimientos compartido entre ambas.

Tecnología (profesorado)

La definición de tecnología del profesorado tiene una posición claramente mayoritaria y otras tres más secundarias, pero relevantes. La posición mayoritaria corresponde a la tecnología como aplicación de la ciencia a la que se adscribe casi la mitad del profesorado. Las otras posiciones corresponden a la identificación de la tecnología con artefactos y nuevos procesos, siendo las otras dos, una de ellas de gran apertura (ideas y técnicas en general), mientras la otra resulta un poco más restringida (técnicas para construir cosas o resolver problemas). En suma, las opciones relevantes de profesorado y alumnado son las mismas, pero el profesorado se decanta abrumadoramente por el concepto de tecnología como ciencia aplicada, en mucha mayor proporción que el alumnado.

Investigación + Desarrollo (profesorado)

El concepto de investigación y desarrollo (I+D) del profesorado no difiere cualitativamente de la distribución observada en el alumnado (las tres opciones mayoritarias son las mismas), pero difieren cuantitativamente: las actitudes del profesorado se distribuyen aproximadamente igual entre las tres opciones: la combinación de ciencia y tecnología cooperando para mejorarse mutuamente, el concepto de investigación como búsqueda y el desarrollo como aplicación social de la investigación, y el carácter ambivalente que ofrece el progreso científico y tecnológico: por una lado se percibe la cara de ayuda a la humanidad, a través de la cura de enfermedades y nuevas tecnologías, y por otro, la cara oscura de los perjuicios a la sociedad.

Interdependencia ciencia/tecnología (profesorado)

La cuestión que plantea la existencia de un cuerpo de conocimientos propio de la tecnología tiene un perfil de respuesta entre el profesorado similar al alumnado. La respuesta mayoritaria considera que la tecnología avanza confiando igualmente en las aportaciones de la ciencia y los conocimientos propios de la tecnología. La tesis de tecnología como ciencia aplicada, representada por las dos últimas opciones del ítem recibe un apoyo mucho menos intenso que en anteriores formulaciones, mientras que la tesis de una cierta identidad entre ciencia y tecnología relevante, referida al cuerpo de conocimientos compartido entre ambas, que antes no había tenido respaldo, recibe en este ítem un apoyo relevante.

SOCIOLOGÍA EXTERNA DE LA CIENCIA

Las relaciones de la sociedad con el sistema de ciencia y tecnología se ha denominado la sociología externa de la ciencia, para diferenciarla de aquellos aspectos sociológicos referidos a los asuntos internos del sistema ciencia y tecnología, que se han denominado sociología interna de la ciencia y que se abordan en otra sección. El análisis de esta dimensión se ha desglosado en los dos sentidos de la interacción, influencia de la sociedad sobre ciencia/tecnología e influencia de la ciencia/tecnología sobre la sociedad, la interacción conjunta de los tres elementos y la influencia de la ciencia escolar en la sociedad.

Presentamos a continuación las respuestas obtenidas en las cuestiones referidas a la influencia de la sociedad sobre el sistema ciencia/tecnología. Por brevedad, y porque en este caso el análisis no va específicamente dirigido a diferenciar entre ciencia y tecnología, se utiliza en las cuestiones la denominación ciencia referida a todo el sistema. También por brevedad, en nuestra descripción de las respuestas obtenidas, utilizaremos esta denominación.

La importancia estratégica alcanzada por la ciencia y tecnología en los últimos tiempos han llevado a la conciencia de los gobiernos la necesidad de asumir el control directo de este sistema. Por ello, y porque los gobiernos, en los países democráticos, representan la voluntad de la sociedad, una gran parte de la influencia de la sociedad sobre ciencia y tecnología se canaliza a través de las decisiones y medidas de gobierno, de manera que un buen número de las cuestiones de este apartado se refieren a las relaciones entre el gobierno y el sistema ciencia/tecnología.

Sociología externa de la ciencia. Influencia de la sociedad sobre la ciencia/tecnología

Gobierno (alumnado)

El deber del gobierno de subvencionar la investigación científica se justifica mayoritariamente por el alumnado con el argumento de la mejora de la calidad de vida, y en menor medida, exclusivamente, cuando la investigación se refiere a la salud, el medio ambiente o la agricultura. En minoría quedan los que justifican la investigación para evitar la dependencia del país de otros, satisfacer la curiosidad de conocer o, incluso, a sabiendas del riesgo de no poder conocer de antemano los beneficios alcanzables. Sólo una pequeña minoría opina que no debería gastarse dinero en investigación científica, para dedicarlo

a ayudas sociales directas a los más necesitados.

La planificación de la ciencia por el gobierno o la sociedad se plantea en dos cuestiones, una desde la perspectiva de coordinar la actividad de investigación frente a la iniciativa individual de los científicos, y otra, desde la perspectiva de lograr una mayor eficacia de la investigación.

El control de la investigación por el gobierno frente al interés personal de los científicos provoca una respuesta mayoritaria ecléctica, prefiriendo la participación de ambas partes por igual (un tercio). Sin embargo, cuando se comparan las respuestas de las opciones situadas a un lado y otro de esta posición intermedia, se comprueba que existe una mayoría partidaria de una cierta tecnocracia, que otorga un papel principal a los científicos (otro tercio), por su mayor conocimiento de los asuntos científicos, e incluso un papel exclusivo, para evitar los errores interesados de los gobiernos y para favorecer la creatividad en la investigación.

La consecución de una mayor eficiencia en el progreso científico se justifica mayoritariamente (inferior a la mitad) por una posición que asigna al gobierno el papel de subvencionador, dejando la dirección de la ciencia para los científicos, de marcado tinte tecnocrático, en consonancia con lo respondido en la cuestión anterior. Sin embargo, las posiciones favorables a un mayor control del gobierno crecen en esta cuestión, cuando se justifican por la utilidad para el país y por la eficiencia de sus resultados. La alternativa de dejar la investigación en manos de empresas privadas es la que recibe menos respuestas.

La dependencia de los científicos y la ciencia de la política de un país es sometida a juicio en dos cuestiones semejantes en el planteamiento inicial, pero diferentes en las opciones que se ofrecen como respuesta. En ambas cuestiones, las respuestas favorables a la independencia de los científicos respecto a la política del país son muy minoritarias.

En la primera de las dos cuestiones, la dependencia de los científicos respecto a los gobierno se atribuye a la subvención de la ciencia por el gobierno, a la preferente asignación de recursos a unos temas científicos y a la planificación general de los gobiernos, independientemente de que subvencione o no algunos proyectos.

En la segunda de las cuestiones se atribuye mayoritariamente la dependencia de los científicos (casi la mitad) a ser ciudadanos como los demás, afectados por la política como todos, y al control por el gobierno de las subvenciones. Otras dos justificaciones relevantes aducidas son la planificación general de la ciencia del país y la voluntad de los científicos de ayudar a la propia sociedad de la que forman parte y con la que están implicados y relacionados.

Industria (alumnado)

La posibilidad de que un control de la ciencia por las empresas fuera mejor para la ciencia es una posibilidad ampliamente rechazada por el alumnado (dos tercios), principalmente por considerar que los descubrimientos estarían orientados a producir ganancias a la empresa y no tanto por los beneficios de interés general, y porque ni siquiera las empresas pueden controlar lo que la ciencia descubrirá. Los partidarios del control de la ciencia por las empresas (un cuarto) justifican su actitud por considerar que la competitividad y mejor dotación de las empresas hará descubrimientos más rápidos y útiles y mejora la cooperación entre ciencia y tecnología.

Ejército (alumnado)

La apreciación comparativa entre investigación con fines militares/industriales e investigación social (para la salud, la agricultura, o la simple curiosidad) muestra la creencia del alumnado que la mayor parte de la investigación es militar/industrial (la mitad). La opción singular mayoritaria (un cuarto) es un tanto ecléctica, en cuanto que considera que la investigación militar es dominante sólo en algunos países, mientras que en otros es también importante la investigación social, seguida por la crematística opción de que la investigación viene condicionada por el dinero, y no tanto por la curiosidad o el placer de saber.

La apetencia de los científicos y tecnólogos para trabajar en investigación militar es respondida mayoritariamente (casi dos tercios) con la alternativa ecléctica que establece su variabilidad según los

valores e intereses personales de los científicos. En segundo lugar, tiene fuerza la opinión favorable a los científicos que manifiesta la esperanza en que científicos y tecnólogos preferirían trabajar en áreas de investigación científica de tipo social. Globalmente, el alumnado cree en mayor medida que pocos científicos y tecnólogos harían investigación militar frente a los que creen que bastantes eligen trabajar para los militares.

Ética (alumnado)

El alumnado cree que las creencias éticas y religiosas influyen sobre la investigación científica pues casi dos tercios de los encuestados responden con opciones en esta línea. La razón más invocada alude a la forma personal que cada uno tenemos de tener en cuenta nuestra propia identidad cultural. La segunda opción más frecuente sostiene el punto de vista opuesto (las creencias no influyen en la investigación), basada en la tesis de la independencia entre la actividad científica y las creencias personales. Otras dos razones relevantes seleccionadas, de uno y otro signo, se refieren al interés de determinados grupos culturales y religiosos para promocionar o no promocionar determinadas investigaciones y a la creencia que ni los choques ni controversias con los grupos religiosos o culturales afectan a la investigación científica.

Instituciones educativas (alumnado)

La importancia estratégica de la ciencia y la tecnología para un país requiere científicos, técnicos e ingenieros, y por tanto, es necesario que exista un contingente de estudiantes dedicados a la ciencia y la tecnología. Sin embargo, el alumnado cree que no se necesitan más estudiantes de ciencias y tecnología (más de la mitad) y la principal razón escogida es que otras materias escolares son tanto o más importantes para un país; otras razones relevantes elegidas en este grupo son dejar que los estudiantes elijan por sí mismos lo que desean estudiar y que las materias de ciencias no gustan a muchas personas. La minoría que apoya la necesidad de estudiar más ciencias alega que la ciencia afecta a todos los aspectos de la sociedad que determinan el futuro y que la ciencia a estudiar debe estar más centrada en la vida diaria. Esta última razón tiene evidentes implicaciones para la enseñanza de las ciencias y el diseño de los currículos escolares de ciencias.

Más de un tercio de los estudiantes creen que cuanto más se aprenda sobre ciencia y tecnología, el público estará mejor informado, tendrá mejores opiniones y aportará mejores contribuciones sobre el uso de ciencia y tecnología. Otra quinta parte del alumnado cree que aprender sobre ciencia y tecnología permitirá al público tener una mejor imagen de ciencia y tecnología, entender mejor las opiniones de los expertos y apoyarlas. Sin embargo otra quinta parte del alumnado no cree que aprender más sobre ciencia y tecnología redunde en un éxito de apoyo para la ciencia y tecnología, porque mucha gente no tiene ningún tipo de interés en ciencia y tecnología.

Grupos de especial interés (alumnado)

La influencia sobre la ciencia y tecnología de los grupos de especial interés, que se manifiestan totalmente a favor o en contra de determinadas áreas de investigación científica, es considerada importante por casi la mitad del alumnado; la razón más importante es su influencia en la opinión pública, y a su través, en los científicos. Sin embargo, una quinta parte del alumnado desmitifica este poder, significando que estos grupos no siempre tienen éxito, ya que científicos y tecnólogos tiene la última palabra. Otra quinta parte que no cree en la influencia de estos grupos atribuye esto a que el gobierno y los técnicos no se dejan influir por ningún grupo, cuando ya han decidido realizar un proyecto.

Influencia sobre los científicos (alumnado)

El juicio sobre como se despierta el interés hacia la ciencia entre los jóvenes es una réplica de la polémica herencia-ambiente, sobre si los científicos nacen (herencia, capacidad, inclinación natural) o se

hacen (a través de la educación, familia, comunidad). La opinión mayoritaria del alumnado (más de la mitad) es ciertamente indecisa y ecléctica, reconociendo el influjo del ambiente y de las capacidades personales del individuo. La quinta parte del alumnado se inclina por la influencia directa y conjunta de la familia, la escuela y la comunidad.

Influencia general (alumnado)

Las dos últimas cuestiones para elucidar la influencia de la sociedad sobre ciencia y tecnología plantean de una manera general y directa esta cuestión.

La influencia de la sociedad sobre la tecnología es justificada mayoritariamente en base a las demandas de la sociedad, sin más, o atemperadas estas por nuestros valores que limitan las mejoras. Otras formas relevantes de reconocer la influencia de la sociedad sobre la tecnología es a través de la ciencia (otra vez, la tecnología como ciencia aplicada) y a través de medios legales y políticos que regulan y limitan el uso de la tecnología.

La influencia de la sociedad sobre la ciencia es justificada mayoritariamente por el alumnado (más de un tercio) por la influencia general que la sociedad ejerce sobre todos sus miembros, en particular, también sobre los científicos; los intereses de la sociedad se comunican de una forma natural a los científicos. Otras razones relevantes de la influencia social sobre la ciencia son la demanda social de conocimiento científico, la subvención social de la ciencia y la proyección del conocimiento científico sobre los desarrollos tecnológicos.

Gobierno (profesorado)

El deber del gobierno de subvencionar la investigación científica se justifica abrumadoramente por el profesorado (dos tercios) con el argumento de la mejora de la calidad de vida. El resto de los argumentos quedan reducidos a una presencia testimonial, aunque es interesante resaltar de ellos, el que se refiere a asumir el riesgo de no poder conocer de antemano los beneficios alcanzables de la investigación, que es muy propio de personas adultas, y la principal diferencia respecto al alumnado por su importancia relativa. Sólo dos profesores opinan que no debería gastarse dinero en investigación científica, para dedicarlo a ayudas sociales directas a los más necesitados.

Industria (profesorado)

El control de la ciencia por las empresas tiene un perfil de respuesta entre el profesorado muy similar al del alumnado. El profesorado rechaza abrumadoramente el control de la ciencia por las empresas (dos tercios), principalmente por considerar que los descubrimientos estarían orientados a producir ganancias a la empresa y no tanto por los beneficios de interés general, y porque ni siquiera las empresas pueden controlar lo que la ciencia descubrirá. La diferencia respecto al alumnado se produce en el perfil de los partidarios del control de la ciencia por las empresas (un cuarto), que justifican su actitud por considerar que las instituciones públicas tienen que participar en este proceso y porque la empresa puede mejorar la cooperación entre ciencia y tecnología.

Ejército (profesorado)

La comparación entre investigación militar/industrial e investigación social es abrumadora en favor de la creencia que domina la investigación militar e industrial (dos tercios). Como en el caso del alumnado la opción singular dominante afirma que sólo en algunos países domina la investigación militar, pero la segunda opción elegida reconoce las elevadas cantidades de dinero dedicadas a la investigación militar/industrial.

Grupos de especial interés (profesorado)

La influencia sobre la ciencia y tecnología de los grupos de especial interés, que se manifiestan totalmente a favor o en contra de determinadas áreas de investigación científica, tiene un perfil muy similar al del alumnado. Esta influencia es considerada importante por la mitad del profesorado y la razón más importante es su influencia en la opinión pública, y a su través, en los científicos; la segunda razón muy importante también es su influencia sobre el gobierno y su política de subvenciones. Sin embargo, una quinta parte del alumnado desmitifica este poder, significando que estos grupos no siempre tienen éxito, ya que científicos y tecnólogos tienen la última palabra. El grupo de profesorado que no cree en la influencia de estos grupos es la mitad de reducido que entre el alumnado, y atribuyen su creencia a que el gobierno y los técnicos no se dejan influir por ningún grupo, cuando ya han decidido realizar un proyecto.

Influencia sobre los científicos (profesorado)

La polémica herencia-ambiente trasladada a la formación de las personas científicas, sobre si estas personas nacen (herencia, capacidad, inclinación natural) o se hacen (a través de la educación, familia, comunidad) merece un juicio muy terminante del profesorado. La opinión mayoritaria (menos de la mitad) es que el interés hacia la ciencia se despierta a través de la influencia directa y conjunta de la familia, la escuela y la comunidad. Otras alternativas relevantes se centran en las dos alternativas eclécticas que reconocen el influjo conjunto del ambiente y de las capacidades personales del individuo, e incluso de la que reconoce una cierta primacía para las capacidades personales. Es muy significativo notar que la opción afirmando con claridad que el científico nace con esta cualidad no recibe ninguna respuesta del profesorado.

Sociología externa de la ciencia. Interacciones mutuas ciencia- tecnología-sociedad.

Cuando se tienen en cuenta, simultáneamente, los tres elementos del trinomio ciencia, tecnología y sociedad y se pide a los estudiantes que gradúen la intensidad y tipo de las interacciones entre ellos, su opinión resulta clara y diáfana. Los dos diagramas seleccionados por más de la mitad de los encuestados son los dos que reflejan interacciones mutuas entre los tres elementos; complementariamente, esto significa que los diagramas que recogen influencias unidireccionales son minoritarios. De aquí se deduce que el alumnado cree, mayoritariamente, que las interacciones CTS son cíclicas, esto es, las relaciones entre los tres elementos son mutuas y bidireccionales. En cuanto a la intensidad de las relaciones entre CTS en los dos diagramas mayoritarios, el diagrama más elegido refleja intensidades diferenciadas entre los tres elementos siendo muy altas entre ciencia y tecnología, menores entre tecnología y sociedad y las más débiles entre ciencia y sociedad; en el diagrama menos apoyado de los dos los tres elementos tienen relaciones de intensidades semejantes. Por tanto, la opinión mayoritaria del alumnado cree que la interacción de la sociedad es más intensa con la tecnología y más débil con la ciencia, mientras que la interacción ciencia-tecnología es considerada la más intensa.

Sociología externa de la ciencia. Influencia de la ciencia/tecnología sobre la sociedad

Uno de los grandes factores que determinan la importancia y el poder de la ciencia y la tecnología en el mundo actual es la gran incidencia que sus progresos han tenido sobre la vida diaria de los ciudadanos, tanto en sentido positivo (salud, alimentación, energía, transporte, comunicaciones, etc.), como en sentido negativo (agresiones al medio ambiente, armamentos, etc.). Estos asuntos constituyen el núcleo de las cuestiones propuestas en este apartado sobre la responsabilidad social, las decisiones sociocientíficas con incidencia social, los problemas sociales, la resolución de problemas, el bienestar económico, las industrias militares, el pensamiento social y las influencias globales de la ciencia y tecnología.

Responsabilidad social (alumnado)

La cuestión de si los científicos se preocupan por los todos los efectos posibles de sus descubrimientos, tanto beneficiosos como perjudiciales, suscita en los estudiantes una opinión mayoritaria afirmativa. La opinión principal (cuarta parte) justifica que los científicos se preocupan porque el objetivo de la ciencia es mejorar el mundo, mientras que las otras dos opciones mayoritarias, favorables a creer que los científicos están preocupados, son más bien exculpatorias, ya que una justifica la preocupación desde la conciencia que no se pueden conocer todos los efectos a largo plazo, y la otra en base a que los científicos no tienen el control sobre el uso que puede hacerse de los descubrimientos. Las tres alternativas reúnen más de los dos tercios de las respuestas.

La responsabilidad de los científicos sobre el daño que se pueda derivar de sus descubrimientos divide la actitud del alumnado en tres partes no equivalentes. La actitud mayoritaria (casi un tercio) considera que los científicos no deberían ser considerados responsables de los daños con el argumento de la distinción entre el descubrimiento y la forma como éste es usado fuera del control de los científicos. La actitud contraria es sustentada también por un grupo significativo (un quinto) que espera de los científicos que sean conscientes de los efectos posibles de sus experimentos. Un grupo ligeramente inferior mantiene una actitud ecléctica que reparte la responsabilidad de los daños entre los científicos y la sociedad. Globalmente, las opciones favorables a la responsabilidad de los científicos superan a las opciones que definen actitudes exoneradoras de esta responsabilidad a los científicos.

La información es una de las grandes características de la ciencia y, asimismo, es uno de los rasgos sociológicos distintivos del final del siglo XX, favorecida y amplificada por el extraordinario avance en las tecnologías de las comunicaciones. La información se opone al secretismo y a la manipulación y es especialmente necesaria para el gran público en temas técnicos, por la especialización que se necesita para su correcta comprensión. Por ello, la actitud del alumnado sobre la responsabilidad de los científicos para informar al público, de una manera comprensible, sobre sus descubrimientos es muy definida: más de la mitad creen que los científicos deberían ser considerados responsables de informar al público, porque tienen derecho a la información sobre todo lo que afecte a sus vidas y a las opciones responsables. En conjunto, las opciones que consideran a los científicos responsables de informar recogen la casi totalidad de las respuestas, por lo que se puede considerar que el público espera de los científicos una información comprensible y estos deben asumir esta responsabilidad y no ser renuentes a explicar sus conocimientos.

Sobre la gestión de los asuntos peligrosos en ciencia, la actitud del alumnado es variable, con tres creencias principales. La creencia mayoritaria (un cuarto) es de desconfianza, suponiendo que las personas de ciencia comunican los peligros a las autoridades, pero que éstas guardan después secretos al público, sobre los que no se sabe nada. La segunda creencia en importancia (menos de un cuarto) es ecléctica y considera que depende de la persona de ciencia y del tipo de peligro. La tercera creencia en orden de importancia (menos de un quinto) exonera de responsabilidad a los científicos, considerando que los asuntos peligrosos son responsabilidad de la empresa. Otra creencia relevante sostiene una postura ética, ya que considera que las personas de ciencia deben ayudar al público, y no perjudicarlo, en ningún caso.

La industria pesada y su elevado grado de contaminación se ha pensado solucionar en los países industrializados, trasladando esta industria a países en desarrollo y favorecer así su crecimiento. Casi la mitad del alumnado es contrario a este traslado, porque no resuelve el problema de la contaminación (sólo lo traslada), y también (un quinto), por el carácter global de la contaminación que la hace independiente de la ubicación particular, que viene a ser una paráfrasis de la razón precedente. Otra opinión relevante, pero más minoritaria, valora la ayuda que la industrialización supone para esos países en desarrollo. En suma, la actitud del alumnado refleja una fuerte concienciación global frente a la contaminación, por encima de soluciones o factores coyunturales; más del 80% de las respuestas se dirigen hacia las opciones que, con mayor o menor intensidad, reflejan este principio.

Decisiones sociales (alumnado)

El problema de las decisiones sociales relacionadas con la ciencia y la tecnología plantea el viejo

debate entre la tecnocracia (las decisiones son tomadas por los expertos) y la democracia (las decisiones son tomadas por alguna instancia pública). La opinión mayoritaria (casi la mitad) refleja una actitud de equilibrio entre la consideración de la opinión de los expertos y del público, simultáneamente. La segunda opinión mayoritaria (un quinto) hace depender la solución del tipo de problema a decidir, admitiendo la tecnocracia para algunos problemas y reclamando la decisión del público, para otros. De la distribución del resto de las respuestas, aunque sea un número pequeño, se puede deducir una tendencia a apoyar un poco más las soluciones tecnocráticas.

La ayuda de la ciencia y tecnología para la toma de decisiones morales no genera opciones muy definidas en las respuestas. La opción mayoritaria ((un cuarto) reconoce la información aportada por la ciencia, pero deja las decisiones en manos del individuo, circunstancia que es el único componente de la segunda opción elegida (un quinto) como indicador que la ciencia y tecnología no pueden ayudar en las decisiones morales. En conjunto, las alternativas que reflejan actitudes favorables a la ayuda de ciencia y tecnología en las decisiones morales reciben un poco más de apoyo que sus antagonistas, lo cual refleja una cierta expectativa moral respecto a ciencia y tecnología.

En el caso de las decisiones legales, la ciencia y la tecnología son vistas mayoritariamente como una ayuda por más de las dos terceras partes de los estudiantes. La creencia mayoritaria se basa en la posibilidad de la ayuda de la ciencia y la tecnología para la validación de las evidencias físicas existentes en un caso.

Problemas sociales (alumnado)

La ambivalencia de la ciencia y la tecnología (aspectos beneficiosos y perjudiciales asociados) es uno de los factores más explotados por los detractores de la ciencia y ha sido sintetizado en una de las cuestiones propuestas al alumnado bajo la posibilidad de encontrar siempre equilibrios entre ambos aspectos. La actitud mayoritaria (cuarta parte) del alumnado es que este equilibrio no tiene sentido, induciendo la idea que los desarrollos que implican consecuencias negativas deberían suspenderse. Otra cuarta parte de alumnado opina que los equilibrios entre aspectos negativos y positivos son necesarios porque los efectos a largo plazo no se pueden predecir y es un riesgo a correr, y porque el juicio sobre beneficio y perjuicio puede ser relativo y personal. La última opinión relevante sostiene que el equilibrio no es necesario si se minimizan los efectos negativos mediante cuidadosas planificaciones y comprobaciones.

La cuestión que plantea la inversión en ciencia y tecnología frente a otras inversiones sociales genera en el alumnado una actitud ecléctica y de búsqueda de un equilibrio entre todas las necesidades de un país, como refleja la selección muy mayoritaria de la alternativa que expresa esa idea (casi dos tercios). Considerando las otras alternativas minoritarias, aquellas que expresan actitudes favorables a invertir más dinero en ciencia y tecnología reciben un apoyo global relevante (quinta parte), frente al escaso apoyo que recibe la única alternativa que propone gastar menos dinero en ciencia y tecnología.

El papel de la ciencia y la tecnología para ayudar a resolver los problemas sociales más extendidos (pobreza, crimen, desempleo, etc.) revela una actitud entre el alumnado mezcla de esperanza y desconfianza. La alternativa mayoritaria (más de un tercio) aboga por un uso más sensato de la ciencia y la tecnología, mientras que las otras dos alternativas relevantes contienen ambos elementos contradictorios: la ciencia y la tecnología resuelven problemas sociales pero también los causan, y la ciencia y la tecnología podrán resolver algunos problemas y otros, en cambio, no, dependiendo del tipo de problema.

Resolución de problemas (alumnado)

Los conocimientos de ciencia y tecnología pueden ser útiles para solucionar problemas prácticos que se pueden presentar en la vida diaria de las personas. En general, la opinión de los estudiantes es bastante tibia; no creen que estos conocimientos no constituyan una ayuda importante, pero tampoco se afirma una radical inutilidad (las opciones que expresan esto son las menos elegidas). Las dos opciones mayoritarias (más de un cuarto) afirman que no son una ayuda para resolver problemas prácticos, pero sí

para comprender el mundo y que son una ayuda sólo en ocasiones. Otra opción relevante afirma una idea similar a la opción principal (mejor comprensión de los problemas, pero no son útiles directamente) y otra expresa claramente que los conocimientos de ciencia y tecnología ayudan mucho en la solución de problemas prácticos.

Sobre la cuestión de si los científicos estarían más capacitados para resolver problemas prácticos de la vida diaria por saber más ciencia, la actitud de los estudiantes es clara y abrumadora: creen que los científicos son en la vida diaria como cualquier otra persona (más de dos tercios), que aplican simplemente su experiencia y el sentido común a resolver sus problemas. Indirectamente, esta actitud tan definida sugiere que la formación en ciencia y tecnología no sirve de ninguna ayuda en la resolución de problemas prácticos de la vida diaria.

La misma actitud mayoritaria favorable a considerar a los científicos como el resto de los humanos aparece también cuando se plantea la cuestión de la manipulación de la opinión que pueden producir los medios de comunicación. Como en el caso anterior, el alumnado cree que son igualmente influenciables que los demás, aunque con una mayoría no tan abrumadora como el caso anterior. Por otro lado, es notable observar que un grupo relevante (casi un cuarto) piensa, en este caso, que científicos y tecnólogos no son tan fácilmente engañados por los medios gracias a su entrenamiento en lógica, comprobaciones y conocimientos.

La contaminación ambiental es uno de los actuales problemas globales del planeta más complicados y difíciles de resolver; se plantean las expectativas del alumnado sobre la obligación de la ciencia y la tecnología para resolver estos problemas en el futuro. La actitud del alumnado sobre esta cuestión es muy clara y definida (casi dos tercios): la ciencia y tecnología solas no pueden resolver estos problemas, que son responsabilidad de todos y deben tener prioridad absoluta.

Bienestar económico (alumnado)

La ciencia y la tecnología han desempeñado un papel histórico en el desarrollo económico de los países industrializados. Por ello, la primera cuestión sobre este tema plantea a los encuestados su percepción de la relación positiva entre desarrollo de la ciencia y tecnología y la riqueza del país. La actitud dominante (menos de la mitad) es ecléctica, pero un tanto recelosa, afirmando al mismo tiempo que depende de la inversión realizada en ciencia y tecnología, los riesgos de algunos resultados y la posibilidad de otros caminos diferentes. El resto de las posiciones son favorables al reconocimiento de la influencia de ciencia y tecnología en aumentar la riqueza del país, siendo las más relevantes (un quinto, cada una) las opciones que lo justifican por una mayor eficiencia, productividad y progreso y por la mayor independencia que proporcionan al país.

El alumnado tiene una actitud extraordinariamente recelosa respecto a las altas tecnologías. Cuando se plantea el tema que las industrias de alta tecnología producirán la mayoría de los puestos de trabajo en los próximos veinte años, la opinión mayoritaria del alumnado (la mitad) es negativa, porque se cree que se perderán más puestos de trabajo que los que se crean nuevos. La segunda opinión relevante (un cuarto) no es tan negativa, pero no es positiva: sólo se cambiarán algunos puestos de trabajo por otros, de modo que el número total será el mismo. Por tanto, las expectativas del alumnado en relación al papel de las nuevas tecnologías sobre el mercado laboral son claramente negativas.

La incidencia de la tecnología sobre el nivel de vida, produce una actitud mayoritariamente (casi dos tercios) ambivalente, que cree que más tecnología produce un mayor nivel de vida, pero también puede producir una descenso de la calidad de vida al provocar otros problemas paralelos y colaterales.

Contribución al poderío militar (alumnado)

Una única cuestión plantea la relación entre el poderío militar de los países y su nivel de ciencia y tecnología. La opinión mayoritaria (más de un tercio) cree que el poderío militar depende no sólo de la ciencia y la tecnología sino también de las decisiones de gobierno en el desarrollo de armamento. La segunda opinión relevante (un cuarto) es similar a la anterior, con una mayor insistencia en la influencia en el poderío militar en otros factores que pueden decidir los gobiernos. La tercera opinión en orden de

importancia (casi un quinto) afirma su creencia en la relación directa entre nivel de desarrollo de ciencia y tecnología y poderío militar. En suma, la actitud mayoritaria del alumnado reconoce la importancia de la ciencia y tecnología para el poderío militar pero atemperada por otros factores y decisiones de gobierno; la actitud favorable a una gran intensidad en la dependencia del poder militar de la ciencia y tecnología es minoritaria.

Contribución al pensamiento social (alumnado)

Todas las grandes innovaciones que inciden en la vida diaria de la gente acaban por influir en el pensamiento y las formas de razonamiento cotidianos. La ciencia y la tecnología están presentes en la vida diaria e influyen en nuestro pensamiento diario aportando nuevas palabras e ideas, sintetizadas en lo que se ha denominado, la razón científica y la razón técnica. La opinión generalizada del alumnado acepta la influencia de la ciencia y la tecnología sobre las formas de pensar, aduciéndose tres razones principales que reciben un apoyo similar (cada una un poco menos de un cuarto de la muestra). La primera reconoce la influencia de la ciencia y tecnología no en base a ideas o palabras sino a través del cambio en el estilo de vida; la segunda se basa en las nuevas ideas, inventos y técnicas que amplían el pensamiento; la tercera se basa en el uso diario de los productos de la ciencia y la tecnología, que nos añaden nuevas palabras y cambian nuestra forma de pensar sobre los asuntos cotidianos. La opinión que la ciencia y la tecnología tienen una influencia mínima en el pensamiento goza de muy poco apoyo.

Influencia general (alumnado)

En este apartado los encuestados responden a las preguntas directas sobre la influencia de ciencia y tecnología en la sociedad.

El alumnado opina que la tecnología, desde luego, influye en la sociedad, pues la opción que establece que la tecnología no influye en la sociedad recibe un apoyo casi nulo. Las razones mayoritarias tienen en cuenta, de alguna manera, el carácter ambivalente (positivo y negativo) de la tecnología; así, la opinión mayoritaria (más de un cuarto) considera que la tecnología pone en manos de la sociedad medios tanto para mejorarse como para destruirse a sí misma, según el uso; otra opción que recibe un apoyo relevante (menos de un quinto) afirma que la tecnología mejora la calidad de vida, pero también contribuye al deterioro del medio ambiente. Otra opción mayoritaria (menos de un cuarto) justifica la influencia de la tecnología en la sociedad, por la forma en que ésta emplea aquella. Una opción relevante reconoce la presencia de la tecnología en todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte.

La actitud sobre la influencia de la ciencia sobre la sociedad es un poco más matizada que respecto a la influencia de la tecnología; así, las actitudes de ausencia de influencia, aunque no significativas, son algo más altas. La actitud mayoritaria (más de un cuarto) ve la influencia de la ciencia en la sociedad a través de la tecnología, es decir, la influencia de la ciencia no sería directa sino intermediada a través de la tecnología. La otra actitud mayoritaria (menos de un cuarto) considera a la ciencia como disponible para el uso y beneficio de todos, es decir, la vieja idea de la ciencia como un patrimonio cognoscitivo de la sociedad. Otras dos actitudes relevantes reflejan el papel de la ciencia como un catalizador de la sociedad, haciendo más moderna y permeable la sociedad o estimulando a la sociedad misma para buscar más conocimiento.

Responsabilidad social (profesorado)

La responsabilidad de los científicos sobre el daño que se pueda derivar de sus descubrimientos tiene entre el profesorado una opinión más terminante y definida en favor de considerar a los científicos no responsables de ese daño. Casi la mitad del profesorado elige el argumento de diferenciar entre el descubrimiento y la forma como éste es usado fuera del control de los científicos; globalmente las opciones favorables a la no responsabilidad constituyen una mayoría clara entre el profesorado. La actitud ecléctica de repartir la responsabilidad entre científicos y sociedad es apoyada también (un quinto), mientras el

conjunto de las actitudes que consideran a los científicos responsables sólo suponen el quinto restante de la muestra.

La actitud del profesorado sobre la responsabilidad de los científicos para informar al público, de una manera comprensible sobre sus descubrimientos, tiene un perfil general similar al del alumnado, e incluso se puede decir que es todavía más definida y clara: casi dos tercios del profesorado creen que los científicos deberían ser considerados responsables de informar al público, porque tienen derecho a la información sobre todo lo que afecte a sus vidas y a las opciones responsables. En conjunto, las alternativas de respuesta que consideran a los científicos responsables de informar recogen la casi totalidad de las respuestas, por lo que se puede considerar que el público espera recibir de los científicos información comprensible, y, en consecuencia, estos deben asumir la responsabilidad de explicar sus conocimientos.

Decisiones sociales (profesorado)

La actitud del profesorado respecto a la ayuda de la ciencia y la tecnología para la toma de decisiones legales es del mismo sentido que la mostrada por el alumnado, pero más intensa. El profesorado cree por abrumadora mayoría en la ayuda de la ciencia y tecnología en las decisiones legales, recogiendo la alternativa mayoritaria individual las dos terceras partes de las opiniones del profesorado (validación de las evidencias físicas de un caso).

Problemas sociales (profesorado)

Los aspectos beneficiosos y perjudiciales asociados con la ciencia y la tecnología (ambivalencia de la ciencia y la tecnología) son uno de los factores más explotados por los detractores de la ciencia y han sido sintetizados en una de las cuestiones bajo la posibilidad de encontrar siempre equilibrios entre ambos aspectos. La actitud del profesorado es bastante diferente del alumnado y se podría calificar de confianza en la ciencia y la tecnología. La alternativa mayoritaria (un quinto) sostiene que el equilibrio no es necesario, ya que los efectos negativos se pueden minimizar mediante cuidadosas planificaciones y comprobaciones, y la otra alternativa respaldada mayoritariamente (un quinto) sostiene que los equilibrios entre aspectos negativos y positivos son necesarios porque los efectos a largo plazo no se pueden predecir todos y es necesario arriesgarse. El resto de las alternativas reciben apoyo inferior a estas, y similar al del alumnado.

Resolución de problemas (profesorado)

Se plantea al profesorado la posibilidad que la ciencia y la tecnología tengan la obligación de arreglar los problemas de la contaminación que hoy son insolubles. La actitud del profesorado sobre esta cuestión es todavía más clara y definida que el alumnado: más de tres cuartas partes del profesorado creen que la ciencia y tecnología solas no pueden resolver estos problemas, que son responsabilidad de todos y deben tener prioridad absoluta.

Contribución al pensamiento social (profesorado)

La influencia de la ciencia y la tecnología sobre el pensamiento diario, gracias al uso de sus productos, inventos y técnicas, se materializa con aportaciones de nuevas ideas y palabras que conforman nuevas formas de pensar y de conducirse. La opinión generalizada del profesorado acepta la influencia de la ciencia y la tecnología sobre las formas de pensar, que se justifican por tres razones principales con un apoyo similar (en torno a un cuarto de la muestra) con un perfil muy similar al de las respuestas del alumnado. La primera reconoce la influencia de la ciencia y tecnología no en base a ideas o palabras sino a través del cambio en el estilo de vida y es la mayoritaria, recibiendo un apoyo superior al otorgado por el alumnado; la segunda se basa en las nuevas ideas, inventos y técnicas que amplían el pensamiento; la tercera se basa en el uso diario de los productos de la ciencia y la tecnología, que nos añaden nuevas

palabras y cambian nuestra forma de pensar sobre los asuntos cotidianos. La opinión que la ciencia y la tecnología tienen una influencia mínima en el pensamiento goza de muy poco apoyo.

Influencia general (profesorado)

El profesorado opina que la tecnología, desde luego, influye en la sociedad, pues la opción que establece que la tecnología no influye en la sociedad no recibe ni una sola respuesta. Las dos razones mayoritarias (más de un cuarto) del profesorado son las mismas señaladas por el alumnado, aunque invirtiendo su importancia relativa: la influencia de la tecnología en la sociedad se justifica por la manera en que ésta emplea aquella, y la opción con carga en la ambivalencia de la tecnología, la tecnología pone en manos de la sociedad medios tanto para mejorarse como para destruirse a sí misma, según el uso. Otra opción mayoritaria (menos de un quinto) reconoce la presencia de la tecnología en todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte. En suma, el profesorado asume las mismas actitudes que el alumnado, con una pequeña diferencia: el alumnado carga más su actitud hacia los aspectos ambivalentes de la tecnología, mientras el profesorado resalta más la omnipresencia de la tecnología en nuestras vidas.

Sociología externa de la ciencia. Influencia de la ciencia escolar sobre la sociedad.

Unión de las dos culturas (alumnado)

El término de las dos culturas ha servido para caracterizar y diferenciar, simplifícadamente, dos formas de trabajo intelectual en la comprensión del mundo: la forma de las personas dedicadas a la ciencia, y la forma de las personas ajenas a la ciencia. Por brevedad, ciencias y letras. Se pregunta al alumnado si estos dos tipos de personas, ciencias y letras, existen realmente, o si una adecuada educación equilibrada podría eliminar estas distinciones. El alumnado cree mayoritariamente (casi dos tercios) que no existen sólo estos dos tipos de personas, sino tantas clases de personas como preferencias individuales sean posibles. Entre las actitudes que creen en la existencia de estos dos tipos de personas resulta relevante la justificación que el estudio de más ciencia no necesariamente cambiaría el escaso o nulo interés de estas personas por la ciencia.

Fortalecimiento social (alumnado)

La utilidad de las clases de ciencias para fortalecer destrezas o tareas cotidianas en la sociedad, en concreto, llegar a ser un comprador mejor es vista negativamente por el alumnado. Las tres opciones seleccionadas mayoritariamente (dos tercios, en total) afirman que las clases de ciencias no han ayudado a ser un mejor comprador; la razón fundamental (un tercio) es que la ciencia no influye en la educación de un consumidor, sino que esta está determinada por otros factores. Las otras dos razones esgrimidas para justificar esta actitud mayoritaria afirman que las clases de ciencias no tienen nada que ver con los consumidores o el mundo real, o reconocen que la ciencia enseña hechos valiosos (pero no ayuda a ser un mejor comprador). Globalmente, sólo la cuarta parte del alumnado opina que la clase de ciencias le ha ayudado a ser un mejor comprador. Sin duda, la respuesta a esta cuestión es un indicador significativo de la exclusión del currículo de ciencias y de las clases de ciencias de un objetivo importante, cual es, ofrecer una educación en ciencias que sea útil para la vida diaria, es decir, una educación que represente un fortalecimiento de habilidades y destrezas cotidianas valiosas para desenvolverse en la sociedad actual, como puede ser mejorar nuestra condición de consumidores.

Caracterización escolar de la ciencia (alumnado)

La ciencia en la escuela es una disciplina condicionada y limitada por sus propios perfiles académicos y por el contexto general escolar donde se desarrolla. Se propone al alumnado confrontar la

ciencia de la escuela con la ciencia ofrecida de los medios de comunicación, en particular los programas de ciencias de la televisión. La opinión mayoritaria (menos de la mitad) es ecléctica, ya que considera que ambos ofrecen una imagen exacta de la ciencia, la televisión más concentrada en las novedades y el mundo real y la escuela centrada en los principios fundamentales de la ciencia. La segunda opinión en importancia (menos de la quinta parte) considera que la TV da una imagen más exacta de la ciencia porque las imágenes que se emplean describen los acontecimientos con mayor claridad que las palabras. Globalmente, sin embargo, la actitud del alumnado es más favorable a considerar la imagen de la ciencia producida por los programas de TV más exacta que las clases de ciencias en la escuela; las alternativas favorables a la TV reúnen un tercio de respuestas, donde el hecho más valorado es el uso de imágenes, mientras las alternativas afirmando el valor de la ciencia escolar sólo son un pequeño 6%.

SOCIOLOGÍA INTERNA DE LA CIENCIA

El sistema científico en su conjunto se ha convertido en una institución cuyo crecimiento ha sido explosivo en los últimos lustros, de modo que se puede hablar de una verdadera comunidad científica en todo el alcance social del término. Como cualquier otro grupo social, la comunidad científica tiene sus propias características, así como una dinámica peculiar que viene condicionada por los objetivos de conocimiento de la empresa científica; se denomina sociología interna de la ciencia al estudio del conjunto de rasgos que conforman la comunidad científica como un grupo social particular.

En este apartado se reúnen el conjunto de respuestas obtenidas sobre las cuestiones referidas a los rasgos sociales internos de la comunidad científica, que se han dividido en tres grandes epígrafes: las características de los científicos, los rasgos propios de la construcción social del conocimiento científico y los rasgos propios de la construcción social del conocimiento de la tecnología.

Sociología interna de la ciencia. Características de los científicos.

Motivaciones (alumnado)

La motivación de los científicos para hacer ciencia es juzgada por el alumnado (más de un tercio) desde una actitud un poco imprecisa, como un asunto muy personal, que varía de un científico a otro, y por ello no es posible generalizar. Sin embargo, una cantidad significativa (menos de un tercio) opinan que la principal motivación de los científicos es descubrir e inventar para conocer y en beneficio de la sociedad; esta última razón vuelve a repetirse en otra alternativa con una frecuencia relevante, de modo que se podría considerar, acumulando las frecuencias de ambas opciones, que la creencia mayoritaria del alumnado es que los científicos trabajan motivados por hacer el bien para la sociedad. Otra alternativa relevante elegida se refiere a satisfacer la curiosidad por conocer y resolver los misterios del universo.

Valores/estándares (alumnado)

El estereotipo de la personalidad de los grandes científicos como personas de mentalidad abierta, imparciales y objetivos en su trabajo, como condiciones necesarias para su trabajo es juzgado insuficiente por el alumnado; una mayoría (más de un tercio) cree que, además, necesitan también tener imaginación, inteligencia y honradez. Sin embargo, las opciones que no creen necesarias estas cualidades personales consiguen un apoyo similar, incluso superior a la alternativa contraria; una parte importante (un cuarto) adoptan una actitud relativista: depende, unos científicos son así, pero otros están en el estereotipo contrario, mientras otros (menos de un quinto), creen que pueden estar tan absortos en su trabajo que pueden llegar a estar en el estereotipo opuesto. Globalmente, se puede considerar que domina la actitud contraria a que estos rasgos estereotípicos sean necesarios para hacer la mejor ciencia.

La cuestión siguiente intenta elucidar si los rasgos estereotípicos personales de los científicos son usados por estos sólo en su trabajo o se prolongan también a su vida no profesional (familiar, por ejemplo). El alumnado cree mayoritariamente que los científicos tienen estas cualidades en su trabajo

como científicos, pero no necesariamente en su casa, bien porque esta prolongación no sucede para todas las personas, o bien porque los científicos, por ser humanos, serán como el resto de la gente en su vida diaria; entre ambas razones reúnen más de la mitad de las respuestas. Otra actitud relevante (más de un cuarto) sostiene que los científicos no tienen estas características en mayor medida que otras personas, tanto en su trabajo como en su casa.

En la siguiente cuestión se somete a consideración si los rasgos del estereotipo de personalidad son poseídos por los científicos en su vida familiar en mayor medida que otras personas. La gran mayoría opina que los científicos no tienen en su vida diaria estas características necesariamente, y además como humanos, las tendrán en la misma medida que cualquier otra persona. En torno a esta actitud centrada, que podría considerarse ecléctica, las frecuencias sobre las otras opciones que responden a las actitudes extremas de uno y otro signo se distribuyen simétricamente respecto a estas.

La honradez es una pieza clave del sistema científico, pues de otra manera el fraude y los plagios arruinarían el progreso del conocimiento. La actitud dominante (más de la mitad) en el alumnado respecto a la honradez de los científicos en su trabajo es relativizar su importancia: no se puede generalizar porque los científicos son personas como los demás, unos serán honrados y otros no. El resto de las opiniones alcanzan niveles bajos y similares entre sí. Quizá la actitud en esta cuestión sea una de las que ejemplifique mejor el analfabetismo científico del alumnado respecto a la ciencia y el funcionamiento de la comunidad científica como sistema de control y comprobación de los trabajos de los científicos y reclama la necesidad de una educación basada en los postulados CTS para una mejor alfabetización sobre la naturaleza de la ciencia.

Creencias (alumnado)

La pretensión que el conocimiento científico es absolutamente independiente de las creencias y las ideologías ha sido una de las piedras angulares del positivismo lógico que han sido falsadas por el relativismo y la sociología de la ciencia. Se somete a juicio del alumnado la influencia de las creencias religiosas sobre los descubrimientos de los científicos, y la actitud mayoritaria (casi la mitad) es que las creencias religiosas no producen diferencias porque estas creencias están fuera del dominio de la ciencia. No obstante, también cabe resaltar la significativa respuesta (un cuarto) que reciben las dos alternativas favorables a reconocer que las creencias producen diferencias en el trabajo de los científicos, en sus juicios, y en la selección de los problemas para trabajar. Por último, la actitud intermedia que hace depender esta influencia de la fortaleza de las creencias también tiene un respaldo significativo (un quinto). En suma, la mayoría del alumno respalda una actitud positivista negando la influencia de las creencias religiosas sobre el trabajo científico, aunque la importancia de las actitudes opuestas o intermedia es también relevante.

Capacidades (alumnado)

El mito del científico en su torre de marfil, aislado del mundo y reconcentrado en su trabajo, es propuesto bajo la afirmación que los científicos no tienen vida familiar y social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo. Como en otras ocasiones, la actitud mayoritaria del alumnado (más de un tercio) es intermedia y relativiza la validez de esta afirmación, haciéndola depender del tipo de persona, unos científicos tendrán una vida familiar y social normales, mientras otros están tan metidos en su trabajo que reducen su vida social. Casi un tercio del alumnado, también, sostiene que la vida social y familiar de los científicos es normal, porque es valiosa y porque no pueden ignorarla, y un cuarto más niegan que no tengan vida social. La opción que apoya el mito de la torre de marfil recibe, pues, un apoyo insignificante. En suma, la actitud dominante del alumnado expresa que los científicos tienen una vida social y familiar normales, y sólo en algunos casos personales la dedicación al trabajo hace sufrir la vida familiar y social de los científicos.

El trabajo científico requiere paciencia y constancia para superar los momentos de frustración, por no alcanzar buenos resultados, y de aburrimiento, ante el tedio de repetir comprobaciones numerosas veces. La actitud mayoritaria del alumnado (menos de la mitad) cree que sin paciencia y determinación el

trabajo científico no podría alcanzar resultados correctos. La segunda actitud mayoritaria (un cuarto) es contraria, pues considera que los científicos tienen la misma capacidad de paciencia y determinación que el resto de las personas y ni siquiera los mejores científicos son capaces de superar la frustración. Globalmente, las actitudes que consideran la paciencia y la constancia como capacidades de los científicos superan ampliamente la mitad, mientras sólo un tercio sostienen la actitud contraria.

Efectos de género (alumnado)

El género es una de las variables diferenciales más consideradas en la investigación. Desde diversas perspectivas, se examina si las diferencias de género de los científicos pueden ser fuente de diferencias en el trabajo, en la forma y en los resultados de la investigación científica que realizan.

Las diferencias en los descubrimientos hechos por mujeres o por hombres son rechazadas mayoritariamente. Las dos razones mayoritarias (un tercio, cada una) sostenidas son, por un lado que el género no tiene importancia en la investigación científica (lo importante es ser buen científico) y, por otro que tiene en consideración las diferencias individuales, que las diferencias en los descubrimientos se deben a otras diferenciales individuales, distintas del género. Las tres alternativas que sostienen diferencias suaves entre hombres y mujeres científicos reciben un escaso apoyo, inferior al 10%. Por tanto, la actitud del alumnado respecto a las diferencias de género en la investigación científica es abrumadoramente igualitaria, justificada principalmente, porque cualquier buen científico es capaz de realizar un descubrimiento, y porque las diferencias observadas se pueden deber a otras diferencias individuales, pero no al género.

En cuanto a la manera de realizar el trabajo científico, por hombres y mujeres, se reproduce aproximadamente el esquema actitudinal observado en la cuestión anterior, con dos posiciones mayoritarias, aunque la segunda desciende mucho su apoyo. En este caso, la opinión más apoyada (más de un tercio) es la que justifica las diferencias en la manera de trabajar por las diferencias individuales distintas al género. La segunda posición mayoritaria establece que todos los buenos científicos realizan la investigación de la misma manera, aunque recibe un apoyo menor (menos de un quinto). Esto hace que las otras razones que apoyan la igualdad (misma formación, misma inteligencia, misma capacidad o igualdad total) incrementen ligeramente su apoyo. Globalmente, sin embargo, las opciones que apoyan diferencias entre hombres y mujeres muestran una tendencia a incrementar su apoyo, aunque el aumento es insignificante.

Resumiendo mucho la investigación psicológica sobre estereotipos y diferencias de género, se puede decir que en términos estadísticos, respecto a hombres y mujeres, existe un cierto consenso en sostener que los hombres son más racionales, agresivos y competitivos y que las mujeres son más sensibles emocionalmente y están mejor dotadas en habilidades sociales. Estas diferencias se podrían traducir a diferencias entre hombres (más objetivos) y mujeres (más inclinadas a valores y sentimientos) científicos como fuente de diferencias de género en la actividad científica. El alumnado muestra dos posiciones dominantes (un cuarto, cada una) que sostienen, respectivamente, que los buenos científicos prestan atención a ambas cualidades (razonamiento objetivo y valores) y que las diferencias de atención a uno u otro son debidas a otras diferencias individuales de cada persona distintas al género. Otras posiciones relevantes sostienen que no existen estas diferencias entre hombres y mujeres científicos porque la inteligencia necesaria para el trabajo científico debe prestar atención a todo y porque los buenos científicos prestan atención a ambos aspectos, razonamiento y valores. El apoyo para la tesis diferencial entre hombres y mujeres científicos es muy pequeño.

Infrarrepresentación de las mujeres (alumnado)

La comunidad científica durante muchos años estuvo formada casi exclusivamente por hombres, y hoy día, es patente la infrarrepresentación de las mujeres en los ámbitos de la investigación científica. Las actitudes del alumnado para justificar este hecho muestra la adhesión a tres razones mayoritarias. La más apoyada de ellas (menos de un tercio) es ciega respecto al devenir histórico de las desigualdades de las mujeres, pues considera que dada la igualdad entre hombres y mujeres no existen razones para que se

produzca la infrarrepresentación de las mujeres. La segunda de las posiciones mayoritarias (un cuarto) justifica la existencia de menos mujeres científicas por el estereotipo masculino de la profesión científica y por el patrón de otros trabajos más tradicionales para las mujeres. La tercera de las razones mayoritarias (un quinto) se refiere al patrón tradicional de dominancia masculina (hombres más listos, mujeres más débiles), prejuicio que ha causado que más hombres lleguen a científicos, aunque hombres y mujeres sean igualmente capaces en ciencia. Las tres razones más sexistas que recogen rasgos del patrón de dominancia masculina citado reciben un respaldo pequeño.

Motivaciones (profesorado)

La actitud del profesorado respecto a la motivación de los científicos para hacer ciencia es mucho más clara y contundente que la del alumnado. Un gran mayoría (más de la mitad) sostienen la imprecisa actitud de considerar esta motivación como un asunto muy personal, que varía de un científico a otro, y por ello no es posible generalizar. Una cantidad relevante (un quinto) opinan que la principal motivación de los científicos es descubrir e inventar para conocer y en beneficio de la sociedad. En conjunto, el perfil de actitud del profesorado es similar al del alumnado, pero la gran proporción decantada por la opción mayoritaria hace que las tasas dirigidas a otras actitudes sean considerablemente inferiores.

Valores/estándares (profesorado)

El estereotipo de la personalidad de los grandes científicos como personas de mentalidad abierta, imparciales y objetivos en su trabajo, como condiciones necesarias para su trabajo es juzgado insuficiente por el profesorado; una gran mayoría (más de la mitad) cree que estos valores son necesarios pero insuficientes, necesitando también tener imaginación, inteligencia y honradez. Las opciones que no creen necesarias estas cualidades personales consiguen un apoyo inferior; una parte importante (un quinto) adoptan una actitud relativista: depende, unos científicos son así, pero otros están en el estereotipo contrario. Globalmente, el perfil de respuestas del profesorado es muy similar al del alumnado, pero dada la gran mayoría alcanzada por la opción más elegida, la actitud global es radicalmente diferente: el profesorado considera que los rasgos estereotípicos propuestos son necesarios para hacer la mejor ciencia, pero que son insuficientes.

Capacidades (profesorado)

El mito del científico en su torre de marfil, aislado del mundo y reconcentrado en su trabajo, es propuesto bajo la afirmación que los científicos no tienen vida familiar y social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo. Como en otras cuestiones, la actitud mayoritaria del profesorado (casi la mitad) es intermedia y relativiza la validez de esta afirmación, haciéndola depender del tipo de persona, unos científicos tendrán una vida familiar y social normales, mientras otros están tan metidos en su trabajo que reducen su vida social. Las opciones que sostienen que la vida social y familiar de los científicos son normales reúnen más de la mitad de las frecuencias, lo que significa que, globalmente, estas opciones resultan mayoritarias. La opción que apoya el mito de la torre de marfil recibe un apoyo insignificante. En suma, la actitud predominante entre el profesorado es favorable a la vida social y familiar normales de los científicos, y sólo en algunos casos personales la dedicación al trabajo repercute sobre la vida familiar y social de los científicos; esta última posición es la mayoritaria y es más apoyada entre el profesorado que entre el alumnado.

La paciencia y la constancia para superar los momentos de frustración, por no alcanzar buenos resultados, y el aburrimiento, ante el tedio de repetir comprobaciones numerosas veces, son cualidades que suelen atribuirse a los mejores científicos. La actitud mayoritaria del profesorado (más de la mitad) sostiene que sin paciencia y determinación el trabajo científico no podría alcanzar resultados correctos. La segunda actitud mayoritaria (un cuarto) es contraria, pues considera que los científicos tienen la misma capacidad de paciencia y determinación que el resto de las personas y ni siquiera los mejores científicos son capaces de superar la frustración. Globalmente, las actitudes que consideran la paciencia y la

constancia como capacidades de los científicos son dominantes (dos tercios), mientras que sólo poco más de un cuarto sostienen la actitud contraria.

Efectos de género (profesorado)

El profesorado juzga la manera de realizar el trabajo científico, por hombres y mujeres, desde una perspectiva abrumadoramente igualitaria, independiente del género; la opinión mayoritaria (más de la mitad) es la que justifica las diferencias en la manera de trabajar de los científicos mediante las diferencias individuales distintas al género. Del resto de las posiciones, las más relevantes son las que justifican la ausencia de diferencias por tener la misma inteligencia y las mismas capacidades, a mucha distancia de la posición dominante. Globalmente, las opciones que apoyan diferencias suaves entre hombres y mujeres muestran un apoyo pequeño.

Infrarrepresentación de las mujeres (profesorado)

La comunidad científica durante muchos años estuvo formada casi exclusivamente por hombres, y hoy día, hay muchos más hombres científicos que mujeres. Las actitudes del profesorado para justificar este hecho tiene un perfil idéntico al del alumnado y muestra la adhesión a tres razones mayoritarias. La más apoyada de ellas (menos de un tercio) no tiene en cuenta la historia de desigualdades de la mujer, pues considera que dada la igualdad entre hombres y mujeres no existen razones para que se produzca la infrarrepresentación de las mujeres. La segunda de las posiciones mayoritarias (menos de un cuarto) justifica la existencia de menos mujeres científicas por el estereotipo masculino de la profesión científica y por el patrón de otros trabajos más tradicionales para las mujeres. La tercera de las razones mayoritarias (un quinto) se refiere al patrón tradicional de dominancia masculina (hombres más listos, mujeres más débiles), prejuicio que ha causado que más hombres lleguen a científicos, aunque hombres y mujeres sean igualmente capaces en ciencia. Las tres razones sexistas que recogen rasgos del patrón de dominancia masculina citado reciben un respaldo prácticamente insignificante. La identidad del perfil entre alumnado y profesorado muestra hasta que punto las representaciones sociales sobre un determinado hecho, basado en estereotipos extendidos en la sociedad, marcan actitudes similares en grupos sociales distintos, con independencia de otros factores diferenciales tales como la edad, educación, etc..

Sociología interna de la ciencia. Construcción social del conocimiento científico.

Una de las características fundamentales de la ciencia es que la construcción del conocimiento científico y tecnológico, aunque integrada por contribuciones individuales valiosísimas, en conjunto, se trata de una empresa esencialmente colectiva, y por tanto, sometida a muchas de las reglas sociales que rigen el comportamiento de los grupos humanos. En este epígrafe se analizarán algunos de los rasgos más sobresalientes que caracterizan la ciencia como una empresa colectiva, la lealtad al grupo y a la comunidad científica, la toma de decisiones científicas, la comunicación científica, las interacciones sociales, la influencias sobre los científicos, etc.

Colectivización (alumnado)

La organización de los científicos en equipos reducidos de investigación plantea problemas cuando la lealtad al propio grupo se enfrenta a la lealtad de conciencia frente a los ideales o valores de la más amplia comunidad científica. El alumnado tiene una actitud intermedia respecto a este tema, ya que las dos posiciones mayoritarias reflejan el reconocimiento simultáneo de fidelidad al grupo y a los ideales; la posición principal (más de un tercio) sostiene que los científicos mantienen en equilibrio ambos tipos de lealtad, y la posición segunda (un quinto) sostiene que depende del científico concreto, de modo que mientras algunos siguen los ideales de la ciencia, otros ponen primero los intereses del equipo. Otra posición muy importante (un quinto) sostiene que la lealtad a los ideales de la ciencia no es afectada por la lealtad al equipo, porque el objetivo de la investigación científica es conocer hechos y no acomodarse al

equipo, visión ciertamente idealista en los tiempos actuales. Globalmente, la actitud del alumnado es intermedia, pero escorada significativamente hacia una posición favorable a que la lealtad al equipo no perjudica la lealtad a los ideales de la ciencia. Las posiciones favorables a que la lealtad a la ciencia es sustituida por la lealtad al equipo es muy pequeña.

Cuando el problema de la lealtad se plantea, no en referencia al equipo de iguales dedicado a la investigación, sino respecto a la empresa para la que trabajan, la actitud del alumnado cambia apreciablemente. La posición más seleccionada continúa siendo la intermedia (menos de la mitad), que hace depender la mayor fidelidad a la empresa o a los ideales de la ciencia de cada científico particular. El cambio fundamental de actitud se aprecia en la selección significativa de las posiciones que sostienen con diferentes razones que la lealtad a los ideales de la ciencia es sustituida por la lealtad a la empresa, por casi un tercio de la muestra. Las opciones favorables a la actitud contraria no alcanzan la mitad de apoyo que la anterior.

Decisiones científicas (alumnado)

Cuando los científicos tienen que tomar una decisión sobre la mejor teoría o la mejor solución de un problema normalmente se desata un proceso de controversia, en el sentido de que unos científicos defiende una posición y otros científicos defienden otra, cuya resolución puede durar más o menos tiempo, según el peso de los apoyos que puedan tener las posiciones enfrentadas.

En la primera cuestión sobre las controversias científicas, se somete a la consideración del alumnado la influencia en los desacuerdos de distintos factores como valores morales o motivaciones frente a los hechos o datos científicos en un tema o problema concreto (nivel de radiación perjudicial). La actitud mayoritaria (más de un tercio) rechaza la influencia de valores o motivaciones y atribuye los desacuerdos a distinta interpretación de los hechos por las distintas teorías científicas. Sin embargo, la segunda actitud en importancia (menos de un tercio) reconoce la influencia de todo tipo de razones, tanto las que se refieren a los hechos (datos incompletos, diferentes teorías, desinformación), como las que se refieren a valores, opiniones personales, presiones, reconocimiento público, etc. En conjunto, se puede decir que la actitud mayoritaria se centra en los hechos o datos científicos exclusivamente (casi la mitad) o en conjunción con otros factores externos a la ciencia (casi un tercio).

La segunda cuestión se refiere a lo que podríamos denominar controversias estrictamente científicas, esto es, las decisiones de aceptar o no, una nueva teoría científica frente a otra(s) vieja(s) teoría(s). En esta cuestión se enfrenta la decisión racional (basada objetivamente en hechos) frente a la posible influencia también de subjetividades o motivaciones personales. La posición mayoritaria (más de un tercio) del alumnado sostiene que además de los hechos o datos exclusivamente, las decisiones que resuelven las controversias científicas se basan también en otros factores, pero también científicos, tales como el número de comprobaciones exitosas, la estructura y la sencillez de la teoría. La segunda posición corresponde con el reconocimiento de que exclusivamente los hechos determinan las decisiones de los científicos. También se reconoce significativamente la influencia de los sentimientos o motivaciones, aunque sólo en alguna medida, y por tanto, con papel débil. La opción que reconoce una influencia mayor de los aspectos subjetivos que de los aspectos científicos recibe un apoyo insignificante. En resumen, la actitud mayoritaria del alumnado (más de la mitad) es favorable a un resolución racional de las controversias científicas entre teorías, en el sentido que la decisión está basada en factores exclusivamente científicos (hechos, datos y diversos aspectos de las teorías); sólo se reconoce una influencia muy débil y secundaria de los factores subjetivos.

La tercera cuestión plantea la forma consensual, convenciendo a otros científicos, en que los científicos toman las decisiones de cierre de las controversias. Las dos opciones mayoritarias (más de un tercio cada una) justifican que los defensores de una teoría deben de convencer a otros científicos, la primera, explicando las evidencias concluyentes como prueba de veracidad, y la segunda, porque en el proceso de discusión previo al consenso, la teoría puede ser mejorada. Las opciones desfavorables a la necesidad del proceso de consenso son minoritarias (un quinto) y se justifican por considerar que el proceso de aceptación es un proceso esencialmente individual de cada científico y que las evidencias tienen un valor objetivo que habla por sí mismas. Globalmente, la actitud del alumnado es favorable a la

necesidad de un proceso de convencimiento para llegar al consenso sobre la aceptación de nuevas teorías.
Comunicación profesional (alumnado)

La función primordial de la comunicación abierta del conocimiento científico es el progreso y avance del conocimiento científico y técnico; pero en la actual organización del sistema de ciencia y tecnología, la comunicación profesional también puede servir a otras muchas funciones, tales como mejorar las carreras y la credibilidad personal de los científicos, facilitar el acceso a la financiación de la investigación, etc. La percepción del alumnado sobre las distintas funciones que cumple la publicación de los descubrimientos científicos en las revistas especializadas está dispersa. La posición mayoritaria (menos de un tercio) reconoce la función de avance de la ciencia y tecnología junto con mantener la información del público sobre los descubrimientos. La segunda posición en importancia (más de un quinto) reconoce tanto el objetivo de construcción comunal del conocimiento (hacer avanzar la ciencia y la tecnología), como los objetivos personales (credibilidad y fama). Otra posición relevante se centra en el objetivo comunal de progreso del conocimiento contando todos con las aportaciones de los demás, sin lo cual el avance podría detenerse. En conjunto, el alumnado reconoce en todas las alternativas mayoritarias la importancia de la comunicación para el avance del conocimiento, pero en la alternativa mayoritaria la referencia a la información al público puede ser un indicador de una cierta desinformación, ya que el público no suele leer las revistas científicas.

Otro aspecto importante de la comunicación científica, en la actual sociedad de la comunicación que hace del mundo una aldea global, es el deber de los científicos de publicar sus descubrimientos directamente en los medios de comunicación social cara al público general, antes de darlos a conocer a la comunidad científica, a través de sus canales institucionales. La actitud del alumnado es abrumadoramente (más de dos tercios) favorable a la presentación primera ante otros científicos, que puedan comprobar y verificar los resultados y evitar que errores o inexactitudes desconcierten al público. Globalmente, casi el 80% del alumnado cree que el equipo de científicos debe presentar primero sus descubrimientos a otros científicos.

Competencia profesional (alumnado)

La comunidad científica tiene una serie de recompensas para premiar a sus miembros más insignes por sus contribuciones más meritorias. El sistema de incentivos de la ciencia estimula el trabajo y el esfuerzo de los científicos, pero también la lucha por los incentivos es causa de una competencia muy fuerte entre los equipos de investigación, que pueden caer en la tentación violar las reglas más básicas de la ciencia con tal de conseguir las recompensas. La opinión de los estudiantes sobre la competencia entre los científicos es bastante ambivalente. En primer lugar, la opción mayoritaria (menos de la mitad) es intermedia, admitiendo la existencia de científicos que olvidan las reglas de la ciencia y otros que las cumplen. En segundo lugar, comparando las opiniones favorables o desfavorables, se observa que quienes creen que los científicos no compiten, sino que cooperan entre ellos siguiendo las reglas de la ciencia, son menos (un quinto) que quienes defienden que los científicos olvidan las reglas de la ciencia por competir, por el éxito, por premios personales, económicos o ser los primeros en llegar a la respuesta final (casi un tercio). Globalmente, pues, tenemos una actitud de ambivalencia, pero con una tendencia más definida hacia la creencia que los científicos olvidan las reglas de la ciencia por competir por las recompensas.

Interacciones sociales (alumnado)

A pesar de las numerosas anécdotas que jalonan la biografía de los científicos (tal vez, muchas inciertas), y son una muestra de como las peculiares relaciones sociales de cada científico han influido en su trabajo o descubrimientos, el positivismo lógico ha extendido con ahínco la idea que el conocimiento científico no está contaminado con ningún rasgo subjetivo, y menos, influido por las relaciones sociales de cada científico particular. Cuando se plantea esta cuestión, la alternativa singular mayoritaria (un cuarto) coincide con la actitud positivista enunciada. Sin embargo, si se tiene en cuenta que el resto de las alternativas corresponden a una actitud favorable a la influencia de los contactos sociales (proporcionando

apoyo social, ideas, descanso y revitalización, demandas o como fuente de datos) sobre el trabajo del científico, se podría concluir que el alumnado reconoce mayoritariamente (dos tercios) la influencia de la sociedad sobre el conocimiento científico.

Influencia de individuos (alumnado)

Otro de los principales elementos subjetivos que pueden influir sobre el conocimiento científico es la personalidad o carácter de los científicos individuales. La actitud del alumnado es, ciertamente, compleja, pues las distintas alternativas reciben respaldos similares, pero se podría resumir diciendo que reconocen la influencia de la personalidad del científico. En los matices, se podría decir que esta influencia se muestra más bien débil que fuerte, pues las alternativas que niegan la influencia reciben un respaldo ligeramente mayor que las contrarias (más de la mitad), basándose fundamentalmente en el argumento que los hechos y el método científico son independientes de las personas. No obstante, en este grupo, las dos alternativas mayoritarias reconocen una leve influencia de la personalidad en la forma que un científico diseña un experimento o en la interpretación de determinados hechos. La actitud favorable a la influencia de la personalidad del científico sobre el contenido de una teoría es sostenida por más de un tercio del alumnado.

La capacidad de influencia social de los científicos brillantes (como Einstein, por ejemplo) sobre el resto de científicos se cree que es muy limitada. La opción mayoritaria (un poco menos de la mitad) apoya la influencia de los científicos estrellas sobre la comunidad científica, pero condicionada a que sus opiniones personales estén apoyadas en buenas razones o evidencias. Otras opciones relevantes no son tan favorables a la influencia de los científicos estrellas, porque consideran a los científicos individuales dotados de la suficiente autoridad e ideas propias para no aceptar fácilmente las ideas de otro, aunque sea un científico brillante.

Influencia nacional (alumnado)

La influencia sobre el conocimiento científico de las diversas culturas y nacionalidades de pertenencia de los científicos recibe del alumnado, globalmente, un respaldo mayoritario (casi dos tercios). Las dos opciones singulares mayoritarias (más de un quinto, cada una) reconocen la influencia del país, una más radicalmente, a través de la educación y la cultura, y la otra más relativamente, considerando que la personalidad de cada científico es suficientemente fuerte, de modo que unos pueden verse influidos y otros no. Una tercera alternativa relevante justifica la influencia del país a través del apoyo económico que da a sus científicos para trabajar en los temas que interesan al gobierno e industria del país. El grupo que cree que el país no marca diferencias entre los científicos (un cuarto) basa su actitud en la acusada personalidad de los científicos y en la universalidad del método científico como instrumento de homogeneidad, por encima de las diferencias culturales.

Una segunda cuestión plantea el mismo tema anterior, pero enunciado en sentido inverso, esto es, los científicos hacen sus investigaciones, básicamente, de la misma manera en todo el mundo. Como en el caso anterior (aunque la muestra que ha respondido ambos ítems es diferente), la actitud dominante es la desfavorable al enunciado (favorable a la influencia de las distintas culturas sobre la forma de hacer la investigación) y en una cuantía global similar a la encontrada en el caso anterior (dos tercios). La opción singular mayoritaria (un cuarto) reconoce como principal elemento diferenciador de las investigaciones las diferencias en la tecnología disponible, aunque modulada por aplicar el mismo método científico; es significativo que la atribución de las diferencias a la tecnología disponible (opciones D y E) reúne un 36% de respuestas. La segunda alternativa mayoritaria (menos de un cuarto) de la actitud dominante, favorable a las diferencias, alude a las diferentes condiciones sociales, culturales y de recursos en distintas zonas. Una alternativa singular relevante justifica las diferencias entre las investigaciones de los científicos por las ideas y métodos propios de cada equipo de investigación, que son independientes del país donde viven.

Ciencia pública y ciencia privada (alumnado)

La controversia entre la ciencia pública y privada, reminiscencia de los contextos de justificación y descubrimiento neopositivistas, cuestiona el problema planteado por los estudios sociológicos de la ciencia sobre la universalidad de las características de apertura de mente, lógica, objetividad e imparcialidad, es decir, si la privacidad del laboratorio exhibe estos rasgos en la misma medida que las presentaciones públicas de resultados. La alternativa mayoritaria del alumnado (más de un cuarto) atribuye a los científicos individuales la conducta pública o privada, diferente o igual, por lo tanto desligada de compromisos epistemológicos, lo cual revela una cierta desinformación sobre la ciencia. La segunda alternativa en importancia (un quinto) es favorable a la diferencia ciencia pública-privada. Globalmente, el apoyo de la diferencia pública-privada es abrumadoramente mayoritario, y dentro de esta, acertadamente, la actitud mayoritaria es la que atribuye a la ciencia privada menor cuidado con aquellas características citadas de la ciencia, mientras que la actitud que atribuye a la ciencia pública un menor cuidado es baja; la actitud favorable a la identidad pública-privada es relevante, pero minoritaria. En suma, la dispersión de las actitudes del alumnado entre todas las alternativas revela un cierta desinformación sobre la forma de producirse el conocimiento científico en sus aspectos privados y públicos.

Colectivización (profesorado)

Se plantea el problema de mantener la lealtad al propio grupo o equipo de investigación cuando se enfrenta a la lealtad de conciencia frente a los ideales o valores de la más amplia comunidad científica. El profesorado tiene un perfil de respuesta casi idéntico al del alumnado; la actitud mayoritaria es intermedia, ya que las dos posiciones seleccionadas mayoritariamente reflejan el mantenimiento simultáneo de la fidelidad al grupo y a los ideales. La posición principal (un tercio) sostiene que los científicos mantienen en equilibrio ambos tipos de lealtad, y la posición segunda (más de un cuarto) sostiene que depende del cada científico concreto, de modo que mientras algunos siguen los ideales de la ciencia, otros ponen primero los intereses del equipo; esta segunda posición marca la principal diferencia con el perfil del alumnado, ya que es seleccionada un poco más por el profesorado. Otra posición muy importante (un quinto) sostiene que la lealtad a los ideales de la ciencia no es afectada por la lealtad al equipo, porque el objetivo de la investigación científica es conocer hechos y no acomodarse al equipo, visión ciertamente muy idealista en los tiempos actuales. Globalmente, la actitud del profesorado es intermedia, pero escorada significativamente hacia una posición favorable a que la lealtad al equipo no perjudica la lealtad a los ideales de la ciencia. La proporción de las opciones que sostienen la lealtad al equipo sustituyendo a la lealtad a los ideales de la ciencia es insignificante.

Comunicación profesional (profesorado)

La percepción del profesorado sobre las distintas funciones que cumple la publicación de los descubrimientos científicos en las revistas especializadas, desde la primordial de contribuir al avance de la ciencia y tecnología, a otras generadas por la estructura comunitaria de la ciencia, tales como mejorar las carreras y la credibilidad personal de los científicos, facilitar el acceso a la financiación de la investigación, etc. está centrada mayoritariamente (más de un tercio) en reconocer tanto el objetivo de construcción comunal del conocimiento (hacer avanzar la ciencia y la tecnología), como los objetivos personales (credibilidad y fama). Otra posición relevante mayoritaria (casi un cuarto) se centra exclusivamente en el objetivo comunal de progreso del conocimiento contando todos con las aportaciones de los demás, sin lo cual el avance de la ciencia podría detenerse. Una posición relevante del profesorado (un sexto) sigue siendo la opción que establece la función de avance de la ciencia y tecnología junto con mantener la información del público sobre los descubrimientos, alternativa ciertamente un poco desinformada, ya que el público no suele leer las revistas científicas, pero menos significativa en este caso, puesto que su nivel de apoyo es menor. En conjunto, el profesorado reconoce con mayor intensidad que el alumnado la importancia de la comunicación científica para el avance del conocimiento y el progreso de la ciencia y tecnología.

Otro aspecto importante de la comunicación científica es el deber de los científicos de publicar sus descubrimientos directamente en los medios de comunicación social, cara al público general, o darlos a conocer antes a la comunidad científica, a través de sus canales institucionales. La actitud del profesorado es abrumadoramente (dos tercios) favorable a la presentación primera ante otros científicos, que puedan comprobar y verificar los resultados y evitar que errores o inexactitudes desconcierten al público. Globalmente, una gran mayoría (más de tres cuartos) del profesorado cree que el equipo de científicos debe presentar primero sus descubrimientos ante otros científicos. Sin embargo, una proporción relevante (un sexto) entre el profesorado sostiene la libertad de los equipos de investigación para decidir quien recibe el informe de sus hallazgos en primer lugar.

Influencia nacional (profesorado)

La influencia de las diversas culturas y nacionalidades de pertenencia de los científicos sobre los contenidos del conocimiento científico tiene un perfil de respuesta entre el profesorado muy similar al del alumnado; sin embargo, globalmente, el respaldo mayoritario (más de dos tercios) a esta actitud de influencia es más alto. Las dos opciones singulares mayoritarias (más de un cuarto, cada una) reconocen la influencia del país, una más radicalmente, a través de la educación y la cultura, y la otra más relativamente, considerando que la personalidad de cada científico es suficientemente fuerte, de modo que unos pueden verse influidos y otros no. Por fin, una tercera alternativa relevante justifica la influencia del país a través del apoyo económico que da a sus científicos para trabajar en los temas que interesan al gobierno e industria del país. El grupo que cree que el país no marca diferencias entre los científicos (menos de un cuarto) basa su actitud en la universalidad del método científico como instrumento de homogeneidad, por encima de las diferencias culturales, y menos, en la acusada personalidad de los científicos.

Una segunda cuestión plantea al profesorado el mismo tema anterior, pero enunciado inversamente, esto es, los científicos hacen sus investigaciones, básicamente, de la misma manera en todo el mundo. Como en el caso anterior (aunque la muestra que ha respondido ambos ítems es diferente), la actitud dominante es desfavorable al enunciado (favorable a la influencia de las distintas culturas sobre la forma de hacer la investigación) y en una cuantía global similar a la encontrada en el caso anterior (más de dos tercios). La opción singular mayoritaria (un tercio) reconoce las diferencias en la tecnología disponible, aunque modulada por aplicar el mismo método científico, como el principal elemento diferenciador de las investigaciones; es significativo que la atribución de las diferencias a la tecnología disponible (opciones D y E) reúne un 43% de respuestas. La segunda alternativa mayoritaria (un quinto) de la actitud favorable a las diferencias alude a las diferentes condiciones sociales, culturales y de recursos en distintas zonas. Una alternativa singular relevante justifica las diferencias entre las investigaciones de los científicos por las ideas y métodos propios de cada equipo de investigación, que son independientes del país donde viven.

Sociología interna de la ciencia. Construcción social de la tecnología.

Decisiones tecnológicas (alumnado)

La primera cuestión plantea los criterios que se aplican para poner en uso las nuevas tecnologías, enfrentando un correcto funcionamiento frente a otros factores, que podrían considerarse secundarios para el usuario. La opinión mayoritaria del alumnado (menos de un tercio) es ecléctica, dependiendo del tipo de tecnología que se trate, de modo que en unos casos el criterio será su buen funcionamiento, mientras que en otros casos los criterios tienen en cuenta otros factores. La segunda opinión en importancia (un quinto) se inclina porque son otros factores distintos al buen funcionamiento los que condicionan las decisiones tecnológicas. Una tercera opinión relevante expresa la idealista creencia que la decisión depende de la ayuda para las personas y la ausencia de efectos negativos o perjudiciales. En suma, globalmente, la actitud del alumnado acierta a intuir, bastante aproximadamente, el carácter complejo de las decisiones tecnológicas que las hace depender de múltiples factores y todos ellos en interacción.

Es un hecho histórico que el género humano, durante largo tiempo, ha utilizado la tecnología sin cuestionarse otros efectos, principalmente por la ignorancia; es más, muchas tecnologías se usaban sin ni siquiera conocer la explicación de su funcionamiento. En el último siglo, sin embargo, esta situación ha cambiado; la ciencia no sólo ha sido capaz de explicar científicamente todas las tecnologías sino que ha producido nuevas tecnologías. La cuestión plantea al alumnado el tema de la explicación del funcionamiento de una tecnología como un criterio clave para la decisión de usar una nueva tecnología. La opción mayoritaria (un cuarto) recoge la dependencia multifactorial de las decisiones tecnológicas, pero la segunda opción en importancia (un quinto) es partidaria de conocer el funcionamiento, porque de esta manera la sociedad sabrá como usarla mejor y sin temor. La tercera opción mayoritaria (menos de un quinto) opina que un desarrollo tecnológico tiene que funcionar en la teoría antes de funcionar en la práctica, reveladora de una cierta desinformación sobre la historia de la tecnología. Este rasgo de desinformación, junto con el minoritario apoyo de la misma opción ecléctica que resultó mayoritaria en la cuestión anterior, permite concluir que la actitud del alumnado respecto a las decisiones tecnológicas, cuando interviene el criterio de conocer el funcionamiento de las tecnologías, resulta diferente, concediendo a este factor una importancia relevante respecto a los demás.

En la última cuestión se examina la importancia del balance entre las ventajas y las desventajas para la sociedad de una tecnología, como criterio para decidir su uso. La opción apoyada mayoritariamente (casi un tercio) establece que existen otros factores adicionales, además de las ventajas y las desventajas, cuestión que se refleja también, de diversas maneras, en las otras opciones; en particular, la alternativa ecléctica que reconoce que los criterios dependen del tipo de tecnología que se trate, es en este caso, la segunda en importancia (más de un quinto). Otra alternativa apoyada relevantemente reconoce el hecho que algunas tecnologías han sido aplicadas aún cuando sus desventajas fueran más importantes que sus ventajas. El criterio de compensación de las desventajas por las ventajas recibe un apoyo relevante, pero minoritario.

En suma, la actitud mayoritaria del alumnado sobre la toma de decisiones tecnológicas que parece insinuarse de estas respuestas es principalmente ecléctica, reconociendo la existencia de múltiples factores que determinan las decisiones, y que resulta una actitud aproximadamente adecuada, pero también se refleja una actitud recelosa, en cuanto que se subrayan factores no directamente relacionados con la ayuda o los beneficios para la sociedad (costes, desventajas, efectos sobre empleo, etc.). También se manifiestan actitudes importantes desinformadas, como es el caso del papel preponderante atribuido a la explicación teórica del funcionamiento de una tecnología o la ingenua creencia que las nuevas tecnologías no son usadas si resultan perjudiciales, ignorando que muchos de los problemas ambientales que soportamos son el resultado de la aplicación de tecnologías cuyo uso no sólo no somos capaces de eliminar, sino siquiera de disminuir, cuestión que nos lleva al tema siguiente del control de la tecnología.

Tecnología autónoma (alumnado)

La cuestión del control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos es un problema candente actual, por los efectos indirectos que tiene la tecnología sobre distintos aspectos sociales y ambientales y enfrenta expectativas de control positivas y negativas. La alternativa mayoritaria (casi un tercio) es negativa ya que considera que el avance tecnológico es tan rápido que no puede ser controlado debido a la ignorancia de los ciudadanos, aunque la alternativa siguiente en importancia (un cuarto) muestra la expectativa positiva de control a través de la demanda de los consumidores. Otra expectativa relevante de control se deposita en crear organizaciones populares que hagan oír su opinión en estos temas. Globalmente, las alternativas que reflejan actitudes con expectativas de control positivo (mitad) superan a las actitudes negativas que creen en la imposibilidad de los ciudadanos de llegar a controlar el desarrollo tecnológico.

Tecnología autónoma (profesorado)

La alternativa mayoritaria del profesorado (casi la mitad) es la expectativa negativa de control que considera que el avance tecnológico es tan rápido que no puede ser controlado debido a la ignorancia de

los ciudadanos, que por sí sola determina ya una actitud del profesorado marcadamente diferente a la actitud del alumnado. La alternativa siguiente en importancia menor (un quinto) muestra la expectativa positiva de control a través de la demanda de los consumidores. Otra expectativa relevante de control se deposita en crear organizaciones populares que hagan oír su opinión para el control de estos temas. Globalmente, las alternativas que reflejan actitudes con expectativas de control positivo (más de un tercio) son superadas por las actitudes negativas sosteniendo que los ciudadanos no llegan a controlar el desarrollo tecnológico, ofreciendo una actitud del profesorado más pesimista que la actitud exhibida por el alumnado, respecto a las expectativas de control de la tecnología.

EPISTEMOLOGÍA. NATURALEZA DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.

Observaciones (alumnado)

La carga de teoría existente en las observaciones factuales es una de las críticas más tempranas de las distintas corrientes epistemológicas frente al positivismo. Esta cuestión es planteada al alumnado que responde mayoritariamente (más de un tercio) con una actitud intermedia (no diferirán mucho porque los científicos son competentes), situada entre la postura dura del positivismo reflejada en otras dos opciones (casi un quinto) y el reconocimiento más extremo de la carga teórica de las observaciones (otro quinto). La alternativa intermedia, no obstante, refleja una actitud neopositivista dulcificada, no justificando con claridad las diferencias en base a diferencias teóricas. Por ello, se puede considerar que la actitud global del alumnado es más proclive a una actitud positivista que no a reconocer la carga teórica de las observaciones.

Modelos científicos (alumnado)

La ciencia construye teorías y modelos para describir y explicar la naturaleza, y se plantea al alumnado la naturaleza de estos modelos, en particular, la disyuntiva de elegir si son o no copias de la realidad. La alternativa más elegida (un tercio) sostiene que son copias de la realidad, pero aproximadas, mientras el reconocimiento como copias verdaderas de la realidad recibe un respaldo también importante (un cuarto). Las alternativas más funcionales que sólo ven en los modelos instrumentos útiles, pero limitados, cambiantes con el tiempo, o conjeturas bien informadas, sólo reciben un apoyo de otro cuarto de la muestra. Por tanto, la actitud dominante del alumnado es marcadamente realista, y aunque una buena mayoría reconoce su naturaleza aproximada, se puede considerar que fallan en captar el carácter instrumental, cambiante e hipotético de los modelos.

Esquemas de clasificación (alumnado)

Cuando la naturaleza realista o mental se aplica a los sistemas de clasificación utilizados por los científicos, la actitud del alumnado es muy diferente de la sostenida respecto a los modelos. La alternativa mayoritaria (casi un tercio) comienza con una sentencia antirrealista, para justificar la existencia de múltiples sistemas de clasificación, y es muy semejante a la segunda alternativa en importancia (casi un cuarto), que también afirma la multiplicidad de los sistemas de clasificación, pero subraya un poco más el carácter convencional y consensual de las clasificaciones científicas. La tercera alternativa importante (casi un quinto) es también mentalista, justificada por la necesidad de que nuevos descubrimientos lleven a nuevas clasificaciones. Las alternativas realistas tienen un bajo apoyo. En suma, la actitud del alumnado respecto a los sistemas de clasificación científicos es abrumadora y claramente instrumentalista, es decir, consideran que los sistemas de clasificación son convenciones consensuadas, útiles, inventadas y provisionales.

Provisionalidad (alumnado)

La naturaleza cambiante y provisional es aplicada al conocimiento científico, en general, aunque la cuestión anterior ha demostrado para las clasificaciones que el alumnado capta su evolución. La cuestión de la provisionalidad del conocimiento se plantea desde la perspectiva de los diversos modelos de cambio sugeridos por diversas corrientes epistemológicas: el relevo generacional de los científicos, los nuevos descubrimientos, las nuevas interpretaciones y la acumulación. La alternativa mayoritaria (casi la mitad) recoge la importancia de los nuevos descubrimientos para reinterpretar el viejo conocimiento, reconociendo que pueden cambiar los hechos científicos. La segunda actitud (un quinto) respecto al cambio científico es acumulativa, y un poco más alejados se encuentran las reinterpretaciones de viejos hechos, pero manteniendo la fe en que los hechos son invariables, y el relevo generacional (mezclado con detección de errores y nuevas técnicas).

Hipótesis, teorías y leyes (alumnado)

El estatus epistemológico de hipótesis, teorías y leyes es planteado desde una perspectiva evolutiva. La base de la cuestión afirma que hipótesis, teorías y leyes constituyen estadios sucesivos del desarrollo de una idea científica. La mayoría del alumnado (la mitad) está de acuerdo con el pie de la cuestión, seleccionando las dos primeras alternativas, que establecen una opinión acorde con la frase del pie; el grado creciente de comprobación alcanzado por una idea es lo que determina su evolución desde hipótesis a leyes. Por tanto, la opinión mayoritaria del alumnado es favorable a la idea ingenua que cree que las leyes son “teorías maduras”. Una minoría (casi un cuarto) opina que leyes y teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase, bien porque no se puede probar que una teoría sea verdadera en la misma medida que una ley, o bien porque se considera que las leyes son descriptivas, mientras que las teorías son explicativas. En todo caso, el planteamiento del pie, acorde con la perspectiva evolutiva, puede haber contaminado las respuestas favorables a esta tesis, de modo que parte de la opinión mayoritaria pueda deberse a un efecto de contagio de la formulación inicial. Una reformulación más neutral de la misma sería más adecuada para plantear este tema.

Los supuestos de una teoría son una forma más de considerar la provisionalidad del conocimiento científico en su valor de verdad. La opinión mayoritaria del alumnado (casi la mitad) considera que el valor de verdad condiciona el progreso, aunque el descubrimiento de la falsedad de algunos de los supuestos realizados por la ciencia no siempre han constituido una interrupción del progreso, sino todo lo contrario. No obstante, otras dos opciones relevantes, mantienen una creencia en la necesidad de la veracidad absoluta de los supuestos de la ciencia, y la otra recoge la famosa tesis de sir Isaac Newton "hipotesis non fingo".

La elegancia de las ecuaciones matemáticas propuestas por los científicos para describir la naturaleza es una cualidad que ha llegado a la sensibilidad de muchos científicos. Sin embargo, aunque no se debe confundir la elegancia con el valor de verdad, es patente el esfuerzo de los científicos por formular sus ecuaciones, incluso las que se refieren a los conceptos más complejos, de la forma más elegante posible. Sin embargo, la actitud mayoritaria del alumnado (casi un cuarto) considera que la elegancia no tiene nada que ver con la lógica, la consistencia y la sencillez que son valores apreciados en las ideas científicas. El resto de las opciones reciben apoyos menores, pero relevantes; entre ellas destacan la consideración de que la elegancia es un concepto subjetivo, y por tanto, cada científico lo ve de una manera diferente, y por otro lado, la consideración que es plausible que los científicos consideren sus propias ideas elegantes, pues no en vano llevan mucho tiempo trabajando con ellas. Globalmente, las opiniones favorables a que los científicos desean la elegancia en sus ideas (43%) son superiores a los que mantienen la actitud contraria (38%).

El principio de sencillez (o simplicidad) es una forma de elegancia que es aceptada por muchos científicos. El juicio del alumnado sobre la sencillez como característica de las mejores teorías científicas, selecciona como posición mayoritaria (casi un tercio) una alternativa intermedia: depende de la teoría, unas son simples y otras no. En el contexto en que se plantea esta pregunta, esta respuesta equivale a una respuesta negativa, es decir, no se considera que la sencillez de una teorías científica sea un rasgo más o menos general de las buenas teorías científicas. La segunda alternativa mayoritaria (casi un cuarto) vuelve a sostener que las teorías pueden ser complicadas, pero traducibles a un lenguaje sencillo. Los que creen

en la simplicidad como una propiedad de las teorías científicas son un número relevante, pero pequeño. Globalmente, la gran mayoría de la muestra se sitúa en una actitud que reconoce a la vez la complejidad y la sencillez de las teorías científicas; las actitudes extremas en favor sólo de la sencillez o de la complejidad son minoritarias.

Aproximación a investigaciones (alumnado)

El concepto de método científico sostenido mayoritariamente (la mitad) por el alumnado es bastante comprensivo (preguntas, hipótesis, datos y conclusiones) y adecuado. Otra posición seleccionada por un número relevante insiste en la validación continua del conocimiento, que incluye tanto las pruebas como las falsaciones (demostrar los errores). Las alternativas más extremas, empiristas o nihilistas (no existe el método científico), tienen adhesiones muy bajas. En resumen, el concepto de método científico en el alumnado es bastante adecuado, si se toma como referencia las posiciones mayoritarias citadas; no obstante, también debe evidenciarse que muchos de los alumnos que seleccionan otras alternativas sesgadas o limitadas constituyen un colectivo relevante con ideas difusas sobre el método.

La idea que el método científico es una herramienta que permite asegurar resultados correctos, si se sigue al pie de la letra, y por tanto, los mejores científicos son los que trabajan así, no recibe apoyo del alumnado. La posición mayoritaria (más de un tercio) sostiene esta tesis complementada con la existencia de otra serie de factores no algoritmizables en ningún método (originalidad y creatividad) que también dan resultados. El apoyo mayoritario (casi un cuarto) que también suscita la posición de los descubrimientos realizados por casualidad, como exaltación del azar y, complementariamente, negación del método, requiere comentar que tal vez esta creencia es causada por la excesiva trivialización del papel del azar en la investigación realizada en cierta la literatura, que contribuye a resaltar las circunstancias casuales y a ocultar el trabajo callado y meritorio del científico que aprovechándose de una simple observación, tal vez realizada por muchas personas antes que él, para, con su método y esfuerzo, obtener de ella un descubrimiento extraordinario. Un número también significativo de alumnos (un quinto) apoya la idea que la mayoría de los científicos usan el método científico, porque así aseguran resultados válidos, claros, lógicos y exactos. En suma, el grupo más importante sostiene una actitud ecléctica donde conviven método (que no asegura resultados) y otras iniciativas (creatividad), el grupo siguiente no cree en el método, sino en el factor azar, y el tercer grupo sostiene la actitud más positivista del método como seguro de llegar al conocimiento válido.

Las razones del progreso científico están relacionadas con el modelo adoptado para describir ese progreso: lineal y acumulativo (lógico) o con aspectos ilógicos. La gran mayoría del alumnado sostiene la opinión que el conocimiento científico crece, principalmente, como resultado de una serie lógica de investigaciones, pero reconociendo la existencia de una parte no tan lógica, bien de ensayo y error (un tercio) o bien por la intervención de la casualidad (otro tercio). A ambos lados de esta opinión central se distribuyen simétricamente las otras dos posiciones extremas: los descubrimientos son el resultado de una serie lógica de operaciones, acumulativa e iterativa, y por otro lado, quienes creen que los descubrimientos no se alcanzan como resultado de una serie lógica de investigaciones, sino como consecuencia del azar, unión de piezas no relacionadas o mediante el estudio y búsqueda de lo inesperado.

Cuando se compara el estilo, impersonal, sucinto, ordenado y lógico de un artículo de investigación con la manera menos ordenada, lógica y adaptable del trabajo real que ha conducido al informe de investigación, las actitudes del alumnado aparecen muy dispersas entre las distintas alternativas. La opinión mayoritaria del alumnado (un quinto) selecciona la alternativa que justifica el estilo lógico de los científicos porque no quieren revelar la forma como se hizo el trabajo. Importancia relevante y similar entre sí tienen las alternativas que establecen que el estilo del informe depende de la forma como se hizo el descubrimiento, si por causalidad o de una manera ordenada, que el estilo lógico facilita la comprensión de los resultados y que el estilo lógico es el único útil para la ciencia y la tecnología. En conjunto, la actitud global del alumnado considera que los artículos se escriben de una manera más lógica que el trabajo real (más de la mitad), mientras que la actitud contraria es más minoritaria (menos de un quinto).

Respecto al papel de los errores en la ciencia, la actitud mayoritaria del alumnado (más de la

mitad) apoya su ambivalencia, es decir, se reconoce que algunos errores pueden perjudicar el progreso de la ciencia, pero otros errores pueden permitir nuevos aprendizajes y descubrimientos a los científicos y la ciencia también avanza. Otra alternativa mayoritaria (más de un cuarto) es más optimista, pues considera que los errores ayudan a avanzar la ciencia en casi todos los casos, ya que el avance de la ciencia consiste en la detección y corrección de errores del pasado. Globalmente, el alumnado, casi en su totalidad, cree que los errores son inevitables en la práctica científica y que tienen una parte positiva que favorece también el avance de la ciencia.

Precisión e incertidumbre (alumnado)

El grado de incertidumbre de las predicciones realizadas por la ciencia y la tecnología es atribuido mayoritariamente (más de un tercio) a una idea de sentido común, como es la presencia continua de errores que impiden la seguridad en la predicción del futuro. La segunda posición mayoritaria (un quinto) es intermedia, la incertidumbre depende de la cantidad de conocimientos exactos e información suficiente disponible. Otra posición relevante basa su opinión en el carácter cambiante del conocimiento científico, que introduce un factor de imprecisión cara al futuro.

La posibilidad de realizar algunas predicciones seguras en ciencia, gracias a la utilización de las matemáticas, no es apoyada por la mayoría del alumnado. La seguridad absoluta nunca se puede alcanzar, principalmente (más de la mitad) debido a sucesos imprevistos o desconocidos, y en segundo orden de importancia (un quinto) por los errores de las medidas, tanto aleatorios como sistemáticos. Una minoría (un quinto) cree en la posibilidad de alcanzar predicciones absolutas, con las matemáticas.

Razonamiento lógico (alumnado)

Como ejemplo de razonamiento lógico se propone una cuestión de inferencia estadística sobre la relación establecida entre una sustancia (asbesto) y una enfermedad (cáncer de pulmón). La mayoría del alumnado (más de un tercio) selecciona la alternativa que no reconoce al asbesto como causa directa del cáncer de pulmón, ante la posibilidad que actúe de otra manera no directa. Otra alternativa significativa (un quinto) considera que esa relación estadística no significa necesariamente que el asbesto cause cáncer, porque se necesita más investigación para averiguar si el asbesto causa cáncer. Una alternativa relevante reconoce que los hechos expuestos prueban que el asbesto causa cáncer. Globalmente, el perfil de respuestas obtenido demuestra las dificultades que tiene el razonamiento basado en resultados estadísticos para ser interpretado correctamente, pues aunque opciones claramente inadecuadas (todos los trabajadores deberían tener cáncer o mucha gente que no conoce el asbesto tiene cáncer) reciben poco apoyo, el alumnado tiene dificultades para reconocer abiertamente la relación entre dos variables cuando la prueba es estadística.

Supuestos de la ciencia (alumnado)

Uno de los supuestos sobre los que descansa la ciencia es que la naturaleza no puede ser alterada por la intervención de seres sobrenaturales o dioses. La respuesta del alumnado aparece dividida en dos partes aproximadamente iguales entre los partidarios de este supuesto y los contrarios a él. Las dos alternativas mayoritarias (menos de un tercio, cada una) también reflejan esta división; la actitud desfavorable a la creencia en un ser sobrenatural se justifica porque los seres sobrenaturales están fuera del ámbito de la ciencia; la actitud favorable a los seres sobrenaturales se justifica porque la mentalidad abierta de la ciencia debería estar incluso preparada para esta hipótesis. Globalmente, las actitudes desfavorables a los seres sobrenaturales son inferiores a las que justifican, de alguna manera, tener en cuenta esta posibilidad. Las respuestas a esta cuestión son un indicador bastante significativo de las deficiencias de comprensión básica de la naturaleza de la ciencia.

Estatus epistemológico (alumnado)

La naturaleza inventada o real (se descubren) de las leyes, hipótesis y teorías científicas ofrece tres niveles de respuestas: favorables a la invención, favorables al descubrimiento e intermedias (a veces se descubren, y, a veces, se inventan). La única alternativa favorable a la invención es la mayoritaria entre el alumnado (más de un cuarto), pero las alternativas favorables al descubrimiento reciben el apoyo global más importante (más de un tercio), siendo la alternativa singular más apoyada la que justifica los descubrimientos por estar basados en hechos experimentales. Las actitudes intermedias reciben un apoyo global también significativo (un cuarto de la muestra).

Paradigmas frente a coherencia de conceptos (alumnado)

El problema de la (in)conmensurabilidad de los paradigmas y conceptos científicos entre diferentes teorías es una cuestión difícil. Se plantea bajo la forma de la dificultad de los científicos de diferentes campos para entenderse, cuando se enfrentan al mismo concepto planteado desde distintas perspectivas. La alternativa mayoritaria entre el alumnado (casi un tercio) reconoce la facilidad de los científicos para entenderse, porque los hechos son independientes del campo científico a que se refieran. Otra alternativa relevante subraya también esta actitud, por considerar que los científicos han estudiado los distintos campos alguna vez. Las alternativas favorables a la dificultad de los distintos conceptos para favorecer el entendimiento de los científicos reconocen los distintos puntos de vista de los científicos o que el esfuerzo de comprender otros campos es parte del trabajo científico; en total, estas alternativas suponen casi un tercio de la muestra. Globalmente, las alternativas favorables a la facilidad para entenderse los científicos suponen más de la mitad de las respuestas. En suma, el alumnado considera mayoritariamente que la dificultad de traducción de conceptos entre diferentes paradigmas no es una dificultad importante para el entendimiento de los científicos.

La cuestión de la (in)conmensurabilidad de los conceptos científicos se plantea más directamente en otra cuestión, desde la perspectiva de si los diferentes puntos de vista con los que un concepto se contempla en distintos campos científicos responden a significados diferentes o idénticos. Las dos alternativas mayoritarias del alumnado corresponden a la actitud favorable a la incomensurabilidad (distinto significado) de las ideas científicas en diferentes campos (en total, más de la mitad); la principal (casi un tercio), se justifica porque las ideas científicas pueden tener distinta interpretación en diferentes campos, y la otra alternativa (más de un quinto), porque las ideas científicas pueden ser interpretadas por cada científico individual de modo diferente. La actitud favorable a la conmensurabilidad de los conceptos científicos (mismo significado en todos los campos) son minoritarias (más de un tercio) y las tres alternativas que la justifican tienen un apoyo similar: por referirse al mismo objeto real, por guardar una estrecha relación en todos los campos y por utilidad (favorecer la comunicación entre diferentes campos).

Observaciones (profesorado)

La cuestión de la carga teórica de las observaciones es planteada al profesorado, cuya respuesta mayoritaria (más de un tercio) es la alternativa que refleja una actitud intermedia (no diferirán mucho porque los científicos son competentes), situada entre la postura dura del positivismo reflejada en otras dos opciones (casi un quinto) y el reconocimiento más extremo de la carga teórica de las observaciones (otro quinto). La alternativa intermedia, no obstante, refleja una actitud neopositivista dulcificada, pues no llega a justificar con claridad las diferencias en las observaciones en base a potenciales diferencias teóricas. Por ello, se puede considerar que la actitud global del profesorado está más cerca de una actitud positivista, que del reconocimiento de la carga teórica de las observaciones.

Hipótesis, teorías y leyes (profesorado)

Los supuestos de una teoría, como bases que parecen más alejadas de la refutación, son una forma más de considerar la provisionalidad del valor de verdad conocimiento científico. La opinión mayoritaria del profesorado (casi dos tercios) considera que el valor de verdad condiciona el progreso, pero el descubrimiento de la falsedad de algunos de los supuestos realizados por la ciencia no constituye una

interrupción del progreso, sino todo lo contrario. No obstante, otra opción relevante, recoge la tesis de que la ciencia sólo tiene ideas manifiestamente verdaderas.

La elegancia de las ecuaciones matemáticas y las ideas científicas es una cualidad aceptada por muchos científicos. La actitud mayoritaria del profesorado (un quinto) considera que la elegancia no tiene nada que ver con la lógica, la consistencia y la sencillez que son valores apreciados en las ideas científicas. Las tres opciones partidarias de que los científicos no suponen que sus ideas deberían ser elegantes reciben apoyos menores, pero relevantes; entre ellas destacan la consideración de que la belleza de la naturaleza no les lleva a buscar ideas científicas elegantes, que la elegancia es un concepto subjetivo, y por tanto, cada científico lo ve de una manera diferente, y que no todo es bello en la naturaleza. Globalmente, las actitudes del profesorado favorables a que los científicos desean la elegancia en sus ideas (32%) son inferiores a los que mantienen la actitud contraria (51%).

Aproximación a investigaciones (profesorado)

La comparación entre el estilo, impersonal, sucinto, ordenado y lógico de un artículo de investigación con la manera menos ordenada, lógica y adaptable del trabajo real que ha producido el informe de investigación, suscita entre el profesorado actitudes globalmente semejantes, pero más definidas que las del alumnado. La opinión mayoritaria del profesorado (un quinto) selecciona la alternativa que justifica el estilo más lógico de los artículos dependiendo de la forma como se hizo el descubrimiento, si por causalidad o de una manera ordenada; en este mismo sentido actitudinal, recibe un apoyo relevante la alternativa que defiende el estilo lógico para facilitar la comprensión de los resultados. En el sentido opuesto de la actitud, sosteniendo la identidad entre trabajo e informe, la alternativa más relevante es que el estilo lógico es el único útil para la ciencia y la tecnología. En conjunto, la actitud global del profesorado es semejante a la del alumnado pues considera mayoritariamente que los artículos se escriben de una manera más lógica que como se hizo realmente el trabajo (más de la mitad), mientras que la actitud contraria es más minoritaria (menos de un quinto).

Respecto al papel de los errores en la ciencia, la actitud del profesorado es casi idéntica a la actitud del alumnado. La mayoría (dos tercios) cree en el carácter ambivalente de los errores, es decir, se reconoce que algunos errores pueden perjudicar el progreso de la ciencia, pero otros errores pueden permitir nuevos aprendizajes y descubrimientos a los científicos y la ciencia también avanza. Otra alternativa mayoritaria (un cuarto) es más optimista, pues considera que los errores ayudan a avanzar la ciencia en casi todos los casos, ya que el avance de la ciencia consiste en la detección y corrección de errores del pasado. Globalmente, la casi totalidad del profesorado cree que los errores son inevitables en la práctica científica y que tienen una parte positiva que favorece también el avance de la ciencia.

Estatus epistemológico (profesorado)

La naturaleza inventada o real (se descubren) de las leyes, hipótesis y teorías científicas ofrece tres niveles de respuestas: favorables a la invención, favorables al descubrimiento e intermedias (a veces se descubren, y, a veces, se inventan). La única alternativa favorable a la invención es la mayoritaria entre el profesorado (más de un tercio), pero las alternativas favorables al descubrimiento reciben también un apoyo global importante (un tercio), siendo la alternativa singular más apoyada la que justifica el descubrimiento por estar basado en hechos experimentales. Las actitudes intermedias reciben un apoyo global también significativo (un cuarto de la muestra). En relación con la respuesta del alumnado, el profesorado tiene una actitud más favorable a la naturaleza inventada de leyes, hipótesis y teorías, que resulta mayoritaria frente a la actitud favorable al descubrimiento.

Paradigmas frente a coherencia de conceptos (profesorado)

El problema de la (in)commensurabilidad de los paradigmas y conceptos científicos entre diferentes teorías es una cuestión epistemológica difícil. Se plantea en la forma de la dificultad de los científicos de diferentes campos para entenderse, cuando se enfrentan al mismo concepto planteado desde

distintas perspectivas. La alternativa mayoritaria entre el profesorado (más de un tercio) reconoce la facilidad de los científicos para entenderse, porque los hechos son independientes del campo científico a que se refieran. Las alternativas favorables a la dificultad de los distintos conceptos para favorecer el entendimiento de los científicos reconocen los distintos puntos de vista de los científicos (un quinto) o que el esfuerzo de comprender otros campos es parte del trabajo científico; en total, estas alternativas suponen casi un tercio de la muestra. Globalmente, las alternativas favorables a la facilidad para entenderse los científicos suponen más de la mitad de las respuestas. En suma, el profesorado considera mayoritariamente que la dificultad de traducción de conceptos entre diferentes paradigmas no es una dificultad importante para el entendimiento de los científicos, y comparado con la respuesta del alumnado, el profesorado es un poco más favorable a la facilidad para entenderse y menos favorable a la dificultad de entendimiento (inconmensurabilidad).

RESPUESTAS A LAS ALTERNATIVAS NO ACTITUDINALES

Todas las cuestiones disponían de tres alternativas fijas e idénticas para cada una de ellas, codificadas numéricamente (1, 2, 3), para distinguirlas de las alternativas con contenido actitudinal, codificadas con letras. Las alternativas numéricas permiten a cada respondiente evitar la manifestación de su actitud por alguna de las tres razones siguientes "No entiendo el tema planteado" (1), "No tengo información suficiente" (2), o "Ninguna de las opciones satisface mi opinión" (3). A efectos de realizar un análisis global de la utilización de estas respuestas de alumnado y profesorado se han considerado tres niveles de respuestas a las alternativas numéricas, inferiores al 5%, entre 5 y 10%, y superiores al 10%.

El alumnado muestra una mayor tendencia a utilizar las respuestas numéricas que el profesorado, indicando una menor seguridad actitudinal, lo cual parece plausible para el alumnado debido a una menor madurez, formación, etc. Para el alumnado, casi la mitad de las cuestiones se encuentran en el nivel más bajo de utilización de las respuestas no actitudinales (inferior al 5%), mientras más de la mitad exhiben respuestas no actitudinales superiores al 5%. Las cuestiones con una tasa de respuesta no actitudinal superior al 10% son pocas (catorce), y la mayoría de ellas aparecen concentradas en el tema de epistemología.

La dimensión Definiciones sólo tiene una cuestión con nivel 5-10%. Dentro de la Sociología externa de la ciencia, la dimensión de Influencia de la sociedad sobre ciencia y tecnología tiene la mitad de sus ítems por encima del 5%, de los cuales dos de ellos superan el 10% (influencia de la política sobre los científicos, investigación para los militares e industria). La dimensión de Influencia de ciencia y tecnología sobre la sociedad tiene un tercio los ítems con tasas de respuesta entre el 5-10%. De las tres cuestiones de la dimensión Influencia de la ciencia social escolar sobre la sociedad, dos de ellas están también en el nivel 5-10%, y también, la única cuestión sobre la interacción triple ciencia, tecnología y sociedad, se sitúa en este nivel.

En Sociología interna de la ciencia, la dimensión Características de los científicos tiene la mitad de sus ítems (6) entre 5-10%, la dimensión Construcción social del conocimiento científico, tiene prácticamente todos sus ítems (excepto dos) por encima del 5%, de los cuales, otros dos se sitúan por encima del 10% (la lealtad de los científicos y ciencia pública frente a ciencia privada), y la dimensión de Construcción social de la tecnología tiene dos ítems de los cuatro, uno de ellos por encima de 10% (control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos).

La dimensión de la Naturaleza del conocimiento científico es la que concentra en mayor proporción las respuestas no actitudinales del alumnado. Sólo dos de los veinte ítems que componen esta dimensión tienen un nivel de respuesta no actitudinal baja y ocho de ellos sitúan su tasa de respuesta por encima del 10%: modelos científicos, la elegancia de las ecuaciones y formulaciones de la ciencia, el estilo de los artículos científicos, el razonamiento lógico, las diferencias entre descubrir e inventar, y los distintos conceptos y paradigmas científicos).

El profesorado responde en mucha menor medida que el alumnado con las alternativas no actitudinales. En la dimensión de Definiciones de ciencia y tecnología, no existe ningún ítem que alcance tasas de respuesta numérica superior al 5%. En Sociología externa de la ciencia, la dimensión de Influencia de la sociedad sobre ciencia y tecnología tiene tres ítems, dos de ellos por encima del 10%

(investigación para los militares e industria y grupos de especial interés); la dimensión Influencia de la ciencia y tecnología sobre la sociedad sólo tiene dos ítems cuya tasa se sitúa entre 5-10%; las otras dos dimensiones no tienen ítems con tasas notables. En Sociología interna de la ciencia aparecen siete ítems cuyas tasas están entre 5-10%, perteneciendo tres de ellos a Características de los científicos, otros tres a la Construcción social del conocimiento científico y uno a la Construcción social de la tecnología. Por último, la dimensión de Naturaleza del conocimiento científico presenta cinco ítems por encima del 5%, tres de los cuales están por encima de 10%. Excepto el caso de un ítem, todos los ítems con tasas no actitudinales relevantes del profesorado se corresponden con ítems que también exhiben tasas no actitudinales relevantes en las respuestas del alumnado, lo cual revela una cierta coherencia de las respuestas dirigidas a estas opciones que no suponen manifestación de actitud.

APROXIMACIÓN A LAS DIFERENCIAS ENTRE GRUPOS

Una aproximación a las diferencias en las respuestas entre los diversos grupos generados por las variables independientes (género, edad, exposición a la ciencia, especialidad ciencias/letras en EEMM y licenciatura) debe ser necesariamente sucinta, ya que su desarrollo detallado requeriría, como es obvio, un mayor espacio. Consideraremos, en primer lugar, las diferencias obtenidas para las respuestas del alumnado y, después, las diferencias en las respuestas del profesorado.

En lo que se refiere a las respuestas del alumnado, las variables independientes que generan más diferencias significativas son por este orden de importancia la edad, la exposición a la ciencia y el género, tanto en el nivel de significación más amplio ($p < .05$) como en el más exigente ($p < .01$), aunque en este último, todavía se acentúa más el dominio de la variable edad como generadora de diferencias.

El análisis de los ítems responsables de estas diferencias (tomados como variables dependientes) sería muy prolijo, debido al gran número de ellos; en su lugar, se ha estudiado el número global de diferencias significativas obtenidas en las cuatro grandes categorías en que se agruparon los ítems en la tabla de especificaciones (definiciones de ciencia y tecnología, sociología externa, sociología interna y epistemología), sumando las diferencias obtenidas en los ítems que las componen. Teniendo en cuenta que las cuatro categorías tienen diferente número de ítems en ellas, la distribución de las diferencias en cada categoría no muestra diferencias sustantivas entre ellas, esto es, es paralela a la distribución de ítems en ellas; en consecuencia, las diferencias no se producen tanto en los grandes temas cuanto en los asuntos más concretos de cada ítem. Así, por ejemplo, el ítem 10412 (influencia de la ciencia sobre la tecnología) muestra diferencias según todas las variables independientes, y los ítems 10111 (define ciencia), 10431 (existencia de un cuerpo de conocimientos propio de la tecnología), 20111 (el gobierno debe subvencionar la investigación científica), 40121 (responsabilidad de los científicos sobre los daños derivados), 40131 (responsabilidad de los científicos para informar de sus descubrimientos), 40451 (solución a la contaminación), 60111 (motivación de los científicos), 60611 (causa de la infrarrepresentación de las mujeres científicas), 90211 (naturaleza de los modelos científicos), 91111 (incommensurabilidad de la teorías científicas) tienen diferencias en todas las variables menos una.

En cuanto a la relación entre variables independientes y las diferencias que generan en las categorías, se observa que la exposición a la ciencia tiende a producir más diferencias en epistemología y menos en sociología interna, en tanto que el género presenta el patrón contrario, en el nivel más exigente ($p < .01$). En el nivel menos exigente ($p < .05$), el grupo de edad produce más diferencias en sociología interna y menos en externa, mientras el grupo de licenciatura muestra el patrón contrario.

Puesto que el grado de exposición a la ciencia es una variable determinante a la hora de establecer diferencias en las respuestas, tanto desde el punto de vista racional como empírico, se ha realizado un último análisis tomando el grado de exposición a la ciencia como covariante. Conforme a lo esperado, el primer efecto observado es que la proporción total de diferencias significativas obtenidas se reduce, aproximadamente, a la mitad. Con la exposición a la ciencia como variable de control, las variables independientes que generan más diferencias significativas son la edad y el género; la edad predomina todavía relativamente más en el nivel de significación más exigente ($p < .01$), y el género domina en el nivel de significación más bajo ($p < .05$). Las diferencias de género son más abundantes en los temas de sociología en el nivel exigente ($p < .01$), mientras en el nivel más débil ($p < .05$) las diferencias de edad se

concentran en sociología interna y epistemología. Atendiendo a los grupos de la covariante (grado de exposición a la ciencia) las diferencias abundan más en el grupo de baja exposición a la ciencia, que reúne más de tres cuartas partes de todas las diferencias significativas encontradas; el resto se reparten casi a partes iguales entre los grupos de alta y baja exposición. El grupo de alta exposición muestra una mayor importancia relativa en las diferencias del tipo de licenciatura, mientras en el grupo de exposición media es el género el responsable de la mayoría de las diferencias encontradas.

En lo que se refiere a las respuestas del profesorado, la proporción total de diferencias generadas son aproximadamente la mitad (25%) que las del alumnado (48%); las variables independientes que generan más diferencias significativas son la exposición a la ciencia, el nivel educativo y el género, con una capacidad semejante entre sí y siendo muy escasas las debidas a la edad o la licenciatura.

La distribución de las diferencias significativas obtenidas en las cuatro grandes categorías en que se agruparon los ítems en la tabla de especificaciones (definiciones de ciencia y tecnología, sociología externa, sociología interna y epistemología), muestra tasas relativamente un poco más altas en sociología externa de la ciencia y epistemología, aunque la sociología interna tiende a concentrar las diferencias más significativas ($p < .01$). Ninguno de los ítems individuales acumulan diferencias en muchas variables.

Análogamente al caso del alumnado, la exposición a la ciencia es una variable clave respecto a las actitudes, de modo que se ha realizado un último análisis controlando el grado de exposición a la ciencia como variable covariante, y la proporción total de diferencias significativas obtenidas se reduce también casi a la mitad. Entre el profesorado, si se controla el grado de exposición a la ciencia se reducen especialmente las diferencias causadas por el género, mientras se mantiene la proporción de las debidas al nivel educativo del profesor, y aumentan relativamente las debidas a la licenciatura y la edad. El nivel educativo y el tipo de licenciatura, cada una, son responsables de un tercio de las diferencias encontradas; la edad y, en último lugar, el género, son responsables del resto de las diferencias. Este patrón sufre ligeras variaciones en los diferentes temas; así, en Sociología externa se incrementan relativamente las diferencias debidas a edad y género, que también muestran una tasas relativas superiores en epistemología.

La distribución de las diferencias entre los grupos de exposición a la ciencia sigue teniendo al grupo de baja exposición como el depositario de la mayoría de las diferencias observadas; sin embargo, lo más notable es que casi un tercio de las diferencias aparecen en el grupo de alta exposición a la ciencia, causadas con mayor incidencia relativa por la licenciatura y el género.

La aparición de tan alta proporción de diferencias de actitudes en el grupo de profesorado con la más alta formación científica, a nuestro juicio, puede ser un indicador de la fragilidad y debilidad en la formación general sobre temas CTS tanto del alumnado como del profesorado, pues en caso contrario estas diferencias no aparecerían. En segundo lugar, el hecho que la principal fuente de estas diferencias, en el grupo de alta exposición a la ciencia, sea el tipo de licenciatura cursada como formación inicial, respalda y profundiza la interpretación anterior, pues indica que entre químicos, físicos, biólogos o ingenieros existen diferencias significativas en sus actitudes y opiniones sobre los temas CTS planteados, y por tanto, que no han recibido una formación adecuada, pues si fuera así, no deberían observarse diferencias.

En suma, hasta aquí se han expuesto los patrones actitudinales de las respuestas y los resultados más importantes obtenidos como diagnóstico de las actitudes de alumnado y profesorado sobre los temas CTS. Esta exposición ha sido obligadamente sucinta, para no sobrepasar los límites de extensión asignados a esta memoria, por lo que otros comentarios y análisis más específicos no han podido tener su espacio aquí. No obstante, las tablas de resultados que se adjuntan en el apéndice pueden permitir al lector profundizar y ampliar, desde su personal interés, los resultados expuestos.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

La limitación de la extensión de esta memoria de investigación impone una limitación clara a la discusión de los resultados y conclusiones extraíbles de la cantidad ingente y detallada de información generada por el elevado número de cuestiones aplicadas al alumnado y profesorado. Esto se traduce en una imposibilidad física para desarrollar una discusión minuciosa y profunda de estos resultados, y por ello, este capítulo se centrará en esbozar las principales conclusiones globales a propósito de del trabajo y los resultados obtenidos, dirigido especialmente hacia los aspectos educativos, y dejando un poco de lado las perspectivas sociológica y epistemológica, cuyo interés esta más dirigido hacia la pura investigación de estos temas.

En este aspecto, debe subrayarse que la orientación general de este estudio es esencialmente educativa, esto es, dirigida a mejorar la didáctica de las ciencias, y más en concreto, a promocionar las ideas y propuestas de la alternativa didáctica conocida con la denominación Ciencia, Tecnología y Sociedad como inspiración de la enseñanza de las ciencias y el diseño del currículo de ciencias. Por ello, la gran cantidad de resultados inéditos alcanzados sobre las actitudes de alumnado y profesorado en relación con los temas CTS, se utilizarán aquí en función de su interés para una renovación de la educación en ciencias en la línea apuntada anteriormente, dejando de lado, el interés más investigador de profundizar en el conocimiento de las relaciones entre los grupos y otros aspectos que se reseñan al final a modo de programa para continuar y profundizar otras líneas de explotación de los datos reunidos.

En primer lugar es obligado referirse a los objetivos planteados en el proyecto de investigación y realizar una breve evaluación de su consecución. El primer objetivo planteado se refería a dar respuesta a una de las innovaciones curriculares introducidas por la LOGSE en el currículo de ciencias, como es la educación de las actitudes, en este caso, las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología. Como resulta evidente este estudio ha empleado y puesto a punto un banco de un centenar de cuestiones, cada una de ellas fundada en propuestas sociológicas y epistemológicas, que son directamente aplicables en la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia en el aula, según las necesidades del profesorado y el currículo.

Además, la tabla de especificaciones construida sobre el banco de ítems constituye una lista estructurada de contenidos y elementos actitudinales que ofrece ideas y conceptos aplicables en diversas áreas de la Educación Primaria y Secundaria como Medio natural y Social, Ciencias, Sociales y Tecnología, y algunos de los denominados "temas transversales" como la Educación para la Salud, la Educación Sexual, la Educación Ambiental, la Educación Moral y Cívica, la Educación para la Paz y la Educación del Consumidor. Por tanto, las categorías y dimensiones del banco de cuestiones aplicadas pueden servir como base conceptual para iniciar el diseño de un proyecto curricular de contenidos actitudinales aplicables en todas las áreas citadas.

En tercer lugar, los resultados obtenidos en este estudio constituyen, ante todo, una macroevaluación diagnóstica de las ideas y concepciones que tienen alumnado y profesorado sobre los temas y cuestiones CTS incluidos en la tabla de especificaciones. Puesto que nuestro sistema educativo, hasta el momento de realizar el estudio, no ha asumido la orientación CTS en ninguno de sus niveles ni materias (aunque existe una asignatura optativa con este nombre en bachillerato), se puede decir que, globalmente, las actitudes de alumnado y profesorado obtenidas sobre estos temas corresponden con actitudes e ideas forjadas por cada persona desde su propia formación y sentido común. Por tanto, desde el punto de vista constructivista, estas concepciones tienen el carácter de concepciones previas de alumnado y profesorado, que pueden servir como referencia de cualquier diseño educativo que quiera afrontar la educación de algunas de las actitudes sobre temas CTS estudiadas.

Un aspecto particular del diagnóstico de las actitudes e ideas sobre los temas CTS es la identificación de las actitudes inadecuadas sustentadas por alumnado y profesorado. A lo largo de la descripción de los resultados en el capítulo anterior se han ido señalando algunas de estas, sin embargo, como también se ha dicho, el problema de definir la adecuación/inadecuación de una actitud no es sencillo, porque el cuerpo de conocimiento de referencia para definir esto es el formado por los conocimientos sociológicos y epistemológicos de la ciencia, y ambos, a su vez, basados en la historia de la ciencia. Como es conocido, todas ellas, por su propia naturaleza y relativa juventud, son áreas muy

dialécticas y donde subsisten y se mantienen ideas y concepciones controvertidas sobre ciertos temas, de modo que este mismo carácter dialéctico se traslada a la definición del grado de adecuación. No obstante, esta tarea es un reto final para la educación de las actitudes relacionadas con la ciencia muy interesante, y tal vez, definitivo, para su aceptación como parte importante de la educación en ciencias. Independientemente de alcanzar este objetivo final, como línea general de intervención en este aspecto ya se ha sugerido, para nuestro país, la necesidad de dar pasos en la dirección de unirse a la creciente sensibilidad en favor de adoptar algunos de los temas y objetivos propios de la orientación CTS.

Las reflexiones anteriores son válidas también para el profesorado, pero necesitan algunas matizaciones, referidas a lo que se suele denominarse formación inicial y formación continua o en el servicio. La formación inicial de los maestros ha sido recientemente modificada en el sentido de hacerla aún más generalista en todas las áreas y materias del currículo (lenguas, matemáticas, plástica, ciencias, sociales, etc.), y desapareciendo la antigua especialidad en ciencias y matemáticas. En este panorama, la única posibilidad de innovación reside en la mentalización de los planes de estudios y programas de cada universidad y cada profesor para asumir la orientación CTS. La formación inicial de los profesores de secundaria está, si cabe, más alejada de estas propuestas, en tanto en cuanto las licenciaturas universitarias obedecen a múltiples objetivos de formación de todo tipo, donde no parece fácil que las propuestas CTS puedan ser admitidas, en general, aunque siempre queda la posibilidad de las materias optativas y las asignaturas de libre configuración donde podrían tener cabida asignaturas interdisciplinarias (sociales, filosofía, ciencia y tecnología) que serían el mecanismo ideal para su enseñanza y que podrían tener una clientela muy amplia y variada. Además todavía queda abierta también la posibilidad de los cursos de especialización docente cuyos nuevos planes de estudios se están desarrollando en estos momentos.

La formación continua del profesorado es otra de las líneas abiertas para mejorar la educación de las actitudes, y en particular, para extender la orientación CTS entre el profesorado. En este nivel, se puede decir que todo está abierto, pero también todo está parcialmente cerrado, pues si se mira a la administración educativa, ésta ha estado, y está todavía, unidireccionalmente comprometida con una formación del profesorado dirigida, casi en exclusiva, a la difusión de la reforma educativa y su progresiva implantación, por lo que no parece probable una dedicación a este tema, aunque, desde nuestro punto de vista, el movimiento CTS podría ofrecer grandes aportaciones a la administración educativa en la misma dirección de la reforma que ella pretende difundir, especialmente en los niveles obligatorios, dado el carácter interdisciplinar, integrador y de adaptación a la diversidad, desde una perspectiva de ciencia para todos y que integra aspectos sociales, de ciencia y de tecnología de la orientación CTS. En cualquier aspecto de la formación en estos temas, el profesorado necesita no sólo conocimientos teóricos sobre los temas CTS, sino también conocimientos prácticos sobre las ideas del alumnado y del propio profesorado que puedan servir como reflexión y punto de partida de la formación, además de instrumentos y contenidos que les faciliten inmediatamente la tarea de la actividad en el aula. En todos estos aspectos, la evaluación diagnóstica realizada en este estudio tiene interés indudable como muestra de lo que el profesorado puede disponer y utilizar, a las que sólo les falta hacerse operativas.

Con la finalidad de subrayar algunos de los principales resultados para la educación, puede ser útil realizar una recapitulación sintética de los resultados obtenidos en cada una de las dimensiones en que se han agrupado los ítems del cuestionario, esto es, definiciones de ciencia y tecnología, sociología de la ciencia y la tecnología (externa e interna) y epistemología. Por brevedad, y para evitar reiteraciones y repeticiones innecesarias en esta síntesis se expondrán, en primer lugar, algunos patrones aparecidos sistemáticamente en las respuestas.

En primer lugar, un rasgo observado reiteradamente en las actitudes manifestadas de alumnado y profesorado es una manifiesta tendencia a responder a muchas cuestiones seleccionando posiciones intermedias, es decir, posiciones que suponen, en alguna medida, una falta de polarización de la actitud. Las posiciones intermedias corresponden a formulaciones que no se decantan por ninguno de los polos de la actitud planteados en cada cuestión, seleccionando alternativas con formulaciones del tipo "depende de ...", "en unos casos sí y en otros no ...", "esto sí, pero lo otro también ..." etc. En todos los casos, esta neutralidad actitudinal supone una cierta indefinición de la actitud, lo cual desde la perspectiva de la investigación, conlleva un alto grado de imprecisión e indecisión que no es muy útil en el diagnóstico de actitudes. Las posiciones de neutralidad corresponden a actitudes que el respondiente no tiene claras o no

tiene información suficiente para ello, o bien, al deseo del respondiente de no manifestar claramente su actitud por diversas razones individuales (valores, auto-protección, auto-afirmación, etc.) o de influencia social (deseabilidad social, aceptación, pertenencia a grupos, etc.). En ocasiones, la neutralidad actitudinal obedece a que la persona percibe ambos polos de la actitud con aspectos relevantes, aunque cuando se carece de conocimientos suficientes para juzgar adecuadamente las distintas posiciones, apuntarse a respuestas eclécticas o relativizadas tiene un menor coste cognitivo y afectivo. No obstante, puesto que cada encuestado tenía a su disposición alternativas adicionales comunes a todos los ítems, que permitían responder con diversos grados de ignorancia, podría parecer que debiera descartarse la ignorancia como causa de una actitud neutral, pero si se tiene en cuenta que se trata de decisiones sujetas a los factores individuales y sociales señalados anteriormente, cualquier decisión puede tomarse en estas condiciones.

Independientemente de la causa que produce la neutralidad actitudinal, el principal problema que representan las actitudes neutras es su elevada inestabilidad. La ambivalencia decrece la estabilidad de las actitudes a través de accesibilidad o la elicitación diferencial de los argumentos favorables o contrarios a la actitud, según el contexto: unos contextos pueden favorecer la accesibilidad de unos u otros argumentos, y en general, el contexto puede alterar el equilibrio entre los argumentos de un signo u otro.

Desde la perspectiva de la educación en ciencias y los temas CTS la presencia y abundancia de actitudes neutras tiene aspectos positivos y negativos. El aspecto negativo más importante y obvio es que los respondientes pueden carecer de los conocimientos necesarios para definir la actitud; en consecuencia, es necesario mejorar la información sobre estos temas a través de la educación CTS, para ayudar a definir las actitudes en el sentido más adecuado respecto a una correcta comprensión de la ciencia y la tecnología en relación a la sociedad. El aspecto positivo viene determinado por el hecho bien establecido de la mayor inestabilidad asociada con la neutralidad actitudinal: la modificación de estas actitudes neutras por la educación será más fácil gracias a su inestabilidad, adoptando estrategias de dar mayor información y credibilidad a los argumentos favorables hacia la actitud adecuada (Eagly & Chaiken, 1993, p. 127).

Otro aspecto que arroja nueva luz sobre la valoración que pueden merecer, globalmente, los resultados obtenidos, es el análisis de las diferencias entre grupos, (en las tablas del apéndice se recoge toda la información relativa los grupos de exposición a la ciencia y género). Por sí mismo, si se quisiera llevar hasta los últimos detalles, este análisis podría ser motivo de un estudio tan extenso como este para cada uno de los grupos a considerar; esto no es posible aquí por las limitaciones de espacio impuestas, pero se dará cuenta de algunos de los patrones diferenciales más destacados, en relación a las respuestas obtenidas de profesorado y alumnado, de los grupos de exposición a la ciencia y entre hombres y mujeres.

Las diferencias en las actitudes y opiniones de alumnado y profesorado muestra la importancia de diversas variables como el grado de exposición a la ciencia, el género o la edad, y entre el profesorado, la licenciatura (formación inicial) y el nivel educativo. En líneas generales, estas diferencias aparecen más centradas en los grupos de baja exposición a la ciencia, tanto de profesorado como de alumnado, pero es llamativo la alta proporción relativa entre el profesorado de las diferencias observadas en el grupo de alta exposición a la ciencia, unido a la mayor influencia en estas diferencias de la variable tipo de licenciatura, rasgo en el que coinciden también con el grupo de alta exposición del alumnado. Este último resultado es muy significativo, ya que es un indicador de la falta de información general sobre los temas CTS, pues sin ella no sería explicable que aparecieran diferencias en el grupo de alta exposición a la ciencia, y mucho menos, que una de las variables principales responsables de estas diferencias sea el tipo de licenciatura del profesorado, es decir, que un físico y un biólogo tienen diferencias significativas importantes sobre las cuestiones CTS.

Sería plausible esperar que las diferencias entre alumnado y profesorado que fueran notables, no sólo por la considerable diferencia de edad, sino sobre todo por las más importantes diferencias de formación, aunque no se puedan globalizar en las diferencias de formación específicamente científicas. En lugar de eso, nos encontramos con una docena de ítems que exhiben una práctica igualdad entre las respuestas del alumnado y del profesorado, y cuya semejanza se ha ido subrayando en el breve resumen redactado para cada ítem en el apartado de resultados para el profesorado. Teniendo en cuenta que el profesorado ha contestado un total de treinta y seis ítems, se puede decir que un tercio de los ítems revelan una identidad de actitudes y creencias entre alumnado y profesorado, de modo que no existe un tema

concreto que pueda considerarse responsable de esta similitud. Ciertamente, en algunos otros del resto de los ítems, aunque no pueda hablarse de una identidad de resultados tan importante, las coincidencias son extensas y numerosas. La conclusión más plausible para explicar la coincidencia actitudinal entre alumnado y profesorado es que ambos colectivos comparten niveles semejantes de falta de información sobre los temas científicos y tecnológicos y sus relaciones con la sociedad, y en consecuencia, sus actitudes resultan muy similares, de modo que ambos colectivos pueden considerarse necesitados de formación en estos temas. En relación al alumnado, esta conclusión avala la propuesta de incluir un enfoque CTS en el currículo de las áreas y materias de ciencia, especialmente en los niveles obligatorios, para garantizar una correcta alfabetización científica de base que sea realmente útil para todos los ciudadanos y mejorar el interés por el estudio de la ciencia y la tecnología. En relación al profesorado, por congruencia con la propuesta para el alumnado, debe proponerse la inclusión de los temas CTS en la formación inicial y continua del profesorado, muy especialmente, del profesorado de educación primaria, cuya formación de base científico-tecnológica es menor, en los actuales planes de formación del profesorado.

Otro rasgo de las respuestas que permite una comparación de alumnado y profesorado son las respuestas no actitudinales, codificadas numéricamente. El profesorado responde menos con este tipo de respuesta que el alumnado, lo que resulta plausible por su mayor formación y madurez, pero todas las cuestiones con tasas relevantes de respuesta no actitudinal entre el profesorado se corresponden con cuestiones que también alcanzan una tasa relevante de este tipo de respuesta entre el alumnado (excepto en un caso). Además, se observa que las respuestas no actitudinales de alumnado y profesorado tienden a concentrarse en Sociología interna de la ciencia y Naturaleza del conocimiento científico. Ambos rasgos sugieren que este tipo de respuestas, aunque pudiera pensarse que son producidas al azar, tienen una cierta coherencia y son emitidas por los respondientes con coherencia y fidelidad a su significado. Por tanto, los temas de la comunidad científica y epistemología serían los temas menos comprensibles, los que tienen una mayor falta de información o no se encuentra la opción más ajustada a la actitud.

No obstante, el hecho que las respuestas no actitudinales aparezcan concentradas con mayor frecuencia en las dos últimas dimensiones, que también son las que ocupan los últimos lugares en el orden sucesivo en cada cuestionario, podría atribuirse al cansancio o a la falta de tiempo para completar el cuestionario. Sin embargo, dos rasgos generales están en contra de esta interpretación: por un lado, el hecho que algunas de las últimas cuestiones tienen tasas de respuesta no actitudinal muy bajas, significa que el cansancio o la situación al final del cuestionario no determina la respuesta no actitudinal, o sea, este tipo de respuesta no es un patrón de respuesta adoptado para las últimas cuestiones por la presión del tiempo o el cansancio. Por el contrario, el rasgo ya citado que profesorado y alumnado coinciden en las cuestiones con tasas relevantes de respuesta no actitudinal sugiere la conclusión que son más bien los temas de las cuestiones los que provocan este tipo de respuesta, y por tanto, que la respuesta no actitudinal es una respuesta coherente con el significado de cada una de ellas. En este caso, también las categorías de Sociología interna y Epistemología parece que serían las más necesitadas de educación e información.

De acuerdo con esta interpretación, las tasas de respuesta no actitudinal informan sobre los temas CTS donde alumnado y profesorado tiene actitudes menos formadas, bien por falta de información (dos primeras alternativas) o por no cuadrar con el pensamiento de la persona. Otro rasgo general en este tipo de respuesta que se puede observar en las tablas del apéndice, comparando los tres niveles diferentes de exposición a la ciencia, viene a reforzar la interpretación realizada en el párrafo anterior: las respuestas no actitudinales son más frecuentes en el grupo de baja exposición a la ciencia, menos en el grupo de exposición media y casi nulo en el de alta exposición a la ciencia (más concentrado en la alternativa tercera, falta de ajuste entre la actitud personal y las ofrecidas en cada cuestión). Por tanto, un análisis más profundo y detallado de la distribución de estas respuestas puede permitir identificar los temas singulares y detallados donde la información es más escasa, además de las categorías globales ya identificadas (Sociología interna y Epistemología).

Como ya se ha dicho, el objetivo de este estudio es principalmente educativo, cara a la didáctica de las ciencias de enfoque CTS. Una de las propuestas centrales de los enfoques cognitivos, de corte constructivista, para la didáctica sugieren que las ideas previas del alumnado son trascendentales para los aprendizajes posteriores, porque sobre ellas se construyen los nuevos aprendizajes, y esto es válido

también para los aprendizajes actitudinales, como demuestran los estudios de cambio de actitudes (ver una revisión en Eagly & Chaiken, 1993). En consecuencia, antes de comenzar los aprendizajes es necesario conocer las actitudes previas del alumnado sobre los temas de estudio. Esta investigación es útil para este objetivo desde una doble perspectiva: por un lado, ofreciendo ya una información extensa sobre las actitudes de una muestra representativa de alumnado y profesorado, que puede ser un punto de partida para todo el profesorado interesado en promover una educación de las actitudes relacionadas con la ciencia y una enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS. En particular, ofreciendo un banco de ítems muy extenso, que abarca prácticamente todos los temas y cuestiones CTS, y que constituye un instrumento inestimable para la evaluación de todos esos temas, tanto desde la perspectiva de una evaluación inicial para identificar las actitudes previas de las personas que van a comenzar un aprendizaje CTS, como desde la perspectiva de una evaluación formal y regular de los temas CTS después de realizar determinados aprendizajes curriculares sobre ellos. Por tanto, las cuestiones construidas constituyen un instrumento preparado para la evaluación de los temas y actitudes CTS, uno de los temas más deficitarios del enfoque CTS y que más apoyo puede prestar al profesorado que inicie enseñanzas de ciencia CTS (Aikenhead , 1994c).

Finalmente, es evidente que la realización de esta investigación ha acumulado un enorme caudal de datos que son susceptibles de nuevos análisis con objetivos más concretos relacionados con tópicos de interés para la investigación en la didáctica de las ciencias. Por ello, al final de este estudio cabe contemplar algunas de las tareas que esta primera y compleja aproximación a los datos ha sugerido, a modo de profundización, en el sentido de pura investigación, el trabajo CTS iniciado con este estudio, tales como los siguientes;

- * una contrastación más detallada de las actitudes del profesorado y alumnado con la epistemología y la sociología del conocimiento, tarea ardua debido a la naturaleza dialéctica de estos conocimientos, donde muchos problemas distan de estar cerrados

- * una comparación entre alumnado y profesorado más detallada, respecto a la iniciada en el capítulo anterior de resultados generales

- * una comparación de las actitudes de profesorado y alumnado según diversas variables grupales, especialmente, los grupos de exposición a la ciencia, edad y género, así como por niveles de estudios (secundaria, universidad, letras, ciencias, etc.)

- * análisis de la consistencia de las respuestas obtenidas sobre diversas cuestiones de la misma dimensión

- * una confrontación de los resultados obtenidos aquí con la bibliografía especializada y relevante sobre cada tema

- * un estudio transcultural de comparación con los resultados del estudio canadiense y americano donde se aplicaron inicialmente las cuestiones originales

Seguramente, estas y otras diversas cuestiones que pueden sugerirse, podrían constituir todo un nuevo programa de trabajo para completar y profundizar un reanálisis de los datos obtenidos en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS, American Association for the Advancement of Science (1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Acevedo, J.A. (1994). Los futuros profesores de enseñanza secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque CTS. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19, 111-125.
- ACS, American Chemical Society (1988). *ChemCom: Chemistry in the Community*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Aikenhead, G. (1994a). The social contract of science: Implications for teaching science. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 11-20). Nueva York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (1994b). What is STS science teaching? En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 47-59). Nueva York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (1994c). Consequences to learning science through STS: a research perspective. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 169-186). Nueva York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (1994d). Collaborative research and development to produce an STS course for school science. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 216-228). Nueva York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. & Fleming, R. (1975). *Science: A way of knowing*. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá: University of Saskatchewan, Department of Curriculum Studies.
- Aikenhead, G.S., Fleming, R.G. & Ryan, A.G. (1987). High School Graduates' Beliefs About Science-Technology-Society. I. Methods and Issues in Monitoring Students Views. *Science Education*, 71(2), 145-161.
- Aikenhead, G.S. & Ryan, A.G. (1989). The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics. Final Report of SSHRCC Grant: Author.
- Aikenhead, G.S. & Ryan, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-492.
- Aikenhead, G.S., Ryan, A.G. & Fleming, R.G. (1989). Views on Science-Technology-Society Form CDN.MC.5. Department of Curriculum Studies College of Education: Author.
- Alario, M.A. (1997). Consideraciones sobre la comunicación de la ciencia. *Revista Española de Física*, 11(1), 2-4.
- Artigas, M. (1995). Ciencia y fe: Nuevas perspectivas. *Scripta Theologica*, 27, 285-229.
- ASE, Association for Science Education (1979). *Alternatives for science education*. Hatfield, Herts UK: The Association for Science Education.
- ASE, Association for Science Education (1981). *Science in Society: Teacher's guide*. London: Heinemann Educational Books.
- ASE Association for Science Education (1984-1994). *SATIS - Science and Technology in Society*. ASE.
- Bachelard, G. (1971). *Le nouvel esprit scientifique*. París: PUF.
- Beaton, A.E. (1987). *The NAEP Technical Report*. Princeton, NJ: Educational Testing Service University of Princeton.
- Ben-Chaim, D. & Zoller, U. (1991). The STS outlook profiles of Israeli high-school students and their teachers. *International Journal of Science Education*, 13, 447-458.

- Bernal, J.D. (1979a). *Historia social de la ciencia. Vol. 1 La ciencia en la historia*. Barcelona: Península.
- Bernal, J.D. (1979b). *Historia social de la ciencia. Vol. 2 La ciencia en nuestro tiempo*. Barcelona: Península.
- Bingle, W.H. & Gaskell, P.J. (1994). Science literacy for Decisionmaking and the Social Construction of Scientific Knowledge. *Science Education*, 78, 185-201.
- Bizzo, N.M. (1993). Historia de la ciencia y enseñanza de la ciencia ¿Qué paralelismos cabe establecer? *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 18, 5-14.
- Bleier, R. (1988). *Feminist approaches to science*. Nueva York. Pergamon Press.
- Bloom, B.S. (1971). *Taxonomía de los objetivos de la educación*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Blunck S.M. & Yager, R.E. (1990). The Iowa Chautauqua Program: a model for improving science in the elementary school. *Journal of Elementary Science Education*, 71, 667-683.
- Brickhouse, N.W., Ebert-May, D. & Wier, B.A. (1989). Scientific literacy: Perspectives of school administrators, teachers, students, and scientists from an urban mid-Atlantic community. En A.B. Champagne, B.E. Lovitts, & B.J. Callinger (Eds.), *This year in school science. Scientific literacy* (pp. 157-176). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- BSCS (1984). *Innovations: The social consequences of science and technology*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Bunge, M. (1962). *Intuition and science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bunge, M. (1976). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- Bybee, R.W. (1985). *Science-technology-society. 1985 NSTA Yearbook*. Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Bybee, R.W. (1987). Science education and the Science-Technology-Society (S-T-S) theme. *Science Education*, 71(5), 667-683.
- Byrne, M.S. y Johnstone, A.H. (1988). How to make science relevant. *School Science Review*, 70(25), 43-46.
- Cabello, A. & García, G. (1995). La sorprendente incompatibilidad de la idea de realidad einsteniana con la mecánica cuántica. *Revista Española de Física*, 9(2), 11-17.
- Carnap, R. (1977) La superación de la metafísica mediante el análisis lógico del lenguaje. En A. J. Ayer (Ed.), *El positivismo lógico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Carvie, I.J. (1972). *Concepts and Society*. Londres: Routledge & Kegan Paul.
- (Catalán & Catany, 1986).\$
- Chandrasekhar, S. (1995). The pursuit of science: its motivations. Nachtigall, D.K. (Ed.) *Internalizing Physics. Making Physics Part of One's Life. Eleven Essays of Nobel Laureates* (pp 18-31, Science and Technology Education Document Series 48 UNESCO). Paris: UNESCO.
- Chalmers, A. (1993). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Madrid: Siglo XXI.
- Chiang-Soong, B. & Yager, R.E. (1993). The inclusion of STS material in the most frequently used secondary science textbooks in the U.S. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(4), 339-349.
- CIRES (Centro de Investigaciones sobre la Realidad Social). (1992). *Actitudes sociales hacia la ciencia y la tecnología*. (CIRES 10). Madrid: Autor.
- Collindridge, D. (1989). Incremental decision making in technological innovation. What role for science?. *Science, Technology and Human Values*, 14(2), 141-162.
- Collins, H.M. (1985). *Changing order*. Londres: Sage.
- Conant, J.B. (1951). *On understanding science: an historical approach*. Nueva York: Mentor.

- de Solla-Price, D.J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- Durant, J. (1996). La biotecnología y el debate público. *Quark*, 4, 6-10.
- Durant, J.R., Evans, G.A. & Thomas, G.P. (1989). The public understanding of science. *Nature*, 340, 11-14.
- Eagly, A.H. & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Eijkelhof, H., (1994). Toward a research base for teaching ionizing radiation in a risk perspective. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 205-215). Nueva York: Teachers College Press.
- Eijkelhof, H., & Kortland, K. (1982). *The context of physics education*. Second International Symposium on World Trends in Science Education, Nottingham, UK, July.
- Erickson, G.L. y Erickson, L.J. (1984). Females and science achievement: Evidence, explanations and implications. *Science Education*, 68(2), 63-89.
- Fazio, R.H. (1986). How Do Attitudes Guide Behavior?. En R.M. Sorrentino & E.T. Higgins (Eds.), *Handbook of Motivation and Cognition. Foundations of Social Behavior*, (pp. 3-19). New York: Guilford Press.
- Fensham, P. & Corrigan, D. (1994). The implementation of an STS chemistry course in Australia: a research perspective. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 194-204). Nueva York: Teachers College Press.
- Fernández, J. (1987). Posible fundamentación biológica de las principales diferencias según el sexo. *Estudios de Psicología*, 32, 71-88.
- Fernández-Rañada, A. (1994). *Los científicos y Dios*. Oviedo: Nobel.
- Fernández-Rañada, A. (1995). *Los muchos rostros de la ciencia*. Oviedo: Nobel.
- Fleming, R. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education*, 73(4), 391-304.
- Feyerabend, P.K. (1982). *Contra el método*. Madrid: Tecnos.
- Feynman, R.P. (1969). What is science? Nachtigall, D.K. (Ed.) (1995). *Internalizing Physics. Making Physics Part of One's Life. Eleven Essays of Nobel Laureates*. (pp. 99-112, Science and Technology Education Document Series 48 UNESCO). Paris: UNESCO.
- Fourez, G. (1994). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- Fox-Keller, E. (1996). El lenguaje de la genética y su influencia en la investigación. *Quark*, 4, 53-63.
- García Moliner, F. & F. Rañada, A. (1994). Invitación a la autocrítica. *Revista Española de Física*, 8(3), 2-4.
- Gardner, P.L. (1993). Science, Technology, and Society: Some Philosophical Reflections on a Grade 11 Course. *The Journal of Educational Thought*, 27, 273-300.
- Gilbert, G.N. & Mulkay, M. (1984). *Opening Pandora's box*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Geymonat, I. (1980). *Ciencia y realismo*. Barcelona: Ediciones Península.
- González, T., Torres, C., Iranzo, J., Cotillo, A. y Blanco, R. (1994). *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gonzalez-Haba, M. (1994). Ciencia o saviesa de la vida? *Questions de Vida Cristiana*, 173, 37-43.
- Habermas, J. (1984). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos.
- Haste, H. (1996). Sexual metaphors and changing rationality: feminists, fuzzification and fractals. Ponencia presentada en el I Congreso Multidisciplinar Ciencia y Género, Universidad Complutense de Madrid.
- Hempel, C. (1979) *La explicación científica*. Buenos Aires: Paidós.

- Herrera, M. & Seoane, J. (1989). Actitudes e ideología política. En A. Rodríguez & J. Seoane (Coor.), *Creencias, actitudes y valores* (pp. 409-449). Madrid: Alhambra.
- Holton, G. (1978). *The scientific imagination: Case studies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holton, G., Rutherford, J. & Watson, F. (1970). *The Project Physics Course*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.
- IEA, International Association for the Evaluation of Educational Achievement (1988). *Science Achievement in Seventeen Countries. A Preliminary Report*. Oxford: Pergamon Press.
- Iozzi, L.A. (Dir.). (1982). *Preparing for tomorrow's world* (Proyecto en módulos). Rutgers, NJ: The State of New Jersey New Brunswick.
- Izquierdo, M. (1994). ¿Cómo contribuye la historia de la ciencias en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencia?. *Aula*, 27, 37-40.
- Jegede, O. (1994). African cultural perspectives and the teaching of science. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 120-130). Nueva York: Teachers College Press.
- Jiménez, M.P. & Álvarez, M. (1992). Género, ciencia y tecnología. En M. Moreno (Ed.), *Del silencio a la palabra*, (pp. 178-196). Madrid: Instituto de la Mujer.
- Johnson, S. (1987). Gender differences in science: parallels in interest, experience and performance. *International Journal of Science Education*, 9(4), 467-482.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. (México: Fondo de Cultura Económica, 1978).
- Knorr-Cetina, K. (1981). *The manufacture of knowledge*. Oxford: Pergamon Press.
- Koballa, T.R., Jr. (1992). Persuasion and attitude change in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 63-80.
- Kranzberg, M. & Pursell, C. W. jr., (1981). La importancia de la tecnología en las cuestiones humanas. En M. Kranzberg & C. W. Pursell, jr., *Historia de la tecnología 1: La técnica en occidente de la prehistoria a 1900*, v. 1. (pp. 11-20). Barcelona: Gustavo Gili.
- Kyle, W.C. Jr. (1995a). Scientific literacy: How many lost generations can we afford? *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 895-896.
- Kyle, W.C. Jr. (1995b). Scientific literacy: Where do go from here? *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 1007-1009.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Lamo, E., González, J.M. & C. Torres (1994). *La sociología del conocimiento y de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Larivée, S. (1996). El fraude científico y sus consecuencias. *Quark*, 5, 22-32.
- Larson E.J. & Witham, L. (1997). Scientists are still keeping the faith. *Nature*, 386, 435-436.
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1996) *La vida en el laboratorio*. Madrid: Alianza.
- Laudan, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del progreso científico*. Madrid: Encuentro.
- Laugksch, R.C. y Spargo, P.E. (1996). Development of a pool of scientific literacy testitems based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121-143.
- Laudan, L. (1990). *La ciencia y el relativismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Layton, D. (1994). STS in the school curriculum: A movement overtaken by history? En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 32-44). Nueva York: Teachers College Press.
- Layton, E. (1971). Mirror image twins: The communities of science and technology in 19th-

- century America. *Technology and Culture*, 12, 562-580.
- Layton, E. (1977). Conditions of technological development. En I. Spiegel-Roesing & D.J. Solla-Price (Eds.), *Science, technology, and society: a cross-disciplinary perspective*. London: Sage.
- Lewis, J. (Dir.) (1981). *Science in society*. London: Heinemann Educational Books.
- Longino, H. (1983). Beyond "bad science": Skeptical reflections on the value-freedom of scientific inquiry. *Science, Technology, and Human Values*, 8(1), 7-17.
- López-Sáez, M. (1994). Procesos culturales e individuales implicados en la estereotipia de género. una aproximación empírica a la elección de carrera. *Revista de Psicología Social*, 9(2), 213-230.
- Lovelock, J. (1995). Con los derechos humanos no hay suficiente. *Quark*, §§, 16-26.
- Lucas, A. (1994). STS beyond school: Public perceptions and sources of knowledge. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 111-119). Nueva York: Teachers College Press.
- Marathé, E.V. (1994). *Science, Technology and Society*. St. Catharines: Author.
- Marcuse, H. (1968). *El hombre unidimensional*. México: J. Moritz.
- Merton, R.K. (1977). *La sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- MEC, Ministerio de Educación y Ciencia. (1991). *Como interesar a las chicas en las Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Michael, M. (1992). Lay discourses of science: Science-in-general, science-in-particular and self. *Science, Technology and Human Values*, 17(3), 313-333.
- Miller, J.D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, 96(1), 29-48.
- Miller, J.D. (1992). Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology. *Public Understanding of Science*, 1, 23-26.
- Mitroff, I. (1974). Norms and counter-norms in a selected group of the Apollo Moon Scientists: A case study of the ambivalence of scientists. *American Sociological Review*, 39, 579-595.
- Moscovici, S. (1985). *Psicología Social I. Influencia y cambio de actitudes. Individuos y grupos*. Barcelona: Paidós.
- Mosterín, J. *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mooney, C.F. (1993). Teología y ciencia: Un nuevo cometido para el diálogo. *Selecciones de Teología*, 128, 305-326.
- Munford, L. (1971). *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza Editorial.
- Muñoz Repiso, M. et al. (1988) *La presencia de las mujeres en el sistema educativo*. Madrid: Instituto de la Mujer.
- Nadeau, R. & Desautels, J. (1984). *Epistemology and the teaching of science*. Ottawa: Science Council of Canada.
- Naess, A. (1964). Historia del término ideología desde Destutt de Tracy hasta Karl Marx. En I.L. Horowytz, *Historia y elementos de la sociología del conocimiento*. Buenos Aires: Eudeba.
- Nagel, E. (1961). *La estructura de la ciencia: problemas de la lógica de la investigación científica*. Barcelona: Paidós.
- NSTA, National Science Teachers Association (1982). *Science-Technology-Society. Science education for de 1980's* (NSTA Position Statement). Washington, DC: Autor
- NSTA, National Science Teachers Association (1991). *Science/Technology/Society: A new effort for providing appropriate science for all. NSTA Reports*, abril, 36-37.
- Ortega y Gasset, J. (1939). *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*.

- Madrid: Revista de Occidente - Alianza Editorial.
- Parker, L.H. y Offer, J.A. (1987). School Science Achievement: Conditions for equality. *International Journal of Science Education*, 9(3), 263-269.
- Pell, A. (1985). Enjoyment and attainment in secondary school physics. *British Educational Research Journal*, 11(2), 123-132.
- Piel, E.P. (1981). Interaction of science, technology, and society in secondary schools. En N. Harms & R. Yager (Eds.), *What research says to the science teacher* (Vol. 3, pp. 94-112). Washington, DC: NSTA.
- Polanyi, M. (1958). *Personal knowledge*. Londres: Rotledge & Kegan Paul.
- Popper, K.R. (1974). *Conocimiento objetivo*. Madrid: Tecnos.
- Popper, K.R. (1977). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- Prigogine, I. & Stengers, I. (1983). *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Queraltó, R. (1993). *Mundo, tecnología y razón en el fin de la modernidad*. Barcelona. PPU.
- Quine, W. (1981) *Theories and things*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Quintanilla, M.A. (1989). *La Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid: Fundesco.
- Radnitzky, G. & Andersson, G. (1982). ¿Hay criterios objetivos del progreso científico? En G. Radnitzky & G. Andersson, (Eds.), *Progreso y racionalidad en la ciencia*, pp. 12-28. Madrid: Alianza Editorial.
- Reichenbach, H. (1966) *La filosofía científica*. México: FCE.
- Revuelta, G. (1996). La campaña infumable de Philip Morris. *Quark*, 5, 68-74.
- Roberts, D.A. (Ed.) (1981). *Science and society teaching units*. (Serie de módulos). Toronto: Ontario Institute for Studies in Education.
- Roberts, D.A. (1988). What counts as science education? En P.J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education*(pp. 27-54). Nueva York: Falmer Press.
- Rose, H. (1994). The two-way street: Reforming science education and transform masculine science. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 155-166). Nueva York: Teachers College Press.
- Rosenthal, D.B. (1989). Two approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education. *Science Education*, 73(5), 581-589.
- Rubba, P.A. & Harkness, W.L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77, 407-431.
- Rubén Blanco, J. (1993-94). Las relaciones entre ciencia y sociedad: hacia una sociología histórica del conocimiento científico. *Política y Sociedad*, 14/15, 35-45.
- Rubio, E. (1991). *Desafiando los límites de sexo/género en las Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Sánchez Ron (1992). *El poder de la ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Alianza Editorial.
- Sahuquillo, E., Jiménez, M.P. y Domingo, M.P. (1993). Un currículo de ciencias equilibrado desde la perspectiva de género. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, nº 1, pp. 51-58.
- SCC, Science Council of Canada (1984). *Science for every student: Educating Canadians for tomorrow's world*. Ottawa: Science Council of Canada.
- Schawlow, A.L. (1995). Discovering science. Nachtigall, D.K. (Ed.) (1995). *Internalizing Physics. Making Physics Part of One's Life. Eleven Essays of Nobel Laureates*. (pp. 9-13, Science and Technology Education Document Series 48 UNESCO). Paris: UNESCO.
- SEPUP Annual Report (1992). *Science Education for Public Understanding Program*. Berkeley, CA: University of California at Berkeley.

- Shamos, M.H. (1995). *The myth of scientific illiteracy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Smail, B. (1991). *Como interesar a las chicas en las Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Snow, C.P. (1963). *Ciencia y gobierno*. Barcelona: Seix Barral.
- Snow, C.P. (1987). *Las dos culturas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Snow, R.E. (1987). Core concepts for science and technology literacy. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 7(5/6), 720-729.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1989). Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 14-20.
- Solbes, J. & Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (C/T/S). *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 181-186.
- Solomon, J. (1983). *Science in a social context (SISCON) in schools*. Oxford: Basil Blackwell.
- Solomon, J. (1985). Learning and evaluation: A study of school children's views on the social issues of energy. *Social Studies of Science*, 15(2), 63-82.
- Solomon, J. (1988). Science, technology and society courses: Tools for thinking about social issues. *International Journal of Science Education*, 10(4), 379-387.
- Solomon, J. (1992). The classroom discussion of science-based social issues presented on television: Knowledge, attitudes and values. *Science Education*, 14(4), 431-444.
- Solomon, J. (1994a). Knowledge, values and the public choice of science knowledge. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 99-110). Nueva York: Teachers College Press.
- Solomon, J. (1994b). Toward a map of problems in STS research. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 187-1193). Nueva York: Teachers College Press.
- Stengers, I. (1987). *D'une science à l'autre, des concepts nomades*. París: Seuil.
- Tamir, P. (1990). Ethnic origin, sex and science learning of Israeli High School Students. *Studies in Educational Evaluation*, 16, 373-397.
- Terricabras, J.M. (1988). Ética i ciència. *Quaderns de Blanquerna*, 1, 59-67.
- Thier, H.D. & Hill, T. (1988). Chemical education in schools and the community: The CEPUP project. *International Journal of Science Education*, 10(4), 421-430.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: I. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.
- UNESCO (1994). *Science and Technology 2000+ Education for all. The Project 2000+ Declaration*. Paris: UNESCO.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (1995). *Actitudes hacia la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad en alumnos de todos los niveles educativos*. Memoria final de investigación (Madrid, MEC-CIDE).
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (1996a). *Las diferencias de género y el rendimiento escolar en ciencias ¿Se desvanece el mito en el bachillerato?* Comunicación presentada al I Congreso Multidisciplinar "Ciencia y Género", Facultad de Filosofía Universidad Complutense de Madrid.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (1996b). *La evaluación mediante pruebas objetivas en física y química: Las diferencias de género resucitadas*. Comunicación presentada al I Congreso Multidisciplinar "Ciencia y Género", Facultad de Filosofía Universidad Complutense de Madrid.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (1996c). *Actitudes relacionadas con la ciencia y género*. Comunicación presentada al I Congreso Multidisciplinar "Ciencia y Género", Facultad de

- Filosofía Universidad Complutense de Madrid.
- Voltes, P. (1995). *Errores y fraudes de la ciencia y la técnica*. Barcelona: Planeta.
- Waks, L.J. y Prakash, M.S. (1985). STS education and its three step-sisters. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 52(2), 105-116.
- Weiner, B. (1986). *An Attributional Theory of Motivation and Emotion*. New York: Springer-Verlag.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: A meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387-398.
- Woolgar, S. (1991). *Ciencia: abriendo la caja negra*. Madrid: Anthropos.
- Yager, R.E. (1990). STS: Thinking over the years. *The Science Teacher*, 57, 52-55.
- Yager, R.E. (1992). Science-technology-society as reform. En R.E. Yager (Ed.), *The status of STS: Reform efforts around the world* (pp. 2-8). ICASE 1992 Yearbook. Petersfield, UK: International Council of Associations for Science Education.
- Yager, R.E., Myers, L.H., Blunck, S.M. & McComas, W.F. (1992). The Iowa chautauqua program: What assessment results indicate about STS instruction. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 12, 26-38.
- Yager, R.E. & Tamir, P. (1993). STS approach: reasons, intentions, accomplishments and outcomes. *Science Education*, 77, 637-658.
- Yearley, S. (1993-94). La autoridad social de la ciencia en la edad postmoderna. *Política y Sociedad*, 14/15, 59-66.
- Ziman, J. (1981). *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- . Ziman, J. (1984). *An introduction to science studies: the philosophical and social aspects of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press,
- . Ziman, J. (1994). The rationale of STS. Education is in the approach. En J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 21-31). Nueva York: Teachers College Press.
- Zoller, U., Ebenezer, J., Morely, K., Paras, S., Sandberg, V., West, C., Wolthers, T. & Tan, S.H. (1990). Goal attainment in Science-Technology-Society (S-T-S) education and reality: the case of British Columbia. *Science Education*, 74, 19-36.
- Zoller, U., Donn, S., Wild, D.R. & Beckett, P. (1991). Students' versus their teachers' beliefs and positions on science/technology/society-oriented issues. *International Journal of Science Education*, 13, 25-36.

APÉNDICE

TEXTO DE LAS CUESTIONES, FIGURAS Y TABLAS DE RESULTADOS

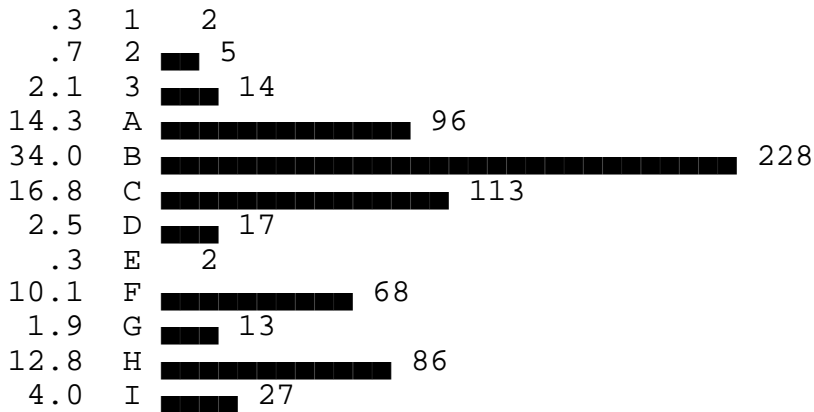
NOTA. Las opciones etiquetadas con los números 1, 2 y 3 son comunes a todas las cuestiones y corresponden a los siguientes contenidos:

1. No entiendo la cuestión.
2. No sé lo suficiente sobre el tema para seleccionar una opción.
3. Ninguna de las opciones satisface básicamente mi opinión.

10111 Definir qué es la ciencia es difícil porque la ciencia es algo complejo y hace muchas cosas. Pero la ciencia PRINCIPALMENTE es:

- A. el estudio de campos tales como biología, química, geología y física.
- B. un cuerpo de conocimientos, tales como principios, leyes y teorías que explican el mundo que nos rodea (materia, energía y vida).
- C. explorar lo desconocido y descubrir cosas nuevas sobre el mundo y el universo y sobre como funcionan.
- D. realizar experimentos para resolver problemas de interés sobre el mundo que nos rodea.
- E. inventar o diseñar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, computadores, vehículos espaciales).
- F. buscar y usar conocimientos para hacer este mundo un lugar mejor para vivir (por ejemplo, curar enfermedades, solucionar la contaminación y mejorar la agricultura).
- G. una organización de personas (llamados científicos) que tienen ideas y técnicas para descubrir nuevos conocimientos.
- H. un proceso investigador sistemático y el conocimiento resultante.
- I. no se puede definir la ciencia.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 671



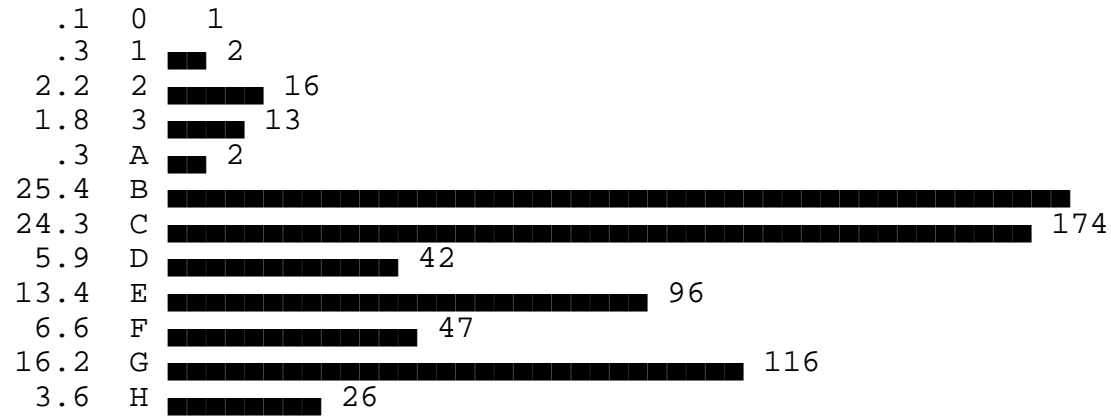
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Exposición a la ciencia | | | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | | | | | | |
| | Hombre | Mujer | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | |
|2% | | .7% | | .5% | | | 1.2% | | |
| 2.... | 5 | | | | 5 | | | | |
| ... 1.1% | | | | | 1.8% | | | | |
| 3.... | 13 | 1 | | 4 | 9 | 1 | | | |
| ... 2.8% | | .7% | | 2.2% | 3.2% | 1.5% | | | |
| A.... | 83 | 9 | 1 | 31 | 52 | 2 | 7 | | 1 |
| ... 17.9% | 6.0% | 2.2% | 17.0% | 18.5% | 3.1% | 8.2% | | 4.5% | |
| B.... | 148 | 58 | 19 | 47 | 101 | 25 | 33 | 12 | 7 |
| ... 32.0% | 38.7% | 41.3% | 25.8% | 35.9% | 38.5% | 38.8% | 50.0% | 31.8% | |
| C.... | 69 | 31 | 11 | 30 | 39 | 14 | 17 | 4 | 7 |
| ... 14.9% | 20.7% | 23.9% | 16.5% | 13.9% | 21.5% | 20.0% | 16.7% | 31.8% | |
| D.... | 13 | 1 | 3 | 9 | 4 | | 1 | 2 | 1 |
| ... 2.8% | .7% | 6.5% | 4.9% | 1.4% | | 1.2% | 8.3% | 4.5% | |
| E.... | 2 | | | 2 | | | | | |
|4% | | | | 1.1% | | | | | |
| F.... | 46 | 17 | 4 | 19 | 27 | 7 | 10 | | 4 |
| ... 9.9% | 11.3% | 8.7% | 10.4% | 9.6% | 10.8% | 11.8% | | 18.2% | |
| G.... | 10 | 3 | | 2 | 8 | 2 | 1 | | |
| ... 2.2% | 2.0% | | 1.1% | 2.8% | 3.1% | 1.2% | | | |
| H.... | 51 | 28 | 4 | 27 | 24 | 14 | 14 | 3 | 1 |
| ... 11.0% | 18.7% | 8.7% | 14.8% | 8.5% | 21.5% | 16.5% | 12.5% | 4.5% | |
| I.... | 22 | 1 | 4 | 10 | 12 | | 1 | 3 | 1 |
| ... 4.8% | .7% | 8.7% | 5.5% | 4.3% | | 1.2% | 12.5% | 4.5% | |
| Total | 463 | 150 | 46 | 182 | 281 | 65 | 85 | 24 | 22 |

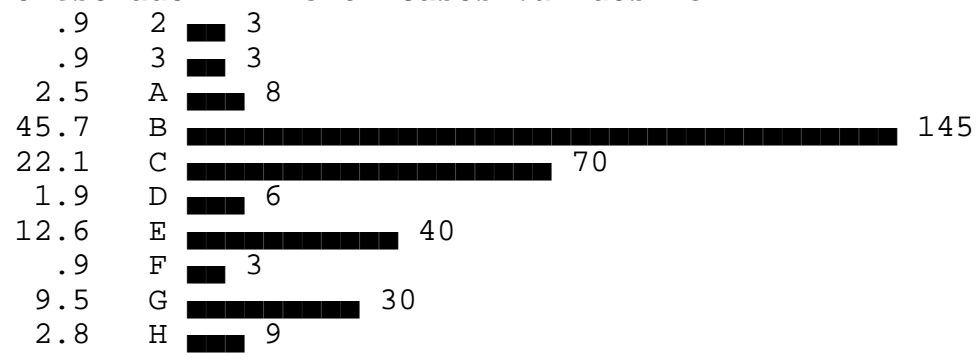
10211 Definir qué es la tecnología, puede tener dificultad porque la tecnología sirve para muchas cosas. Pero PRINCIPALMENTE tecnología es:

- A. muy parecida a la ciencia.
- B. la aplicación de la ciencia.
- C. nuevos procesos, instrumentos, maquinaria, herramientas, aplicaciones, artilugios, computadores o aparatos prácticos para el uso de cada día.
- D. robots, electrónica, computadores, sistemas de comunicación, automatismos, tecnología.
- E. una técnica para construir cosas o una vía de resolver problemas prácticos.
- F. inventar, diseñar y probar cosas (por ejemplo, corazones artificiales, computadores, vehículos espaciales).
- G. ideas y técnicas para diseñar y hacer cosas, para organizar a los trabajadores, la gente de negocios y los consumidores, para el progreso de la sociedad.
- H. saber como hacer cosas (instrumentos, maquinaria, tecnología.)

Alumnado N = 719 Casos válidos: 717



Profesorado N = 318 Casos válidos: 317



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 0.... | 1 | | | | 1 | | | | |
| ... | .2% | | | | .3% | | | | |
| 1.... | 2 | | | 1 | 1 | | | | |
| ... | .4% | | | .5% | .3% | | | | |
| 2.... | 15 | 1 | | 7 | 8 | 1 | | | |
| ... | 3.1% | .6% | | 3.8% | 2.7% | 1.4% | | | |
| 3.... | 9 | 2 | 1 | 5 | 4 | | 2 | | 1 |
| ... | 1.9% | 1.1% | 2.4% | 2.7% | 1.3% | | 1.9% | | 5.6% |
| A.... | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | |
| ... | .2% | .6% | | .5% | | | 1.0% | | |
| B.... | 94 | 63 | 15 | 35 | 59 | 28 | 35 | 8 | 7 |
| ... | 19.5% | 35.6% | 35.7% | 19.1% | 19.8% | 38.9% | 33.3% | 33.3% | 38.9% |
| C.... | 119 | 40 | 11 | 43 | 76 | 15 | 25 | 5 | 6 |
| ... | 24.7% | 22.6% | 26.2% | 23.5% | 25.5% | 20.8% | 23.8% | 20.8% | 33.3% |
| D.... | 31 | 10 | 1 | 16 | 15 | 2 | 8 | 1 | |
| ... | 6.4% | 5.6% | 2.4% | 8.7% | 5.0% | 2.8% | 7.6% | 4.2% | |
| E.... | 72 | 17 | 6 | 21 | 51 | 9 | 8 | 4 | 2 |
| ... | 15.0% | 9.6% | 14.3% | 11.5% | 17.1% | 12.5% | 7.6% | 16.7% | 11.1% |
| F.... | 36 | 10 | 1 | 17 | 19 | 4 | 6 | 1 | |
| ... | 7.5% | 5.6% | 2.4% | 9.3% | 6.4% | 5.6% | 5.7% | 4.2% | |
| G.... | 77 | 31 | 7 | 26 | 51 | 13 | 18 | 5 | 2 |
| ... | 16.0% | 17.5% | 16.7% | 14.2% | 17.1% | 18.1% | 17.1% | 20.8% | 11.1% |
| H.... | 24 | 2 | | 11 | 13 | | 2 | | |
| ... | 5.0% | 1.1% | | 6.0% | 4.4% | | 1.9% | | |
| Total | 481 | 177 | 42 | 183 | 298 | 72 | 105 | 24 | 18 |

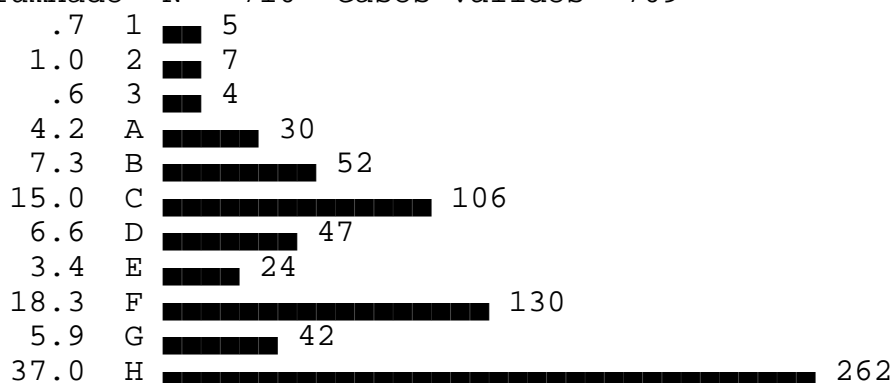
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 2 | | | | | | | | 1 |
| ... | 1.4% | | | | | | | | 5.6% |
| 3.... | 2 | | | 1 | | | | | |
| ... | 1.4% | | | 1.6% | | | | | |
| A.... | 2 | | | 3 | | | 3 | | |
| ... | 1.4% | | | 4.8% | | | 5.2% | | |
| B.... | 64 | 4 | 2 | 24 | 9 | 26 | 2 | 3 | 10 |
| ... | 46.4% | 66.7% | 40.0% | 38.1% | 47.4% | 44.8% | 66.7% | 50.0% | 55.6% |
| C.... | 34 | 2 | 2 | 14 | 6 | 8 | | 1 | 3 |
| ... | 24.6% | 33.3% | 40.0% | 22.2% | 31.6% | 13.8% | | 16.7% | 16.7% |
| D.... | 4 | | | 1 | | | | | |
| ... | 2.9% | | | 1.6% | | | | | |
| E.... | 10 | | 1 | 11 | 3 | 11 | | 1 | 3 |
| ... | 7.2% | | 20.0% | 17.5% | 15.8% | 19.0% | | 16.7% | 16.7% |
| F.... | 1 | | | 2 | | | | | |
| ... | .7% | | | 3.2% | | | | | |
| G.... | 16 | | | 4 | 1 | 7 | 1 | | 1 |
| ... | 11.6% | | | 6.3% | 5.3% | 12.1% | 33.3% | | 5.6% |
| H.... | 3 | | | 3 | | 2 | | 1 | |
| ... | 2.2% | | | 4.8% | | 3.4% | | 16.7% | |
| Total | 138 | 6 | 5 | 63 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

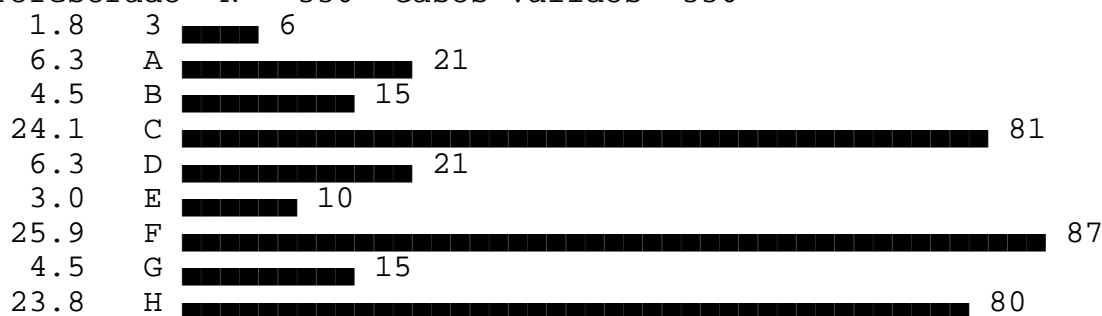
10311 *Ciencia y tecnología son muy importantes para la investigación y el desarrollo (I + D) de la industria del país. ¿Que significado tiene para ti "investigación y desarrollo" (I + D)?*

- A. I + D significa encontrar nuevas respuestas a preguntas sobre el mundo y sobre las personas.
- B. I + D significa progreso para hacer la vida más fácil y la calidad de vida mejor.
- C. Investigación es buscar nuevos hechos, ideas e información. Desarrollo es ponerlos en uso para beneficiar a la sociedad.
- D. Investigación es buscar nuevos hechos, ideas e información. Desarrollo es ponerlos en uso proponiendo ideas nuevas y creativas.
- E. I + D significa buscar nuevas ideas y problemas en la industria, para ayudar a la industria a vencer sus problemas, y por tanto, producir cosas más nuevas y mejores.
- F. I + D significa una combinación de ciencia y tecnología. La investigación conduce al desarrollo, y el desarrollo lleva a una investigación mejorada.
- G. I + D significa normalmente ayudar a la humanidad a encontrar curaciones médicas y nuevas tecnologías. Sin embargo, los efectos no previstos de I + D pueden también causar problemas sociales.
- H. I + D significa normalmente ayudar a la humanidad a encontrar curaciones médicas y nuevas tecnologías. Sin embargo, I + D también significa perjudicar a la sociedad creando cosas tales como armas nucleares y otras tecnologías derrochadoras. Depende de como se usa la I + D.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709



Profesorado N = 336 Casos válidos: 336



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 5 | | | | 5 | | | | |
| ... 1.1% | | | | | 1.8% | | | | |
| 2.... | 6 | 1 | | 3 | 3 | | | 1 | |
| ... 1.3% | .5% | | | 1.6% | 1.1% | | | 1.0% | |
| 3.... | 1 | 3 | | 1 | | 1 | | 2 | |
|2% | 1.6% | | | .5% | | 1.3% | | 1.9% | |
| A.... | 19 | 10 | 1 | 9 | 10 | 4 | | 6 | 1 |
| ... 4.1% | 5.5% | 1.8% | | 4.9% | 3.6% | 5.1% | | 5.8% | 3.1% |
| B.... | 36 | 9 | 5 | 23 | 13 | 8 | | 1 | 4 |
| ... 7.7% | 4.9% | 9.1% | | 12.5% | 4.6% | 10.1% | | 1.0% | 12.5% |
| C.... | 74 | 21 | 10 | 29 | 45 | 11 | | 10 | 5 |
| ... 15.9% | 11.5% | 18.2% | | 15.8% | 16.0% | 13.9% | | 9.6% | 15.6% |
| D.... | 28 | 11 | 7 | 11 | 17 | 5 | | 6 | 4 |
| ... 6.0% | 6.0% | 12.7% | | 6.0% | 6.0% | 6.3% | | 5.8% | 12.5% |
| E.... | 14 | 6 | 3 | 7 | 7 | 4 | | 2 | 1 |
| ... 3.0% | 3.3% | 5.5% | | 3.8% | 2.5% | 5.1% | | 1.9% | 3.1% |
| F.... | 83 | 32 | 15 | 30 | 53 | 13 | | 19 | 9 |
| ... 17.8% | 17.5% | 27.3% | | 16.3% | 18.9% | 16.5% | | 18.3% | 28.1% |
| G.... | 22 | 15 | 5 | 6 | 16 | 6 | | 9 | 2 |
| ... 4.7% | 8.2% | 9.1% | | 3.3% | 5.7% | 7.6% | | 8.7% | 6.3% |
| H.... | 177 | 75 | 9 | 65 | 112 | 27 | | 48 | 6 |
| ... 38.1% | 41.0% | 16.4% | | 35.3% | 39.9% | 34.2% | | 46.2% | 18.8% |
| Total | 465 | 183 | 55 | 184 | 281 | 79 | | 104 | 32 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | 1 | 1 | | 1 | | 2 | | | 1 |
|7% | 9.1% | | | 1.2% | | 3.9% | | | 7.7% |
| A.... | 4 | 1 | | 7 | 1 | 6 | | 1 | 1 |
| ... 3.0% | 9.1% | | | 8.2% | 7.1% | 11.8% | | 14.3% | 7.7% |
| B.... | 8 | | | 4 | 1 | 2 | | | |
| ... 5.9% | | | | 4.7% | 7.1% | 3.9% | | | |
| C.... | 35 | 1 | | 20 | 3 | 9 | | 2 | 4 |
| ... 25.9% | 9.1% | | | 23.5% | 21.4% | 17.6% | | 28.6% | 30.8% |
| D.... | 9 | | 1 | 4 | | 4 | | 1 | 1 |
| ... 6.7% | | 100% | | 4.7% | | 7.8% | | 14.3% | 7.7% |
| E.... | 2 | 3 | | 2 | | 1 | | 1 | 1 |
| ... 1.5% | 27.3% | | | 2.4% | | 2.0% | | 7.7% | 5.6% |
| F.... | 28 | 1 | | 22 | 3 | 21 | | 1 | 5 |
| ... 20.7% | 9.1% | | | 25.9% | 21.4% | 41.2% | | 14.3% | 38.5% |
| G.... | 4 | | | 7 | 1 | 1 | | | 2 |
| ... 3.0% | | | | 8.2% | 7.1% | 2.0% | | | 11.1% |
| H.... | 44 | 4 | | 18 | 5 | 5 | | 2 | 2 |
| ... 32.6% | 36.4% | | | 21.2% | 35.7% | 9.8% | | 28.6% | 11.1% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 85 | 14 | 51 | | 7 | 13 |

10411 *La ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas entre sí:*

- A. porque la ciencia es la base de los avances tecnológicos, aunque es difícil de ver como la tecnología podría ayudar a la ciencia.
- B. porque la investigación científica conduce a aplicaciones prácticas tecnológicas, y las aplicaciones tecnológicas aumentan la capacidad para hacer investigación científica.
- C. porque aunque son diferentes, están unidas tan estrechamente que es difícil separarlas.
- D. porque la tecnología es la base de todos los avances científicos, aunque es difícil ver como la ciencia puede ayudar a la tecnología.
- E. Ciencia y tecnología son más o menos la misma cosa.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 665

| | | | |
|------|---|----|--|
| .2 | 1 | 1 | |
| 1.8 | 2 | 12 | |
| .5 | 3 | 3 | |
| 11.1 | A | 74 | |
| 71.3 | B | | |
| 5.3 | C | 35 | |
| 8.3 | D | 55 | |
| 1.7 | E | 11 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | 1 | | | | | |
|2% | | | | .6% | | | | | |
| 2.... | 11 | 1 | | 4 | 7 | 1 | | | |
| ... 2.5% | .6% | | | 2.6% | 2.5% | 1.4% | | | |
| 3.... | 2 | 1 | | 2 | | 1 | | | |
|5% | .6% | | | 1.3% | | 1.4% | | | |
| A.... | 57 | 12 | 4 | 25 | 32 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| ... 13.0% | 7.3% | 7.8% | 16.1% | 11.3% | 9.5% | 5.5% | 9.4% | 5.3% | |
| B.... | 289 | 135 | 41 | 97 | 192 | 56 | 79 | 24 | 17 |
| ... 65.8% | 81.8% | 80.4% | 62.6% | 67.6% | 75.7% | 86.8% | 75.0% | 89.5% | |
| C.... | 25 | 8 | 2 | 11 | 14 | 4 | 4 | 2 | |
| ... 5.7% | 4.8% | 3.9% | 7.1% | 4.9% | 5.4% | 4.4% | 6.3% | | |
| D.... | 44 | 8 | 3 | 13 | 31 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| ... 10.0% | 4.8% | 5.9% | 8.4% | 10.9% | 6.8% | 3.3% | 6.3% | 5.3% | |
| E.... | 10 | | 1 | 2 | 8 | | | 1 | |
| ... 2.3% | | 2.0% | 1.3% | 2.8% | | | | 3.1% | |
| Total | 439 | 165 | 51 | 155 | 284 | 74 | 91 | 32 | 19 |

10412 ¿La ciencia influye en la tecnología?

- A. La ciencia no influye en gran medida sobre la tecnología.
- B. Tecnología es ciencia aplicada.
- C. El avance en ciencia conduce a nuevas tecnologías.
- D. La ciencia se hace más valiosa cuando se usa en tecnología.
- E. La ciencia es el conocimiento base para la tecnología.
- F. Los conocimientos de la investigación científica aplicada es más usado en tecnología que los conocimientos de la investigación científica pura.
- G. Tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 655

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .5 | 1 | 3 | |
| 2.9 | 2 | 19 | |
| .8 | 3 | 5 | |
| 1.7 | A | 11 | |
| 20.5 | B | 134 | |
| 31.9 | C | 209 | |
| 2.7 | D | 18 | |
| 13.4 | E | 88 | |
| 3.7 | F | 24 | |
| 22.0 | G | 144 | |

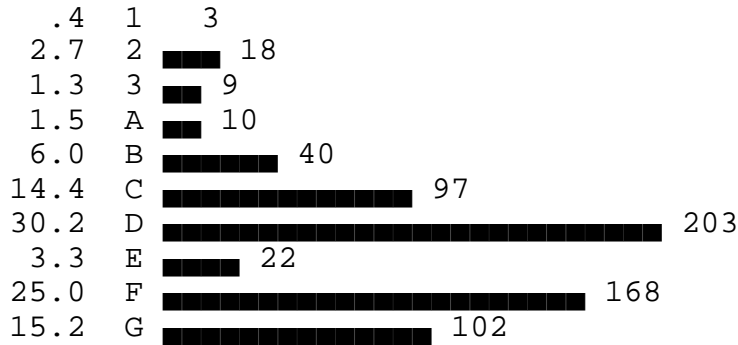
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | | 3 | | | | |
| ... | .7% | | | | 1.1% | | | | |
| 2.... | 14 | 5 | | 4 | 10 | | 5 | | |
| ... | 3.2% | 3.2% | | 2.5% | 3.7% | | 5.7% | | |
| 3.... | 1 | 1 | 3 | 1 | | 1 | | 3 | |
| ... | .2% | .6% | 5.7% | .6% | | 1.4% | | 8.8% | |
| A.... | 9 | 2 | | 6 | 3 | 1 | 1 | | |
| ... | 2.1% | 1.3% | | 3.7% | 1.1% | 1.4% | 1.1% | | |
| B.... | 74 | 42 | 15 | 28 | 46 | 20 | 22 | 8 | 7 |
| ... | 17.0% | 26.6% | 28.3% | 17.3% | 16.8% | 28.2% | 25.3% | 23.5% | 36.8% |
| C.... | 150 | 46 | 13 | 52 | 98 | 17 | 29 | 6 | 7 |
| ... | 34.5% | 29.1% | 24.5% | 32.1% | 35.9% | 23.9% | 33.3% | 17.6% | 36.8% |
| D.... | 11 | 4 | 2 | 2 | 9 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 2.5% | 2.5% | 3.8% | 1.2% | 3.3% | 4.2% | 1.1% | 2.9% | 5.3% |
| E.... | 50 | 24 | 12 | 21 | 29 | 12 | 12 | 9 | 3 |
| ... | 11.5% | 15.2% | 22.6% | 13.0% | 10.6% | 16.9% | 13.8% | 26.5% | 15.8% |
| F.... | 11 | 9 | 4 | 7 | 4 | 6 | 3 | 4 | |
| ... | 2.5% | 5.7% | 7.5% | 4.3% | 1.5% | 8.5% | 3.4% | 11.8% | |
| G.... | 112 | 25 | 4 | 41 | 71 | 11 | 14 | 3 | 1 |
| ... | 25.7% | 15.8% | 7.5% | 25.3% | 26.0% | 15.5% | 16.1% | 8.8% | 5.3% |
| Total | 435 | 158 | 53 | 162 | 273 | 71 | 87 | 34 | 19 |

10413 ¿La tecnología influye en la ciencia?

- A. La tecnología no influye en gran medida sobre la ciencia.
- B. La capacidad para crear tecnología marca el valor del conocimiento científico.
- C. La disponibilidad de tecnología influye en la dirección de la investigación científica.
- D. Los avances tecnológicos conducen a progresos en ciencia.
- E. La tecnología se usa por la sociedad para descubrir nuevo conocimiento científico.
- F. La tecnología suministra herramientas y técnicas para la ciencia.
- G. La tecnología es la aplicación de la ciencia para mejorar la vida.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 672



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | | 3 | | | | |
| ... | .6% | | | | 1.1% | | | | |
| 2.... | 18 | | | 4 | 14 | | | | |
| ... | 3.9% | | | 2.2% | 5.0% | | | | |
| 3.... | 7 | 2 | | 3 | 4 | | 2 | | |
| ... | 1.5% | 1.3% | | 1.6% | 1.4% | 3.0% | | | |
| A.... | 9 | | 1 | 5 | 4 | | | 1 | |
| ... | 1.9% | | 2.2% | 2.7% | 1.4% | | | 4.2% | |
| B.... | 29 | 7 | 3 | 11 | 18 | 1 | 6 | 3 | |
| ... | 6.3% | 4.6% | 6.5% | 6.0% | 6.4% | 1.5% | 7.1% | 12.5% | |
| C.... | 62 | 22 | 10 | 23 | 39 | 10 | 12 | 3 | 7 |
| ... | 13.4% | 14.6% | 21.7% | 12.6% | 13.9% | 15.2% | 14.1% | 12.5% | 31.8% |
| D.... | 148 | 46 | 8 | 62 | 86 | 18 | 28 | 4 | 4 |
| ... | 32.0% | 30.5% | 17.4% | 34.1% | 30.6% | 27.3% | 32.9% | 16.7% | 18.2% |
| E.... | 18 | 4 | | 10 | 8 | | 1 | 3 | |
| ... | 3.9% | 2.6% | | 5.5% | 2.8% | 1.5% | 3.5% | | |
| F.... | 101 | 51 | 14 | 35 | 66 | 23 | 28 | 9 | 5 |
| ... | 21.8% | 33.8% | 30.4% | 19.2% | 23.5% | 34.8% | 32.9% | 37.5% | 22.7% |
| G.... | 68 | 19 | 10 | 29 | 39 | 11 | 8 | 4 | 6 |
| ... | 14.7% | 12.6% | 21.7% | 15.9% | 13.9% | 16.7% | 9.4% | 16.7% | 27.3% |
| Total | 463 | 151 | 46 | 182 | 281 | 66 | 85 | 24 | 22 |

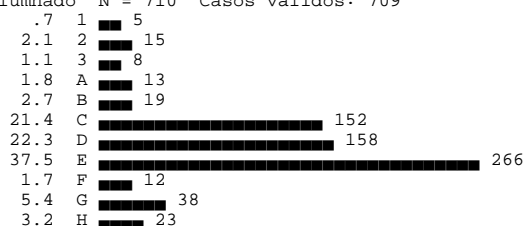
10421 Para mejorar la calidad de vida del país, sería mejor gastar dinero en investigación tecnológica EN LUGAR DE en investigación científica.

A. Invertir en investigación tecnológica porque mejorará la producción, el crecimiento económico y el desempleo. Todo esto es mucho más importante que cualquier cosa que ofrezca la investigación científica.

Invertir en ambas:

- B. porque no hay realmente diferencias entre ciencia y tecnología.
- C. porque el conocimiento científico es necesario para hacer avances tecnológicos.
- D. porque ambas interaccionan y se complementan una a otra igualmente. La tecnología da a la ciencia tanto como la ciencia da a la tecnología.
- E. porque cada una a su manera ofrece ventajas a la sociedad. Por ejemplo, la ciencia ofrece avances médicos y en el medio ambiente, mientras la tecnología ofrece eficiencia y comodidad mejoradas.
- F. Invertir en investigación científica - esto es, investigación médica o medio ambiental - porque estas son más importantes que hacer mejores aplicaciones, computadores o otros productos de la investigación tecnológica.
- G. Invertir en investigación científica porque mejora la calidad de vida (por ejemplo, curaciones médicas, respuestas a la contaminación y aumento del conocimiento). La investigación tecnológica, por otro lado, ha empeorado la calidad de vida (por ejemplo, bombas atómicas, contaminación, automatización, tecnología.)
- H. No invertir en ninguna. La calidad de vida no mejorará con los avances en la ciencia y la tecnología, sino que mejorará con inversiones en otros sectores de la sociedad (por ejemplo, bienestar social, educación, creación de empleo, artes culturales, ayuda extranjera, tecnología.)

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Exposición a la ciencia | | | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | | | 3 | 2 | | | | |
| ... 1.0% | | | | 1.6% | .7% | | | | |
| 2.... | 14 | 1 | | 5 | 9 | | | 1 | |
| ... 2.9% | .6% | | | 2.7% | 3.0% | | 1.1% | | |
| 3.... | 6 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | | | 1 |
| ... 1.2% | .6% | 2.1% | | 1.6% | 1.0% | 1.5% | | | 3.3% |
| A.... | 12 | 1 | | 10 | 2 | 1 | | | |
| ... 2.5% | .6% | | | 5.5% | .7% | 1.5% | | | |
| B.... | 11 | 4 | 2 | 8 | 3 | 3 | 1 | | 2 |
| ... 2.3% | 2.5% | 4.2% | | 4.4% | 1.0% | 4.4% | 1.1% | | 6.7% |
| C.... | 96 | 34 | 17 | 44 | 52 | 15 | 19 | 13 | 4 |
| ... 19.8% | 21.5% | 35.4% | 24.0% | 17.2% | 22.1% | 21.1% | 43.3% | 22.2% | |
| D.... | 88 | 43 | 21 | 26 | 62 | 19 | 24 | 10 | 11 |
| ... 18.1% | 27.2% | 43.8% | 14.2% | 20.5% | 27.9% | 26.7% | 33.3% | 61.1% | |
| E.... | 196 | 60 | 7 | 66 | 130 | 21 | 39 | 4 | 3 |
| ... 40.3% | 38.0% | 14.6% | 36.1% | 42.9% | 30.9% | 43.3% | 13.3% | 16.7% | |
| F.... | 8 | 3 | | 4 | 4 | 1 | | | 2 |
| ... 1.6% | 1.9% | | 2.2% | 1.3% | 1.5% | 2.2% | | | |
| G.... | 31 | 7 | | 7 | 24 | 5 | | | 2 |
| ... 6.4% | 4.4% | | 3.8% | 7.9% | 7.4% | 2.2% | | | |
| H.... | 19 | 4 | | 7 | 12 | 2 | | | 2 |
| ... 3.9% | 2.5% | | 3.8% | 4.0% | 2.9% | 2.2% | | | |
| Total | 486 | 158 | 48 | 183 | 303 | 68 | 90 | 30 | 18 |

10431 *Los tecnólogos tienen un cuerpo propio de conocimientos en el que se basan. Pocos desarrollos tecnológicos han llegado directamente de descubrimientos hechos en ciencia.*

- A. La tecnología avanza principalmente por sus propios medios. No necesita necesariamente descubrimientos científicos.
- B. La tecnología avanza confiando igualmente en ambos, los descubrimientos científicos y el cuerpo de conocimiento propio de la tecnología.
- C. Ambos, científicos y tecnólogos dependen del mismo cuerpo de conocimientos, porque ciencia y tecnología son muy similares.

CADA aplicación tecnológica se basa en un descubrimiento científico:

- D. porque los descubrimientos científicos siempre encuentran algún uso, bien para aplicaciones tecnológicas o para otros usos científicos.
- E. porque la ciencia suministra la información básica y las nuevas ideas a la tecnología.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719

| | | |
|------|---|-----|
| 2.2 | 1 | 16 |
| 5.1 | 2 | 37 |
| .6 | 3 | 4 |
| 8.5 | A | 61 |
| 40.9 | B | 294 |
| 13.9 | C | 100 |
| 12.4 | D | 89 |
| 16.4 | E | 118 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 317

| | | |
|------|---|-----|
| .6 | 1 | 2 |
| 1.3 | 2 | 4 |
| .3 | 3 | 1 |
| 4.7 | A | 15 |
| 47.3 | B | 150 |
| 16.7 | C | 53 |
| 12.3 | D | 39 |
| 16.7 | E | 53 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 14 | 1 | | 6 | 8 | | 1 | | |
| ... 2.9% | | .6% | | 3.3% | 2.7% | | 1.0% | | |
| 2.... | 32 | 4 | 1 | 11 | 21 | 1 | 3 | | 1 |
| ... 6.6% | 2.3% | 2.3% | 6.0% | 7.0% | 1.4% | 2.9% | | | 5.3% |
| 3.... | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | | | | 1 |
|6% | | 2.3% | 1.1% | .3% | | | | | 5.3% |
| A.... | 52 | 6 | 1 | 23 | 29 | 3 | 3 | | 1 |
| ... 10.8% | 3.4% | 2.3% | 12.6% | 9.7% | 4.2% | 2.9% | | | 5.3% |
| B.... | 199 | 70 | 20 | 61 | 138 | 27 | 43 | 13 | 7 |
| ... 41.3% | 39.5% | 46.5% | 33.3% | 46.2% | 37.5% | 41.0% | 54.2% | 36.8% | |
| C.... | 62 | 27 | 9 | 29 | 33 | 9 | 18 | 6 | 3 |
| ... 12.9% | 15.3% | 20.9% | 15.8% | 11.0% | 12.5% | 17.1% | 25.0% | 15.8% | |
| D.... | 51 | 29 | 7 | 21 | 30 | 11 | 18 | 4 | 3 |
| ... 10.6% | 16.4% | 16.3% | 11.5% | 10.0% | 15.3% | 17.1% | 16.7% | 15.8% | |
| E.... | 69 | 40 | 4 | 30 | 39 | 21 | 19 | 1 | 3 |
| ... 14.3% | 22.6% | 9.3% | 16.4% | 13.0% | 29.2% | 18.1% | 4.2% | 15.8% | |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

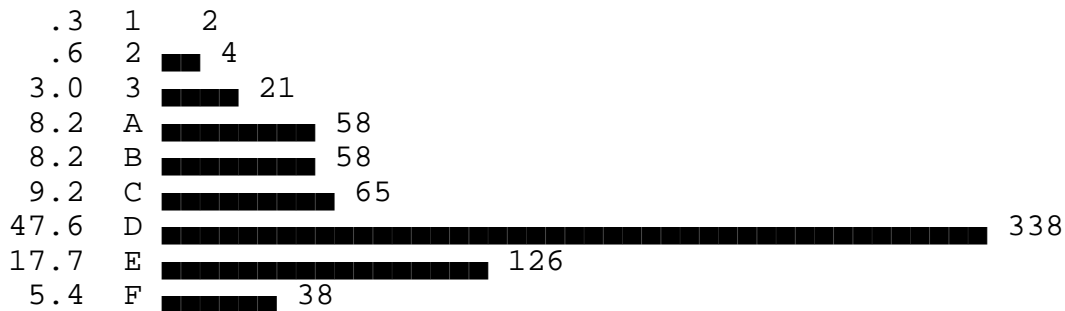
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | | | | | | | 1 |
|7% | | | | | | | | | 5.6% |
| 2.... | 2 | | | 2 | | | | | |
| ... 1.4% | | | | 3.2% | | | | | |
| 3.... | 1 | | | | | | | | |
|7% | | | | | | | | | |
| A.... | 8 | | | 3 | | 3 | | | 1 |
| ... 5.8% | | | | 4.8% | | 5.2% | | | 5.6% |
| B.... | 62 | 5 | 3 | 32 | 10 | 28 | 1 | 4 | 4 |
| ... 44.9% | 83.3% | 60.0% | 50.8% | 52.6% | 48.3% | 33.3% | 66.7% | 22.2% | |
| C.... | 23 | 1 | 1 | 12 | 1 | 11 | 1 | 1 | 2 |
| ... 16.7% | 16.7% | 20.0% | 19.0% | 5.3% | 19.0% | 33.3% | 16.7% | 11.1% | |
| D.... | 18 | | 1 | 7 | 3 | 8 | | 1 | 1 |
| ... 13.0% | | 20.0% | 11.1% | 15.8% | 13.8% | | 16.7% | 5.6% | |
| E.... | 23 | | | 7 | 5 | 8 | 1 | | 9 |
| ... 16.7% | | | 11.1% | 26.3% | 13.8% | 33.3% | | 50.0% | |
| Total | 138 | 6 | 5 | 63 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

20111 *El gobierno del país debería dar dinero a los científicos para investigar y explorar lo desconocido de la naturaleza y el universo.*

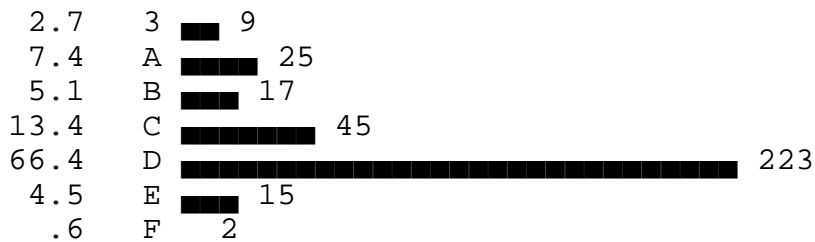
Se debería gastar dinero en investigación científica:

- A. para que el país no quede atrasado con respecto a otros países y tenga que ser dependiente de ellos.
- B. para satisfacer la necesidad humana de conocer lo desconocido; esto es, para satisfacer la curiosidad científica.
- C. aún cuando sea imposible adelantar si la investigación científica será beneficiosa o no. Es una inversión con riesgo, pero debemos hacerla.
- D. porque comprendiendo mejor nuestro mundo, los científicos pueden convertirlo en un lugar mejor para vivir (por ejemplo, usando los recursos y el medio ambiente de la naturaleza para mejorar e inventando tecnología que sirva de ayuda).
- E. solamente cuando la investigación está directamente relacionada con nuestra salud (especialmente encontrando curas para las enfermedades), para nuestro medio ambiente o para la agricultura.
- F. Nada o poco dinero debería gastarse en investigación científica, porque el dinero podría gastarse en otras cosas, tales como ayudar a la gente en paro o necesitados, o ayudando a los países más pobres.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 710



Profesorado N = 336 Casos válidos: 336



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | |
| ... | .2% | .5% | | .5% | | 1.3% | | | |
| 2.... | 3 | 1 | | | 3 | 1 | | | |
| ... | .6% | .5% | | | 1.1% | 1.3% | | | |
| 3.... | 14 | 7 | | 1 | 13 | 4 | | 3 | |
| ... | 3.0% | 3.8% | | .5% | 4.6% | 5.1% | | 2.9% | |
| A.... | 40 | 15 | 3 | 20 | 20 | 6 | | 9 | 3 |
| ... | 8.6% | 8.2% | 5.5% | 10.9% | 7.1% | 7.6% | | 8.7% | 9.4% |
| B.... | 32 | 14 | 11 | 14 | 18 | 10 | | 4 | 7 |
| ... | 6.9% | 7.7% | 20.0% | 7.6% | 6.4% | 12.7% | | 3.8% | 21.9% |
| C.... | 38 | 15 | 10 | 17 | 21 | 5 | | 10 | 7 |
| ... | 8.2% | 8.2% | 18.2% | 9.2% | 7.4% | 6.3% | | 9.6% | 21.9% |
| D.... | 209 | 96 | 30 | 78 | 131 | 40 | | 56 | 15 |
| ... | 44.8% | 52.5% | 54.5% | 42.4% | 46.5% | 50.6% | | 53.8% | 46.9% |
| E.... | 95 | 30 | 1 | 44 | 51 | 9 | | 21 | 1 |
| ... | 20.4% | 16.4% | 1.8% | 23.9% | 18.1% | 11.4% | | 20.2% | 4.3% |
| F.... | 34 | 4 | | 9 | 25 | 3 | | 1 | |
| ... | 7.3% | 2.2% | | 4.9% | 8.9% | 3.8% | | 1.0% | |
| Total | 466 | 183 | 55 | 184 | 282 | 79 | | 104 | 32 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | 3 | | | 3 | | 1 | 1 | 1 | |
| ... | 2.2% | | | 3.5% | | 2.0% | 14.3% | 7.7% | |
| A.... | 8 | 1 | | 4 | 1 | 7 | | 2 | 2 |
| ... | 5.9% | 9.1% | | 4.7% | 7.1% | 13.7% | | 15.4% | 11.1% |
| B.... | 4 | 3 | | 6 | | 3 | | | 1 |
| ... | 3.0% | 27.3% | | 7.1% | | 5.9% | | | 5.6% |
| C.... | 14 | | | 7 | 2 | 12 | | 3 | 7 |
| ... | 10.4% | | | 8.2% | 14.3% | 23.5% | | 23.1% | 38.9% |
| D.... | 97 | 7 | 1 | 58 | 11 | 27 | 6 | 7 | 8 |
| ... | 71.9% | 63.6% | 100% | 68.2% | 78.6% | 52.9% | 85.7% | 53.8% | 44.4% |
| E.... | 8 | | | 6 | | 1 | | | |
| ... | 5.9% | | | 7.1% | | 2.0% | | | |
| F.... | 1 | | | 1 | | | | | |
| ... | .7% | | | 1.2% | | | | | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 85 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

20121 Las autoridades del gobierno o de la comunidad deberían decir a los científicos lo que deben investigar, ya que si no los científicos investigarán lo que les interesa sólo a ellos.

Las autoridades del gobierno o de la comunidad deberían decir a los científicos lo que deben investigar:

- A. para que el trabajo de los científicos ayude a mejorar la sociedad.
- B. sólo para problemas públicos muy importantes; en lo demás los científicos deberían poder decidir qué investigar.
- C. Todas las partes deberían participar por igual. El gobierno y los científicos, juntos, deberían decidir qué necesidades deben estudiarse, aun cuando los científicos suelen estar informados de las necesidades de la sociedad.
- D. Los científicos principalmente deberían decidir qué investigar, porque conocen las necesidades que hay que estudiar. Las autoridades del gobierno o de la comunidad no suelen saber mucho sobre ciencia; sin embargo, su consejo podría, a veces, ser útil.
- E. Los científicos principalmente deberían decidir qué investigar, porque saben mejor: qué áreas están listas para el progreso, qué áreas tienen los expertos necesarios, qué áreas tienen la tecnología necesaria y qué áreas tienen las mayores posibilidades de ayudar a la sociedad.
- F. Los científicos deberían decidir qué investigar, porque sólo ellos conocen las necesidades que deben estudiarse. Los gobiernos, con frecuencia, ponen sus propios intereses por delante de las necesidades de la sociedad.
- G. Los científicos deberían ser libres para decidir qué investigar, porque ellos tienen que estar interesados en su trabajo para poder ser creativos y tener éxito.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 666

| | | |
|------|---|-----|
| 1.2 | 2 | 8 |
| 2.3 | 3 | 15 |
| 3.8 | A | 25 |
| 6.6 | B | 44 |
| 32.9 | C | 219 |
| 19.2 | D | 128 |
| 15.0 | E | 100 |
| 10.7 | F | 71 |
| 8.4 | G | 56 |

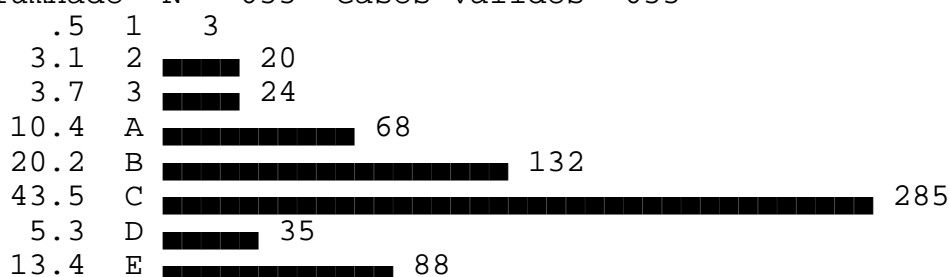
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 6 | 2 | | 3 | 3 | 2 | | | |
| ... 1.4% | 1.2% | | | 1.9% | 1.1% | 2.7% | | | |
| 3.... | 10 | 3 | | 2 | 8 | 2 | 1 | | |
| ... 2.3% | 1.8% | | | 1.3% | 2.8% | 2.7% | 1.1% | | |
| A.... | 17 | 7 | | 12 | 5 | 2 | 5 | | |
| ... 3.9% | 4.2% | | | 7.7% | 1.8% | 2.7% | 5.5% | | |
| B.... | 27 | 12 | 5 | 8 | 19 | 7 | 5 | 2 | 3 |
| ... 6.1% | 7.3% | 9.8% | | 5.2% | 6.7% | 9.5% | 5.5% | 6.3% | 15.8% |
| C.... | 137 | 60 | 17 | 50 | 87 | 21 | 39 | 10 | 7 |
| ... 31.1% | 36.4% | 33.3% | | 32.3% | 30.5% | 28.4% | 42.9% | 31.3% | 36.8% |
| D.... | 91 | 27 | 10 | 25 | 66 | 13 | 14 | 9 | 1 |
| ... 20.7% | 16.4% | 19.6% | | 16.1% | 23.2% | 17.6% | 15.4% | 28.1% | 5.3% |
| E.... | 65 | 24 | 11 | 20 | 45 | 8 | 16 | 5 | 6 |
| ... 14.8% | 14.5% | 21.6% | | 12.9% | 15.8% | 10.8% | 17.6% | 15.6% | 31.6% |
| F.... | 48 | 17 | 5 | 15 | 33 | 10 | 7 | 3 | 2 |
| ... 10.9% | 10.3% | 9.8% | | 9.7% | 11.6% | 13.5% | 7.7% | 9.4% | 10.5% |
| G.... | 39 | 13 | 3 | 20 | 19 | 9 | 4 | 3 | |
| ... 8.9% | 7.9% | 5.9% | | 12.9% | 6.7% | 12.2% | 4.4% | 9.4% | |
| Total | 440 | 165 | 51 | 155 | 285 | 74 | 91 | 32 | 19 |

20131 La ciencia avanzaría más eficientemente si fuera controlada por el gobierno.

- A El gobierno debería controlar la ciencia y hacerla más eficiente, coordinando el trabajo de investigación y suministrando el dinero.
- B El control del gobierno debería depender de lo útil que sea la investigación científica concreta para la sociedad y el país. Las investigaciones útiles deberían ser más controladas y darles dinero.
- C El gobierno NO debería controlar la ciencia sino que debería dar dinero y dejar la dirección de la ciencia para los científicos.
- D El gobierno NO debería controlar la ciencia sino que debería dejar la investigación científica a las empresas privadas; además, el gobierno debería dar el dinero para la investigación.
- E El gobierno no puede hacer la ciencia más eficiente porque el gobierno no es eficiente y no se puede confiar en él.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 655



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | 1 | | 2 | | 1 | | | |
|5% | .6% | | | .7% | | 1.1% | | | |
| 2.... | 16 | 2 | | 7 | 9 | 2 | | | |
| ... 3.7% | 1.3% | | 4.3% | 3.3% | 2.3% | | | | |
| 3.... | 13 | 8 | 3 | 4 | 9 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| ... 3.0% | 5.1% | 5.7% | 2.5% | 3.3% | 7.0% | 3.4% | 5.9% | 5.3% | |
| A.... | 44 | 17 | 6 | 10 | 34 | 7 | 10 | 4 | 2 |
| ... 10.1% | 10.8% | 11.3% | 6.2% | 12.5% | 9.9% | 11.5% | 11.8% | 10.5% | |
| B.... | 81 | 38 | 12 | 29 | 52 | 19 | 19 | 7 | 5 |
| ... 18.6% | 24.1% | 22.6% | 17.9% | 19.0% | 26.8% | 21.8% | 20.6% | 26.3% | |
| C.... | 194 | 63 | 25 | 76 | 118 | 26 | 37 | 17 | 8 |
| ... 44.6% | 39.9% | 47.2% | 46.9% | 43.2% | 36.6% | 42.5% | 50.0% | 42.1% | |
| D.... | 29 | 4 | 1 | 14 | 15 | 4 | | | 1 |
| ... 6.7% | 2.5% | 1.9% | 8.6% | 5.5% | 5.6% | | | 5.3% | |
| E.... | 56 | 25 | 6 | 22 | 34 | 10 | 15 | 4 | 2 |
| ... 12.9% | 15.8% | 11.3% | 13.6% | 12.5% | 14.1% | 17.2% | 11.8% | 10.5% | |
| Total | 435 | 158 | 53 | 162 | 273 | 71 | 87 | 34 | 19 |

20141 La política de un país afecta a los científicos de ese país ya que los científicos son una parte de la sociedad del país (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).

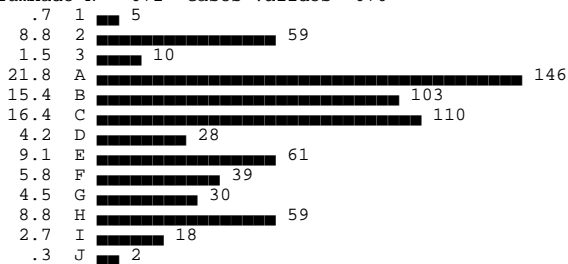
Los científicos están afectados por la política de su país:

- A. porque la subvención de la ciencia viene principalmente del gobierno que controla la manera de gastar el dinero.
- B. porque los gobiernos establecen la política para la ciencia de dar dinero a algunos proyectos de investigación y a otros no.
- C. porque los gobiernos establecen la política teniendo en cuenta nuevas aplicaciones y nuevos proyectos, tanto si los subvenciona como si no. La política del gobierno afecta al tipo de proyectos que los científicos realizarán.
- D. porque la política limita y controla a los científicos diciéndoles qué investigación deben hacer.
- E. porque los gobiernos pueden forzar a los científicos a trabajar en un proyecto que los científicos creen malo (por ejemplo, investigación de armamentos), y por tanto no permitir a los científicos trabajar en proyectos beneficiosos para la sociedad.
- F. porque los científicos son una parte de la sociedad y están afectados como todos los demás.
- G. porque los científicos tratan de comprender y ayudar a la sociedad, y por tanto, por su implicación e importancia para la sociedad, los científicos están estrechamente relacionados con la sociedad.
- H. Depende del país y la estabilidad o tipo de gobierno que tiene.

Los científicos NO están afectados por la política de su país:

- I. porque la investigación científica no tiene nada que ver con la política.
- J. porque los científicos están aislados de su sociedad.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 670



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Exposición a la ciencia | | | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | | | 3 | 2 | | | | |
| ... 1.1% | | | | 1.6% | .7% | | | | |
| 2.... | 52 | 7 | | 19 | 33 | 2 | 5 | | |
| ... 11.3% | 4.6% | | | 10.4% | 11.8% | 3.0% | 5.9% | | |
| 3.... | 8 | 2 | | 4 | 4 | 1 | 1 | | |
| ... 1.7% | 1.3% | | | 2.2% | 1.4% | 1.5% | 1.2% | | |
| A.... | 84 | 38 | 22 | 32 | 52 | 21 | 17 | 12 | 10 |
| ... 18.2% | 25.2% | 47.8% | 17.6% | 18.6% | 31.8% | 20.0% | 50.0% | 45.5% | |
| B.... | 59 | 33 | 9 | 24 | 35 | 12 | 21 | 3 | 6 |
| ... 12.8% | 21.9% | 19.6% | 13.2% | 12.5% | 18.2% | 24.7% | 12.5% | 27.3% | |
| C.... | 85 | 19 | 4 | 33 | 52 | 6 | 13 | 2 | 2 |
| ... 18.4% | 12.6% | 8.7% | 18.1% | 18.6% | 9.1% | 15.3% | 8.3% | 9.1% | |
| D.... | 21 | 5 | | 10 | 11 | 3 | 2 | | |
| ... 4.6% | 3.3% | | 5.5% | 3.9% | 4.5% | 2.4% | | | |
| E.... | 47 | 11 | 2 | 21 | 26 | 5 | 6 | 2 | |
| ... 10.2% | 7.3% | 4.3% | 11.5% | 9.3% | 7.6% | 7.1% | 8.3% | | |
| F.... | 27 | 11 | 1 | 6 | 21 | 8 | 3 | 1 | |
| ... 5.9% | 7.3% | 2.2% | 3.3% | 7.5% | 12.1% | 3.5% | 4.2% | | |
| G.... | 21 | 6 | 2 | 10 | 11 | 1 | 5 | 1 | 1 |
| ... 4.6% | 4.0% | 4.3% | 5.5% | 3.9% | 1.5% | 5.9% | 4.2% | 4.5% | |
| H.... | 39 | 15 | 5 | 17 | 22 | 5 | 10 | 2 | 3 |
| ... 8.5% | 9.9% | 10.9% | 9.3% | 7.9% | 7.6% | 11.8% | 8.3% | 13.6% | |
| I.... | 11 | 4 | 1 | 2 | 9 | 2 | 2 | 1 | |
| ... 2.4% | 2.6% | 2.2% | 1.1% | 3.2% | 3.0% | 2.4% | 4.2% | | |
| J.... | 2 | | | 1 | 1 | | | | |
|4% | | | .5% | .4% | | | | | |
| Total | 461 | 151 | 46 | 182 | 279 | 66 | 85 | 24 | 22 |

20151 La política de nuestro país afecta a los científicos de ese país ya que los científicos son una parte de la sociedad del país (esto es, los científicos no están aislados de su sociedad).

Los científicos están afectados por la política de su país:

- A. porque la subvención de la ciencia viene principalmente del gobierno que controla la manera de gastar el dinero.
- B. porque los gobiernos no sólo dan dinero para investigación; establecen la política teniendo en cuenta nuevas aplicaciones. Esta política afecta directamente al tipo de proyectos que los científicos realizarán.
- C. porque los científicos son una parte de la sociedad y están afectados como todos los demás.
- D. porque los científicos tratan de comprender y ayudar a la sociedad, y por tanto, por su implicación e importancia para la sociedad, los científicos están estrechamente relacionados con la sociedad.

Los científicos NO están afectados por la política de su país:

- E. porque la naturaleza del trabajo de un científico previene al científico de llegar a meterse en política.
- F. porque los científicos están aislados de su sociedad. Su trabajo no recibe atención de los medios de comunicación, excepto que hagan un descubrimiento espectacular.
- G. porque nuestro país es un país libre, y por tanto los científicos pueden trabajar libremente.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709

| | | |
|------|---|-----|
| 1.0 | 1 | 7 |
| 9.2 | 2 | 65 |
| 1.8 | 3 | 13 |
| 21.6 | A | 153 |
| 17.5 | B | 124 |
| 22.4 | C | 159 |
| 16.4 | D | 116 |
| 1.7 | E | 12 |
| 6.1 | F | 43 |
| 2.4 | G | 17 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 7 | | | 5 | 2 | | | | |
| ... 1.4% | | | | 2.7% | .7% | | | | |
| 2.... | 54 | 6 | 3 | 14 | 40 | 1 | 5 | 2 | 1 |
| ... 11.1% | 3.8% | 6.1% | 7.7% | 13.2% | 1.5% | 5.6% | 6.5% | 5.6% | |
| 3.... | 6 | 4 | 2 | 1 | 5 | 3 | 1 | 2 | |
| ... 1.2% | 2.5% | 4.1% | .5% | 1.7% | 4.4% | 1.1% | 6.5% | | |
| A.... | 96 | 41 | 15 | 30 | 66 | 16 | 25 | 10 | 5 |
| ... 19.8% | 25.9% | 30.6% | 16.4% | 21.9% | 23.5% | 27.8% | 32.3% | 27.8% | |
| B.... | 68 | 41 | 11 | 22 | 46 | 14 | 27 | 6 | 5 |
| ... 14.0% | 25.9% | 22.4% | 12.0% | 15.2% | 20.6% | 30.0% | 19.4% | 27.8% | |
| C.... | 115 | 30 | 9 | 41 | 74 | 17 | 13 | 6 | 3 |
| ... 23.7% | 19.0% | 18.4% | 22.4% | 24.5% | 25.0% | 14.4% | 19.4% | 16.7% | |
| D.... | 79 | 27 | 8 | 38 | 41 | 13 | 14 | 5 | 3 |
| ... 16.3% | 17.1% | 16.3% | 20.8% | 13.6% | 19.1% | 15.6% | 16.1% | 16.7% | |
| E.... | 9 | 2 | | 6 | 3 | | 2 | | |
| ... 1.9% | 1.3% | | 3.3% | 1.0% | | 2.2% | | | |
| F.... | 35 | 6 | 1 | 19 | 16 | 3 | 3 | | 1 |
| ... 7.2% | 3.8% | 2.0% | 10.4% | 5.3% | 4.4% | 3.3% | | 5.6% | |
| G.... | 16 | 1 | | 7 | 9 | 1 | | | |
| ... 3.3% | .6% | | 3.8% | 3.0% | 1.5% | | | | |
| Total | 485 | 158 | 49 | 183 | 302 | 68 | 90 | 31 | 18 |

20211 *La investigación científica en nuestro país sería mejor si estuviera más estrechamente controlada por empresas (por ejemplo, compañías de alta tecnología, comunicaciones, farmacéuticas, forestales, mineras, manufactureras).*

Las empresas principalmente deberían controlar la ciencia:

- A. porque un control más estrecho por las empresas haría la ciencia más útil y hacer descubrimientos más rápidamente mediante unas comunicaciones más rápidas, mejor dotación de dinero y más competitividad.
- B. para mejorar la cooperación entre la ciencia y la tecnología, y por tanto, resolver los problemas juntas.
- C. pero las instituciones del gobierno o públicas deberían poder decir algo sobre lo que la ciencia intenta conseguir.

Las empresas NO deberían controlar la ciencia:

- D. porque si lo hacen, los descubrimientos científicos estarían limitados a aquellos descubrimientos que benefician a la empresa (por ejemplo, tener ganancias). Los descubrimientos científicos importantes que benefician al público se hacen por la ciencia pura no limitada.
- E. porque si lo hacen, las empresas estorbarían a los científicos para investigar los problemas importantes que las empresas quieran abandonar (por ejemplo, la contaminación producida por la empresa).
- F. La ciencia no puede ser controlada por las empresas. Nadie, ni siquiera los científicos pueden controlar lo que la ciencia descubrirá.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .4 | 1 | 3 | |
| 3.1 | 2 | 22 | |
| 2.2 | 3 | 16 | |
| 13.4 | A | 96 | |
| 8.1 | B | 58 | |
| 4.3 | C | 31 | |
| 32.5 | D | 234 | |
| 9.5 | E | 68 | |
| 26.6 | F | 191 | |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 317

| | | | |
|------|---|----|--|
| 2.2 | 2 | 7 | |
| 6.3 | 3 | 20 | |
| 3.8 | A | 12 | |
| 9.5 | B | 30 | |
| 10.1 | C | 32 | |
| 31.5 | D | | |
| 8.2 | E | 26 | |
| 28.4 | F | 90 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 1 | 2 | | | | |
| ... | .6% | | | .5% | .7% | | | | |
| 2.... | 19 | 3 | | 9 | 10 | 1 | 2 | | |
| ... | 3.9% | 1.7% | | 4.9% | 3.3% | 1.4% | 1.9% | | |
| 3.... | 9 | 2 | 4 | 7 | 2 | 2 | | 4 | |
| ... | 1.9% | 1.1% | 9.3% | 3.8% | .7% | 2.8% | | 16.7% | |
| A.... | 69 | 19 | 4 | 35 | 34 | 8 | 11 | 2 | 2 |
| ... | 14.3% | 10.7% | 9.3% | 19.1% | 11.4% | 11.1% | 10.5% | 8.3% | 10.5% |
| B.... | 42 | 14 | 1 | 20 | 22 | 7 | 7 | 1 | |
| ... | 8.7% | 7.9% | 2.3% | 10.9% | 7.4% | 9.7% | 6.7% | 4.2% | |
| C.... | 17 | 11 | 1 | 8 | 9 | 8 | 3 | 1 | |
| ... | 3.5% | 6.2% | 2.3% | 4.4% | 3.0% | 11.1% | 2.9% | 4.2% | |
| D.... | 138 | 73 | 17 | 49 | 89 | 31 | 42 | 7 | 10 |
| ... | 28.6% | 41.2% | 39.5% | 26.8% | 29.8% | 43.1% | 40.0% | 29.2% | 52.6% |
| E.... | 48 | 18 | 1 | 13 | 35 | 5 | 13 | 1 | |
| ... | 10.0% | 10.2% | 2.3% | 7.1% | 11.7% | 6.9% | 12.4% | 4.2% | |
| F.... | 137 | 37 | 15 | 41 | 96 | 10 | 27 | 8 | 7 |
| ... | 28.4% | 20.9% | 34.9% | 22.4% | 32.1% | 13.9% | 25.7% | 33.3% | 36.8% |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

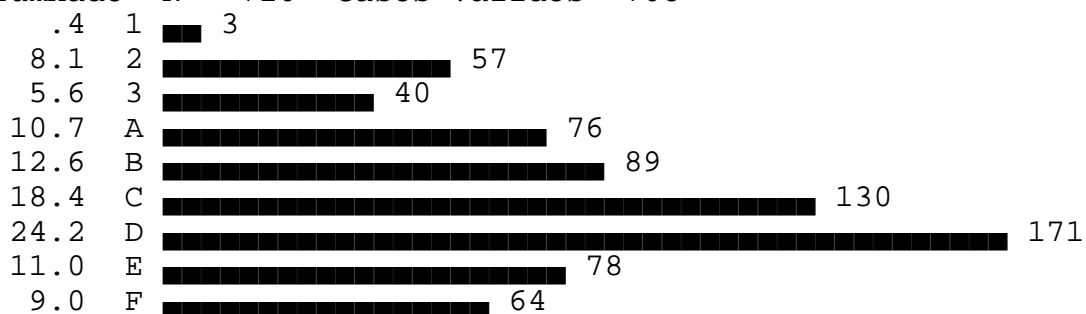
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 7 | | | | | | | | |
| ... | 5.1% | | | | | | | | |
| 3.... | 3 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | | 1 | 4 |
| ... | 2.2% | 16.7% | 60.0% | 6.3% | 5.3% | 5.2% | | 16.7% | 22.2% |
| A.... | 6 | 1 | | 1 | 1 | 2 | | | 1 |
| ... | 4.4% | 16.7% | | 1.6% | 5.3% | 3.4% | | | 5.6% |
| B.... | 15 | | | 4 | 3 | 7 | 1 | | |
| ... | 10.9% | | | 6.3% | 15.8% | 12.1% | 33.3% | | |
| C.... | 15 | | 1 | 4 | 2 | 9 | 1 | | |
| ... | 10.9% | | 20.0% | 6.3% | 10.5% | 15.5% | 33.3% | | |
| D.... | 43 | 1 | 1 | 24 | 8 | 17 | | 1 | 4 |
| ... | 31.4% | 16.7% | 20.0% | 37.5% | 42.1% | 29.3% | | 16.7% | 22.2% |
| E.... | 12 | | | 6 | 2 | 3 | | 2 | 1 |
| ... | 8.8% | | | 9.4% | 10.5% | 5.2% | | 33.3% | 5.6% |
| F.... | 36 | 3 | | 21 | 2 | 17 | 1 | 2 | 8 |
| ... | 26.3% | 50.0% | | 32.8% | 10.5% | 29.3% | 33.3% | 33.3% | 44.4% |
| Total | 137 | 6 | 5 | 64 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

20311 La mayor parte de la investigación científica y tecnológica se hace para los militares y la industria. Sólo una pequeña cantidad se hace para la salud, la agricultura y para el simple placer de descubrir más sobre la naturaleza.

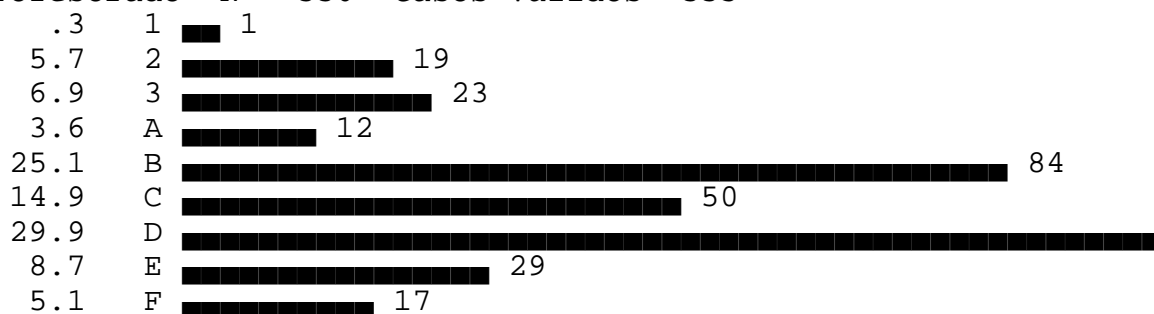
La mayor parte de la investigación se hace para los militares y la industria. Sé que es cierto:

- A. porque siempre están intentando hacer cosas como nuevas armas, bombas nucleares, satélites, computadores y robots.
- B. porque se gastan cantidades más grandes de dinero en investigación militar e industrial, y por eso aquí es donde se produce la mayor cantidad de descubrimientos.
- C. porque la investigación se hará sólo donde hay más dinero, no por el placer de descubrir más sobre la naturaleza.
- D. La mayor parte de la investigación se hace para militares e industria pero sólo en algunos países, donde el gasto de defensa tiene una alta prioridad. En otros países, la investigación se hace para la salud, la agricultura y la ciencia pura.
- E. Me parece que hay mucha investigación hecha en todas las áreas.
- F. La mayor parte de la investigación se hace para la salud, la agricultura y sobre la naturaleza, más que para los militares y la industria. Hoy día, hay mucha investigación hecha para curar enfermedades, sobre el suelo y la naturaleza.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 708



Profesorado N = 336 Casos válidos: 335



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 2 | 1 | | | | |
| ... | .6% | | | 1.1% | .4% | | | | |
| 2.... | 39 | 17 | 1 | 8 | 31 | 7 | 10 | 1 | |
| ... | 8.4% | 9.3% | 1.8% | 4.3% | 11.0% | 8.9% | 9.7% | 3.1% | |
| 3.... | 28 | 9 | 2 | 9 | 19 | 5 | 4 | 2 | |
| ... | 6.0% | 4.9% | 3.6% | 4.9% | 6.8% | 6.3% | 3.9% | 6.3% | |
| A.... | 58 | 15 | 3 | 25 | 33 | 8 | 7 | 1 | 2 |
| ... | 12.5% | 8.2% | 5.5% | 13.6% | 11.7% | 10.1% | 6.8% | 3.1% | 8.7% |
| B.... | 45 | 34 | 10 | 28 | 17 | 16 | 18 | 5 | 5 |
| ... | 9.7% | 18.7% | 18.2% | 15.2% | 6.0% | 20.3% | 17.5% | 15.6% | 21.7% |
| C.... | 77 | 34 | 18 | 33 | 44 | 14 | 20 | 13 | 5 |
| ... | 16.6% | 18.7% | 32.7% | 17.9% | 15.7% | 17.7% | 19.4% | 40.6% | 21.7% |
| D.... | 116 | 40 | 13 | 45 | 71 | 18 | 22 | 7 | 6 |
| ... | 24.9% | 22.0% | 23.6% | 24.5% | 25.3% | 22.8% | 21.4% | 21.9% | 26.1% |
| E.... | 52 | 17 | 7 | 16 | 36 | 4 | 13 | 2 | 5 |
| ... | 11.2% | 9.3% | 12.7% | 8.7% | 12.8% | 5.1% | 12.6% | 6.3% | 21.7% |
| F.... | 47 | 16 | 1 | 18 | 29 | 7 | 9 | 1 | |
| ... | 10.1% | 8.8% | 1.8% | 9.8% | 10.3% | 8.9% | 8.7% | 3.1% | |
| Total | 465 | 182 | 55 | 184 | 281 | 79 | 103 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | | | | | | | | 1 |
| ... | | | | | | | | | 14.3% |
| 2.... | 11 | 1 | | 3 | | 2 | | | 2 |
| ... | 8.1% | 9.1% | | 3.5% | | 3.9% | | | 15.4% |
| 3.... | 10 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | | 1 |
| ... | 7.4% | 18.2% | 100% | 2.4% | 7.1% | 7.8% | 28.6% | 7.7% | |
| A.... | 8 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | |
| ... | 5.9% | 9.1% | | 1.2% | 7.1% | 2.0% | | | |
| B.... | 34 | 4 | | 21 | 4 | 13 | 2 | 3 | 3 |
| ... | 25.2% | 36.4% | | 24.7% | 28.6% | 25.5% | 28.6% | 23.1% | 16.7% |
| C.... | 11 | 1 | | 20 | 3 | 13 | 1 | 1 | |
| ... | 8.1% | 9.1% | | 23.5% | 21.4% | 25.5% | 14.3% | 7.7% | |
| D.... | 42 | 2 | | 32 | 3 | 11 | | 4 | 6 |
| ... | 31.1% | 18.2% | | 37.6% | 21.4% | 21.6% | | 30.8% | 33.3% |
| E.... | 11 | | | 5 | | 3 | 1 | 1 | 8 |
| ... | 8.1% | | | 5.9% | | 5.9% | 14.3% | 7.7% | 44.4% |
| F.... | 8 | | | 1 | 2 | 4 | | 1 | 1 |
| ... | 5.9% | | | 1.2% | 14.3% | 7.8% | | 7.7% | 5.6% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 85 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

20411 Algunas culturas tienen un particular punto de vista sobre la naturaleza y sobre los humanos. Los científicos y la investigación científica están afectadas por las creencias religiosas o éticas de la cultura donde se realiza el trabajo.

Las creencias éticas y religiosas influyen sobre la investigación científica:

- A. porque algunas culturas quieren investigación específica hecha cuyos resultados beneficien esa cultura
- B. porque inconscientemente los científicos pueden elegir investigación que apoye las creencias de su cultura.
- C. porque la mayoría de los científicos no harían investigación que fuera contra su educación o sus creencias.
- D. porque todos somos diferentes en la forma que reaccionamos ante nuestras culturas. Son estas diferencias individuales en los científicos las que influyen en el tipo de investigación hecha.
- E. porque grupos poderosos que representan algunas creencias religiosas, políticas o culturales apoyarían algunos proyectos de investigación, o darían dinero para que no se hagan algunas investigaciones.

Las creencias éticas y religiosas NO influyen sobre la investigación científica:

- F. porque la investigación continúa a pesar de los choques entre científicos y ciertos grupos religiosos o culturales (por ejemplo, choques sobre la evolución y la creación).
- G. porque los científicos investigarán temas que son de importancia para la ciencia y los científicos, independientemente de las opiniones culturales o éticas.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 655

| | | |
|------|---|-----|
| 1.8 | 1 | 12 |
| 4.3 | 2 | 28 |
| 2.4 | 3 | 16 |
| 3.4 | A | 22 |
| 7.0 | B | 46 |
| 9.2 | C | 60 |
| 23.5 | D | 154 |
| 15.1 | E | 99 |
| 13.9 | F | 91 |
| 19.4 | G | 127 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 10 | 2 | | 5 | 5 | | | 2 | |
| ... | 2.3% | 1.3% | | 3.1% | 1.8% | | | 2.3% | |
| 2.... | 24 | 3 | | 13 | 11 | 2 | | 1 | |
| ... | 5.5% | 1.9% | | 8.0% | 4.0% | 2.8% | | 1.1% | |
| 3.... | 10 | 6 | | 4 | 6 | 1 | | 5 | |
| ... | 2.3% | 3.8% | | 2.5% | 2.2% | 1.4% | | 5.7% | |
| A.... | 17 | 3 | 1 | 8 | 9 | 3 | | | 1 |
| ... | 3.9% | 1.9% | 1.9% | 4.9% | 3.3% | 4.2% | | 2.9% | |
| B.... | 35 | 5 | 6 | 9 | 26 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| ... | 8.0% | 3.2% | 11.3% | 5.6% | 9.5% | 2.8% | 3.4% | 14.7% | 5.3% |
| C.... | 42 | 13 | 3 | 15 | 27 | 10 | 3 | 2 | 1 |
| ... | 9.7% | 8.2% | 5.7% | 9.3% | 9.9% | 14.1% | 3.4% | 5.9% | 5.3% |
| D.... | 107 | 30 | 15 | 44 | 63 | 14 | 16 | 7 | 8 |
| ... | 24.6% | 19.0% | 28.3% | 27.2% | 23.1% | 19.7% | 18.4% | 20.6% | 42.1% |
| E.... | 56 | 32 | 11 | 28 | 28 | 16 | 16 | 9 | 2 |
| ... | 12.9% | 20.3% | 20.8% | 17.3% | 10.3% | 22.5% | 18.4% | 26.5% | 10.5% |
| F.... | 63 | 21 | 6 | 16 | 47 | 7 | 14 | 3 | 3 |
| ... | 14.5% | 13.3% | 11.3% | 9.9% | 17.2% | 9.9% | 16.1% | 8.8% | 15.8% |
| G.... | 71 | 43 | 11 | 20 | 51 | 16 | 27 | 7 | 4 |
| ... | 16.3% | 27.2% | 20.8% | 12.3% | 18.7% | 22.5% | 31.0% | 20.6% | 21.1% |
| Total | 435 | 158 | 53 | 162 | 273 | 71 | 87 | 34 | 19 |

20511 *El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de tener buenos científicos, ingenieros y técnicos. Por tanto, el país necesita de los alumnos que estudien más ciencias en la escuela.*

Se necesita que los alumnos estudien más ciencias:

- A. porque es importante para ayudar a nuestro país a mantenerse a la altura de otros países
- B. porque la ciencia afecta a casi todos los aspectos de la sociedad. Como en el pasado, el futuro depende de buenos científicos y tecnólogos.
- C. Se debe exigir a los estudiantes que estudien más ciencias, pero un tipo diferente de cursos de ciencias. Los estudiantes deben aprender como la ciencia y la tecnología afectan a sus vidas diarias.

NO se necesita que los alumnos estudien más ciencias:

- D. porque otras asignaturas de la escuela son igual o más importantes para el éxito futuro del país.
- E. porque no funcionará. A algunas personas no les gusta la ciencia. Si se les fuerza a estudiar, será perder el tiempo y desviará a la gente lejos de la ciencia.
- F. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia, aunque ello les ayudaría en sus vidas.
- G. porque no todos los alumnos pueden comprender la ciencia. La ciencia no es realmente necesaria para todos.
- H. porque no está bien que otro decida si un estudiante debería elegir más ciencias.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 672

| | | |
|------|---|-----|
| .1 | 1 | 1 |
| 1.0 | 2 | 7 |
| 4.3 | 3 | 29 |
| 3.6 | A | 24 |
| 18.3 | B | 123 |
| 14.1 | C | 95 |
| 18.2 | D | 122 |
| 15.3 | E | 103 |
| 5.8 | F | 39 |
| 3.3 | G | 22 |
| 15.9 | H | 107 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | | 1 | | | | |
|2% | | | | | .4% | | | | |
| 2.... | 7 | | | 6 | 1 | | | | |
| ... 1.5% | | | | 3.3% | .4% | | | | |
| 3.... | 18 | 9 | 1 | 6 | 12 | 4 | 5 | 1 | |
| ... 3.9% | 6.0% | 2.2% | 3.3% | 4.3% | 6.1% | 5.9% | 4.2% | | |
| A.... | 19 | 5 | | 12 | 7 | 2 | 3 | | |
| ... 4.1% | 3.3% | | 6.6% | 2.5% | 3.0% | 3.5% | | | |
| B.... | 83 | 27 | 10 | 33 | 50 | 14 | 13 | 6 | 4 |
| ... 17.9% | 17.9% | 21.7% | 18.1% | 17.8% | 21.2% | 15.3% | 25.0% | 18.2% | |
| C.... | 70 | 14 | 9 | 26 | 44 | 6 | 8 | 5 | 4 |
| ... 15.1% | 9.3% | 19.6% | 14.3% | 15.7% | 9.1% | 9.4% | 20.8% | 18.2% | |
| D.... | 77 | 32 | 11 | 31 | 46 | 15 | 17 | 4 | 7 |
| ... 16.6% | 21.2% | 23.9% | 17.0% | 16.4% | 22.7% | 20.0% | 16.7% | 31.8% | |
| E.... | 73 | 23 | 6 | 26 | 47 | 12 | 11 | 5 | 1 |
| ... 15.8% | 15.2% | 13.0% | 14.3% | 16.7% | 18.2% | 12.9% | 20.8% | 4.5% | |
| F.... | 32 | 6 | | 11 | 21 | | 6 | | |
| ... 6.9% | 4.0% | | 6.0% | 7.5% | | 7.1% | | | |
| G.... | 13 | 7 | 1 | 6 | 7 | 3 | 4 | | 1 |
| ... 2.8% | 4.6% | 2.2% | 3.3% | 2.5% | 4.5% | 4.7% | | 4.5% | |
| H.... | 70 | 28 | 8 | 25 | 45 | 10 | 18 | 3 | 5 |
| ... 15.1% | 18.5% | 17.4% | 13.7% | 16.0% | 15.2% | 21.2% | 12.5% | 22.7% | |
| Total | 463 | 151 | 46 | 182 | 281 | 66 | 85 | 24 | 22 |

20521 *El éxito de la ciencia y la tecnología en nuestro país depende de cuanto apoyo dé el público a los científicos, ingenieros y técnicos. Este apoyo depende de que los estudiantes -los ciudadanos del futuro- sepan como son usadas la ciencia y la tecnología en el país.*

- Sí, cuanto más aprendan los estudiantes sobre ciencia y tecnología:
- A. mejor mantendrán el funcionamiento del país. Los estudiantes de bachillerato son el futuro.
 - B. más estudiantes llegarán a ser científicos, ingenieros y técnicos, y así el país prosperará.
 - C. más informado estará el público del futuro. Serán capaces de formar mejor opiniones y hacer mejores contribuciones sobre como se usan la ciencia y la tecnología.
 - D. mejor verá el público que la ciencia y la tecnología son importantes. El público entenderá mejor las opiniones de los expertos y ofrecerá el apoyo necesario para la ciencia y la tecnología.
 - E. No, el apoyo no depende de que los estudiantes estudien más sobre ciencia y tecnología. Algunos estudiantes de bachillerato no están interesados en asinaturas de ciencias.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709

| | | |
|------|---|-----|
| .6 | 1 | 4 |
| 1.1 | 2 | 8 |
| 3.4 | 3 | 24 |
| 4.9 | A | 35 |
| 8.2 | B | 58 |
| 38.9 | C | 276 |
| 20.2 | D | 143 |
| 22.7 | E | 161 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | | | 3 | 1 | | | | |
|8% | | | | 1.6% | .3% | | | | |
| 2.... | 6 | 1 | 1 | 4 | 2 | | 1 | 1 | |
| ... 1.2% | .6% | 2.0% | 2.2% | .7% | | 1.1% | 3.2% | | |
| 3.... | 16 | 6 | 2 | 10 | 6 | 2 | 4 | 2 | |
| ... 3.3% | 3.8% | 4.1% | 5.5% | 2.0% | 2.9% | 4.4% | 6.5% | | |
| A.... | 27 | 6 | 2 | 10 | 17 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| ... 5.6% | 3.8% | 4.1% | 5.5% | 5.6% | 4.4% | 3.3% | 3.2% | 5.6% | |
| B.... | 43 | 12 | 2 | 22 | 21 | 9 | 3 | 2 | |
| ... 8.9% | 7.6% | 4.1% | 12.0% | 7.0% | 13.2% | 3.3% | 6.5% | | |
| C.... | 168 | 73 | 29 | 59 | 109 | 33 | 40 | 18 | 11 |
| ... 34.6% | 46.2% | 59.2% | 32.2% | 36.1% | 48.5% | 44.4% | 58.1% | 61.1% | |
| D.... | 95 | 31 | 11 | 34 | 61 | 12 | 19 | 6 | 5 |
| ... 19.6% | 19.6% | 22.4% | 18.6% | 20.2% | 17.6% | 21.1% | 19.4% | 27.8% | |
| E.... | 126 | 29 | 2 | 41 | 85 | 9 | 20 | 1 | 1 |
| ... 26.0% | 18.4% | 4.1% | 22.4% | 28.1% | 13.2% | 22.2% | 3.2% | 5.6% | |
| Total | 485 | 158 | 49 | 183 | 302 | 68 | 90 | 31 | 18 |

20611 Dentro del país existen grupos de gente que están totalmente a favor o totalmente en contra de algunos campos de investigación. Los proyectos de ciencia y tecnología están influenciados por estos grupos de especial interés (tales como ecologistas, organizaciones religiosas y gente pro derechos de los animales).

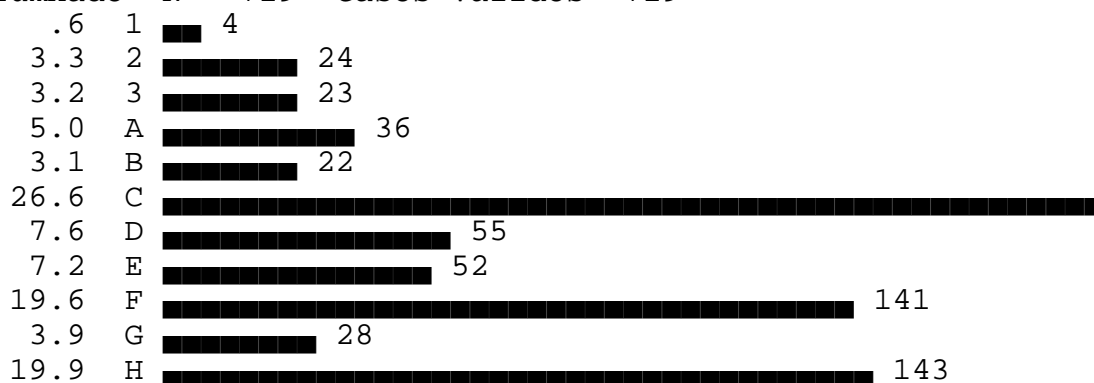
Los grupos de especial interés tienen una influencia:

- A. porque tienen el poder de parar algunos proyectos de investigación y ese campo de la ciencia sufre.
- B. porque tienen el poder de decir a los científicos que proyectos son importantes para hacer y cuales no.
- C. porque influyen sobre la opinión pública, y por tanto, sobre los científicos.
- D. porque influyen sobre la política del gobierno y el gobierno decide si subvenciona un proyecto de investigación o no.
- E. porque algunos grupos de especial interés dan dinero para algunos proyectos de investigación. Otros grupos dan dinero para evitar ciertos proyectos de investigación.
- F. Los grupos de especial interés intentan tener una influencia pero no siempre tienen éxito porque científicos y tecnólogos tienen la última palabra.

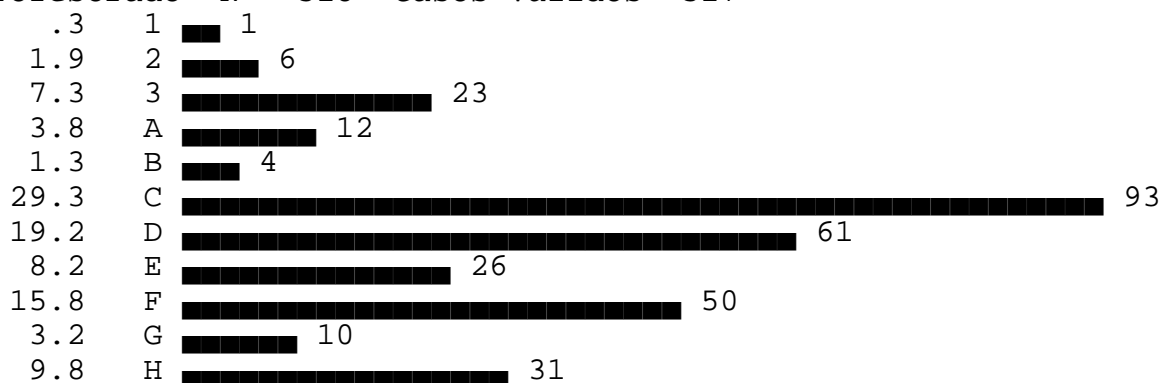
Los grupos de especial interés NO tienen influencia:

- G. porque el gobierno decide la dirección que tomará la investigación.
- H. porque la ciencia y el gobierno deciden que proyectos son importantes y los llevan a cabo sin importar lo que diga cualquier grupo.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719



Profesorado N = 318 Casos válidos: 317



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | | | 1 | 3 | | | | |
| ... | .8% | | | .5% | 1.0% | | | | |
| 2.... | 20 | 3 | 1 | 9 | 11 | 1 | 2 | 1 | |
| ... | 4.1% | 1.7% | 2.3% | 4.9% | 3.7% | 1.4% | 1.9% | 4.2% | |
| 3.... | 16 | 5 | | 8 | 8 | 2 | 3 | | |
| ... | 3.3% | 2.8% | | 4.4% | 2.7% | 2.8% | 2.9% | | |
| A.... | 25 | 7 | 3 | 15 | 10 | 1 | 6 | 2 | 1 |
| ... | 5.2% | 4.0% | 7.0% | 8.2% | 3.3% | 1.4% | 5.7% | 8.3% | 5.3% |
| B.... | 16 | 5 | | 8 | 8 | 1 | 4 | | |
| ... | 3.3% | 2.8% | | 4.4% | 2.7% | 1.4% | 3.8% | | |
| C.... | 111 | 58 | 17 | 40 | 71 | 24 | 34 | 6 | 11 |
| ... | 23.0% | 32.8% | 39.5% | 21.9% | 23.7% | 33.3% | 32.4% | 25.0% | 57.9% |
| D.... | 39 | 11 | 4 | 15 | 24 | 7 | 4 | 4 | |
| ... | 8.1% | 6.2% | 9.3% | 8.2% | 8.0% | 9.7% | 3.8% | 16.7% | |
| E.... | 30 | 14 | 4 | 13 | 17 | 5 | 9 | 3 | 1 |
| ... | 6.2% | 7.9% | 9.3% | 7.1% | 5.7% | 6.9% | 8.6% | 12.5% | 5.3% |
| F.... | 99 | 38 | 4 | 25 | 74 | 17 | 21 | 1 | 3 |
| ... | 20.5% | 21.5% | 9.3% | 13.7% | 24.7% | 23.6% | 20.0% | 4.2% | 15.8% |
| G.... | 17 | 7 | 3 | 7 | 10 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| ... | 3.5% | 4.0% | 7.0% | 3.8% | 3.3% | 5.6% | 2.9% | 4.2% | 10.5% |
| H.... | 105 | 29 | 7 | 42 | 63 | 10 | 19 | 6 | 1 |
| ... | 21.8% | 16.4% | 16.3% | 23.0% | 21.1% | 13.9% | 18.1% | 25.0% | 5.3% |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | | | | | | | |
| ... | .7% | | | | | | | | |
| 2.... | 3 | | | 2 | 1 | | | | |
| ... | 2.2% | | | 3.1% | 5.3% | | | | |
| 3.... | 7 | 1 | 1 | 6 | | 2 | | 1 | 5 |
| ... | 5.1% | 16.7% | 20.0% | 9.4% | | 3.4% | | 16.7% | 27.8% |
| A.... | 3 | | | 4 | 1 | 4 | | | |
| ... | 2.2% | | | 6.3% | 5.3% | 6.9% | | | |
| B.... | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| ... | .7% | | | 1.6% | 5.3% | 1.7% | | | |
| C.... | 34 | 2 | 2 | 19 | 8 | 21 | 2 | 2 | 3 |
| ... | 24.6% | 33.3% | 40.0% | 29.7% | 42.1% | 36.2% | 66.7% | 33.3% | 16.7% |
| D.... | 29 | 2 | 1 | 8 | | 16 | | 1 | 4 |
| ... | 21.0% | 33.3% | 20.0% | 12.5% | | 27.6% | | 16.7% | 22.2% |
| E.... | 12 | 1 | | 5 | 4 | 4 | | | |
| ... | 8.7% | 16.7% | | 7.8% | 21.1% | 6.9% | | | |
| F.... | 23 | | | 13 | 3 | 7 | 1 | 1 | 2 |
| ... | 16.7% | | | 20.3% | 15.8% | 12.1% | 33.3% | 16.7% | 11.1% |
| G.... | 4 | | | | | 2 | | 1 | 3 |
| ... | 2.9% | | | | | 3.4% | | 16.7% | 16.7% |
| H.... | 21 | | 1 | 6 | 1 | 1 | | | 1 |
| ... | 15.2% | | 20.0% | 9.4% | 5.3% | 1.7% | | | 5.6% |
| Total | 138 | 6 | 5 | 64 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

20711 Algunas comunidades producen más científicos que otras comunidades. Esto ocurre como resultado de la educación que los niños reciben de su familia, de las escuelas y de la comunidad.

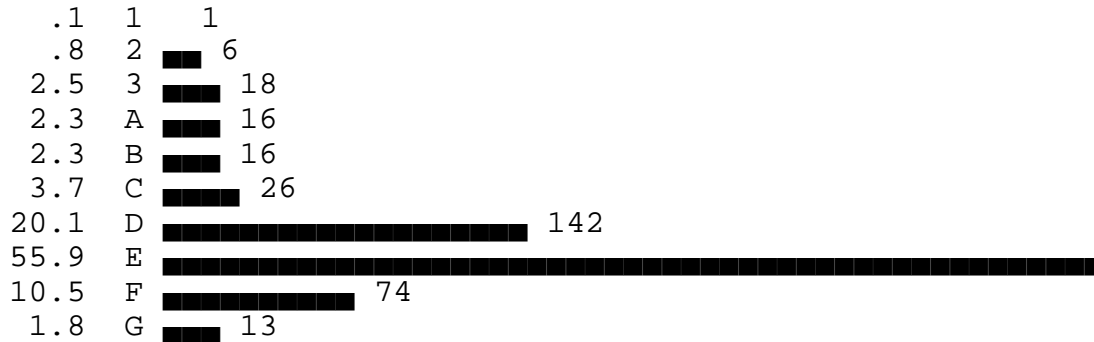
La educación es mayormente responsable:

- A. porque algunas comunidades (por ejemplo, ciudades industriales como Barcelona) dan mayor importancia a la ciencia que otras comunidades.
- B. porque algunas familias animan a los niños a preguntar y cuestionarse cosas. Las familias enseñan valores que se mantienen para el resto de la vida.
- C. porque algunos profesores y escuelas ofrecen cursos de ciencias mejores o animan a los estudiantes a aprender más que otros profesores o escuelas.
- D. porque la familia, las escuelas y la comunidad juntos dan a los niños y niñas la capacidad para la ciencia, el ánimo y la oportunidad de llegar a ser científicos.
- E. Es difícil de decir. La educación tiene un cierto efecto, pero también cuenta el individuo (por ejemplo, inteligencia, capacidad y un interés natural hacia la ciencia). Aproximadamente mitad y mitad.

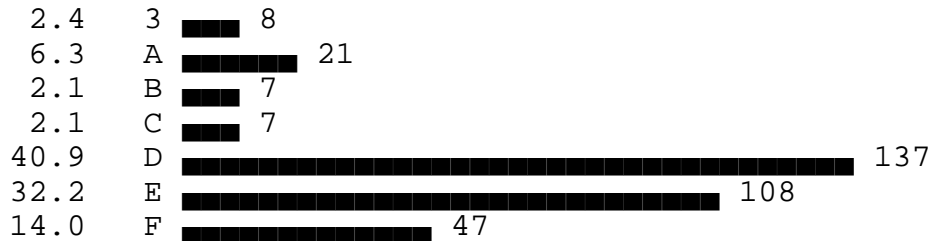
Inteligencia, capacidad y un interés natural hacia la ciencia son mayormente responsables:

- F. en determinar quien llegará a ser científico. Sin embargo, la educación tiene también un cierto efecto.
- G. porque la gente nace con estas cualidades.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 708



Profesorado N = 336 Casos válidos: 335



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | | 1 | | | | | |
| ... | .2% | | | .5% | | | | | |
| 2.... | 6 | | | 2 | 4 | | | | |
| ... | 1.3% | | | 1.1% | 1.4% | | | | |
| 3.... | 17 | 1 | | 9 | 8 | 1 | | | |
| ... | 3.7% | .5% | | 4.9% | 2.8% | 1.3% | | | |
| A.... | 7 | 7 | 1 | 4 | 3 | 5 | 2 | 1 | |
| ... | 1.5% | 3.8% | 1.8% | 2.2% | 1.1% | 6.3% | 1.9% | 3.1% | |
| B.... | 14 | 2 | | 9 | 5 | 1 | | | |
| ... | 3.0% | 1.1% | | 4.9% | 1.8% | 1.3% | 1.0% | | |
| C.... | 13 | 6 | 7 | 11 | 2 | 5 | 1 | 4 | 3 |
| ... | 2.8% | 3.3% | 12.7% | 6.0% | .7% | 6.3% | 1.0% | 12.5% | 13.0% |
| D.... | 88 | 40 | 13 | 33 | 55 | 17 | 23 | 8 | 5 |
| ... | 18.9% | 22.0% | 23.6% | 18.0% | 19.5% | 21.5% | 22.3% | 25.0% | 21.7% |
| E.... | 266 | 101 | 25 | 97 | 169 | 44 | 57 | 17 | 8 |
| ... | 57.2% | 55.5% | 45.5% | 53.0% | 59.9% | 55.7% | 55.3% | 53.1% | 34.8% |
| F.... | 42 | 24 | 8 | 11 | 31 | 6 | 18 | 2 | 6 |
| ... | 9.0% | 13.2% | 14.5% | 6.0% | 11.0% | 7.6% | 17.5% | 6.3% | 26.1% |
| G.... | 11 | 1 | 1 | 6 | 5 | | 1 | | 1 |
| ... | 2.4% | .5% | 1.8% | 3.3% | 1.8% | | 1.0% | | 4.3% |
| Total | 465 | 182 | 55 | 183 | 282 | 79 | 103 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | 1 | | | 2 | 1 | 2 | 1 | | 1 |
| ... | .7% | | | 2.4% | 7.1% | 3.9% | 14.3% | | 5.6% |
| A.... | 5 | | | 9 | 1 | 6 | | | |
| ... | 3.7% | | | 10.6% | 7.1% | 11.8% | | | |
| B.... | 1 | 1 | | 2 | | 3 | | | |
| ... | .7% | 9.1% | | 2.4% | | 5.9% | | | |
| C.... | 2 | | | 2 | 1 | 1 | | | 1 |
| ... | 1.5% | | | 2.4% | 7.1% | 2.0% | | | 5.6% |
| D.... | 53 | 8 | 1 | 34 | 8 | 22 | 4 | 4 | 3 |
| ... | 39.3% | 72.7% | 100% | 40.0% | 57.1% | 43.1% | 57.1% | 30.8% | 16.7% |
| E.... | 48 | 1 | | 30 | 2 | 12 | 1 | 6 | 8 |
| ... | 35.6% | 9.1% | | 35.3% | 14.3% | 23.5% | 14.3% | 46.2% | 44.4% |
| F.... | 25 | 1 | | 6 | 1 | 5 | 1 | 3 | 5 |
| ... | 18.5% | 9.1% | | 7.1% | 7.1% | 9.8% | 14.3% | 23.1% | 27.8% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 85 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

20811 ¿La sociedad influye en la tecnología?

- A. La sociedad no influye en gran medida sobre la tecnología.
- B. Las necesidades de la sociedad crean demandas para la tecnología.
- C. La sociedad impone restricciones sobre el uso de la tecnología para controlarla (por ejemplo, el uso de la energía nuclear).
- D. La sociedad vota a favor o en contra de ciertas tecnologías cada vez que compramos algo.
- E. La sociedad controla la tecnología a través de medios legales y políticos, por ejemplo, las leyes que imponen los catalizadores que disminuyen la contaminación de los automóviles o la licencia de funcionamiento de las industrias nucleares.
- F. La sociedad crea demandas para la tecnología y las restringe en base a nuestros valores de lo que es importante para mejorar la vida.
- G. La sociedad influye en la tecnología apoyando la ciencia en la que se basa el desarrollo tecnológico.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 666

| | | |
|------|---|-----|
| 1.2 | 1 | 8 |
| 2.9 | 2 | 19 |
| 2.9 | 3 | 19 |
| 3.5 | A | 23 |
| 26.7 | B | 178 |
| 4.1 | C | 27 |
| 9.2 | D | 61 |
| 10.8 | E | 72 |
| 27.5 | F | |
| 11.4 | G | 76 |

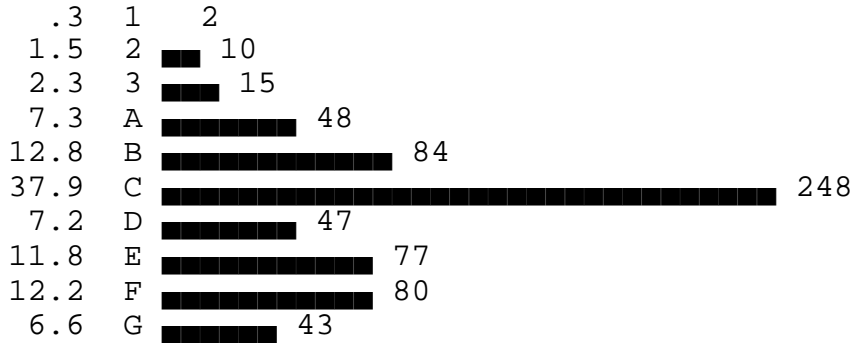
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 8 | | | 4 | 4 | | | | |
| ... 1.8% | | | | 2.6% | 1.4% | | | | |
| 2.... | 17 | | | 3 | 14 | | | | |
| ... 3.9% | | 1.2% | | 1.9% | 4.9% | | 2.2% | | |
| 3.... | 10 | 7 | 1 | 5 | 5 | 5 | 2 | | 1 |
| ... 2.3% | | 4.2% | 2.0% | 3.2% | 1.8% | 6.8% | 2.2% | | 3.1% |
| A.... | 14 | 6 | 2 | 8 | 6 | 5 | 1 | | 2 |
| ... 3.2% | | 3.6% | 3.9% | 5.2% | 2.1% | 6.8% | 1.1% | | 6.3% |
| B.... | 102 | 58 | 14 | 42 | 60 | 27 | 31 | | 12 |
| ... 23.2% | | 35.2% | 27.5% | 27.1% | 21.1% | 36.5% | 34.1% | | 37.5% |
| C.... | 23 | 4 | | 10 | 13 | | 3 | | 1 |
| ... 5.2% | | 2.4% | | 6.5% | 4.6% | 4.1% | 1.1% | | |
| D.... | 41 | 15 | 5 | 14 | 27 | | 9 | | 2 |
| ... 9.3% | | 9.1% | 9.8% | 9.0% | 9.5% | 12.2% | 6.6% | | 6.3% |
| E.... | 51 | 13 | 6 | 20 | 31 | | 5 | | 8 |
| ... 11.6% | | 7.9% | 11.8% | 12.9% | 10.9% | 6.8% | 8.8% | | 3.1% |
| F.... | 107 | 55 | 20 | 27 | 80 | | 17 | | 38 |
| ... 24.3% | | 33.3% | 39.2% | 17.4% | 28.1% | 23.0% | 41.8% | | 40.6% |
| G.... | 67 | 5 | 3 | 22 | 45 | | 3 | | 2 |
| ... 15.2% | | 3.0% | 5.9% | 14.2% | 15.8% | 4.1% | 2.2% | | 3.1% |
| Total | 440 | 165 | 51 | 155 | 285 | 74 | 91 | 32 | 19 |

20821 ¿La sociedad influye en la ciencia?

- A. La sociedad no influye en gran medida sobre la ciencia.
- B. La demanda de la sociedad para comprender el mundo estimula la acumulación de conocimiento científico.
- C. Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más inclinados a estudiar ese tema.
- D. La sociedad concreta qué tipo de investigación científica es aceptable basada en nuestros valores, morales y éticos.
- E. La sociedad usa el conocimiento científico como una base para el desarrollo de la tecnología.
- F. La sociedad influye sobre la ciencia a través de la subvención económica de la cual depende la mayoría de la investigación.
- G. La sociedad acepta o rechaza la tecnología, creando mayor o menor demanda por la ciencia.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 654



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | | | | 2 | | | | |
| ... | .5% | | | | .7% | | | | |
| 2.... | 9 | | 1 | 3 | 6 | | | | 1 |
| ... | 2.1% | | 1.9% | 1.9% | 2.2% | | | | 5.3% |
| 3.... | 8 | 5 | 2 | | 8 | 4 | 1 | 2 | |
| ... | 1.8% | 3.2% | 3.8% | | 2.9% | 5.6% | 1.1% | 5.9% | |
| A.... | 28 | 14 | 5 | 14 | 14 | 8 | 6 | 3 | 2 |
| ... | 6.5% | 8.9% | 9.4% | 8.6% | 5.1% | 11.3% | 6.9% | 8.8% | 10.5% |
| B.... | 54 | 19 | 9 | 16 | 38 | 9 | 10 | 3 | 6 |
| ... | 12.4% | 12.0% | 17.0% | 9.9% | 14.0% | 12.7% | 11.5% | 8.8% | 31.6% |
| C.... | 164 | 63 | 19 | 61 | 103 | 27 | 36 | 15 | 4 |
| ... | 37.8% | 39.9% | 35.8% | 37.7% | 37.9% | 38.0% | 41.4% | 44.1% | 21.1% |
| D.... | 31 | 10 | 4 | 14 | 17 | 7 | 3 | 3 | 1 |
| ... | 7.1% | 6.3% | 7.5% | 8.6% | 6.3% | 9.9% | 3.4% | 8.8% | 5.3% |
| E.... | 56 | 16 | 4 | 23 | 33 | 3 | 13 | 4 | |
| ... | 12.9% | 10.1% | 7.5% | 14.2% | 12.1% | 4.2% | 14.9% | 11.8% | |
| F.... | 56 | 18 | 5 | 22 | 34 | 8 | 10 | 2 | 3 |
| ... | 12.9% | 11.4% | 9.4% | 13.6% | 12.5% | 11.3% | 11.5% | 5.9% | 15.8% |
| G.... | 26 | 13 | 4 | 9 | 17 | 5 | 8 | 2 | 2 |
| ... | 6.0% | 8.2% | 7.5% | 5.6% | 6.3% | 7.0% | 9.2% | 5.9% | 10.5% |
| Total | 434 | 158 | 53 | 162 | 272 | 71 | 87 | 34 | 19 |

30111 ¿Cual de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad?
 (Las flechas simples indican una sola dirección para la relación, y las dobles indican interacciones mutuas. Las flechas más gruesas indican una relación más intensa que las finas o punteadas).

A. Ciencia —> Tecnología —> Sociedad

B. Tecnología —> Ciencia —> Sociedad

C. Ciencia
 Tecnología ---> Sociedad

D. Ciencia
 Tecnología <--- Sociedad

E. Ciencia
 Tecnología <---> Sociedad

F. Ciencia
 Tecnología <====> Sociedad

G. Ciencia <-----> Tecnología
 Sociedad

Alumnado N = 672 Casos válidos: 672

| | | |
|------|---|-----|
| 2.7 | 1 | 18 |
| 3.9 | 2 | 26 |
| 1.5 | 3 | 10 |
| 7.9 | A | 53 |
| 4.9 | B | 33 |
| 8.5 | C | 57 |
| 7.4 | D | 50 |
| 24.0 | E | 161 |
| 31.1 | F | 209 |
| 8.2 | G | 55 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 18 | | | 6 | 12 | | | | |
| ... 3.9% | | | | 3.3% | 4.3% | | | | |
| 2.... | 23 | 3 | | 6 | 17 | | 3 | | |
| ... 5.0% | | 2.0% | | 3.3% | 6.0% | | 3.5% | | |
| 3.... | 8 | 1 | 1 | 2 | 6 | 1 | | 1 | |
| ... 1.7% | .7% | 2.2% | 1.1% | 2.1% | 1.5% | | | 4.2% | |
| A.... | 45 | 6 | 1 | 18 | 27 | 1 | 5 | 1 | |
| ... 9.7% | 4.0% | 2.2% | 9.9% | 9.6% | 1.5% | 5.9% | 4.2% | | |
| B.... | 26 | 6 | 1 | 16 | 10 | 5 | 1 | | 1 |
| ... 5.6% | 4.0% | 2.2% | 8.8% | 3.6% | 7.6% | 1.2% | | 4.5% | |
| C.... | 40 | 14 | | 18 | 22 | 3 | 11 | | |
| ... 8.6% | 9.3% | | 9.9% | 7.8% | 4.5% | 12.9% | | | |
| D.... | 43 | 6 | 1 | 19 | 24 | 1 | 5 | 1 | |
| ... 9.3% | 4.0% | 2.2% | 10.4% | 8.5% | 1.5% | 5.9% | 4.2% | | |
| E.... | 98 | 42 | 18 | 34 | 64 | 17 | 25 | 11 | 7 |
| ... 21.2% | 27.8% | 39.1% | 18.7% | 22.8% | 25.8% | 29.4% | 45.8% | 31.8% | |
| F.... | 119 | 65 | 21 | 45 | 74 | 34 | 31 | 9 | 12 |
| ... 25.7% | 43.0% | 45.7% | 24.7% | 26.3% | 51.5% | 36.5% | 37.5% | 54.5% | |
| G.... | 43 | 8 | 3 | 18 | 25 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| ... 9.3% | 5.3% | 6.5% | 9.9% | 8.9% | 6.1% | 4.7% | 4.2% | 9.1% | |
| Total | 463 | 151 | 46 | 182 | 281 | 66 | 85 | 24 | 22 |

40111 La mayoría de los científicos se preocupan de los efectos posibles (tanto provechosos como perjudiciales) que pueden resultar de sus descubrimientos.

- A. Los científicos sólo buscan los efectos beneficiosos cuando descubren cosas o cuando aplican sus descubrimientos.
- B. La mayoría de los científicos se preocupan de los posibles efectos perjudiciales de sus descubrimientos, porque el objetivo de la ciencia es hacer de nuestro mundo un lugar mejor para vivir. Por tanto, los científicos comprueban sus descubrimientos para prevenir que no ocurran efectos perjudiciales.
- C. Los científicos se preocupan de todos los efectos de sus experimentos porque el objetivo de la ciencia es hacer de nuestro mundo un lugar mejor para vivir. Preocuparse es una parte de hacer ciencia porque ello ayuda a los científicos a comprender sus descubrimientos.
- D. Los científicos se preocupan pero, posiblemente, ellos no pueden saber todos los efectos a largo plazo de sus descubrimientos.
- E. Los científicos se preocupan pero ellos tienen poco control sobre el uso perjudicial que se puede hacer de sus descubrimientos.
- F. Depende del campo de la ciencia. Por ejemplo, en medicina los científicos están altamente preocupados. Sin embargo, en energía nuclear o investigación militar, los científicos se preocupan menos.
- G. Los científicos pueden estar preocupados, pero eso no les detiene de hacer descubrimientos para su propia fama, fortuna o puro placer de descubrir.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 710

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .1 | 1 | 1 | |
| 1.1 | 2 | 8 | |
| 2.1 | 3 | 15 | |
| 1.8 | A | 13 | |
| 11.3 | B | 80 | |
| 26.2 | C | | |
| 25.9 | D | | |
| 18.5 | E | 131 | |
| 6.3 | F | 45 | |
| 6.6 | G | 47 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | | 1 | | | | |
|2% | | | | | | | | | .3% |
| 2.... | 7 | 1 | | 3 | 4 | 1 | | | |
| ... 1.4% | | .6% | | 1.6% | 1.3% | 1.5% | | | |
| 3.... | 10 | 2 | 3 | 5 | 5 | 2 | | 2 | 1 |
| ... 2.1% | 1.3% | 1.3% | 6.1% | 2.7% | 1.7% | 2.9% | | 6.5% | 5.6% |
| A.... | 12 | 1 | | 4 | 8 | | 1 | | |
| ... 2.5% | | .6% | | 2.2% | 2.6% | | 1.1% | | |
| B.... | 68 | 8 | 4 | 29 | 39 | 2 | 6 | 3 | 1 |
| ... 14.0% | 5.1% | 8.2% | 15.8% | 12.9% | 2.9% | 6.7% | 9.7% | 5.6% | |
| C.... | 133 | 35 | 14 | 53 | 80 | 16 | 19 | 7 | 7 |
| ... 27.4% | 22.2% | 28.6% | 29.0% | 26.4% | 23.5% | 21.1% | 22.6% | 38.9% | |
| D.... | 113 | 52 | 13 | 39 | 74 | 23 | 29 | 8 | 5 |
| ... 23.3% | 32.9% | 26.5% | 21.3% | 24.4% | 33.8% | 32.2% | 25.8% | 27.8% | |
| E.... | 71 | 41 | 14 | 26 | 45 | 20 | 21 | 11 | 3 |
| ... 14.6% | 25.9% | 28.6% | 14.2% | 14.9% | 29.4% | 23.3% | 35.5% | 16.7% | |
| F.... | 34 | 9 | 1 | 13 | 21 | | 9 | | 1 |
| ... 7.0% | 5.7% | 2.0% | 7.1% | 6.9% | | 10.0% | | 5.6% | |
| G.... | 37 | 9 | | 11 | 26 | 4 | 5 | | |
| ... 7.6% | 5.7% | | 6.0% | 8.6% | 5.9% | 5.6% | | | |
| Total | 486 | 158 | 49 | 183 | 303 | 68 | 90 | 31 | 18 |









40121 *Los científicos deberían ser considerados responsables del daño que pueda resultar de sus descubrimientos.*

- A. Los científicos deberían ser considerados responsables, porque es una parte de su trabajo asegurar que no resulta ningún daño de un descubrimiento. La ciencia no debería causar ningún daño.
- B. Los científicos deberían ser considerados responsables, porque si un descubrimiento puede ser usado para propósitos buenos y malos, los científicos deben promocionar los buenos usos y detener los malos.
- C. Los científicos deberían ser considerados responsables porque deben ser conscientes de los efectos de sus experimentos en el futuro. La ciencia debería hacer bien pero no daño.
- D. La responsabilidad debería ser compartida igualmente entre los científicos y la sociedad.










Los científicos NO deberían ser considerados responsables:

- E. porque es la gente que usa los descubrimientos quien es responsable. Los científicos pueden preocuparse, pero ellos no tienen el control sobre como otros usan su descubrimiento.
- F. porque los resultados del trabajo científico no pueden ser previstos (no se puede predecir si los resultados serán perjudiciales o no). Es un riesgo que tenemos que correr.
- G. porque de otra forma los científicos querrían abandonar la investigación y la ciencia no progresaría.
- H. porque una vez que se ha hecho un descubrimiento, otros deberían comprobar sus efectos. El trabajo del científico es sólo hacer descubrimientos. Las cuestiones morales y la ciencia están separadas.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719

| | | |
|------|---|---|
| .3 | 2 | 2 |
| .4 | 3 | 3 |
| 9.9 | A |  71 |
| 5.1 | B |  37 |
| 21.0 | C |  151 |
| 17.1 | D |  123 |
| 31.3 | E |  225 |
| 10.0 | F |  72 |
| 1.1 | G |  8 |
| 3.8 | H |  27 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 316

| | | |
|------|---|--|
| 1.3 | 3 |  4 |
| 5.1 | A |  16 |
| 2.8 | B |  9 |
| 11.7 | C |  37 |
| 19.9 | D |  63 |
| 46.2 | E |  146 |
| 8.9 | F |  28 |
| .6 | G |  2 |
| 3.5 | H |  11 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 2 | | | 1 | 1 | | | | |
| ... | .4% | | | .5% | .3% | | | | |
| 3.... | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | |
| ... | .4% | | 2.3% | .5% | .3% | | | 4.2% | |
| A.... | 56 | 12 | 2 | 26 | 30 | 3 | 9 | 2 | |
| ... | 11.6% | 6.8% | 4.7% | 14.2% | 10.0% | 4.2% | 8.6% | 8.3% | |
| B.... | 28 | 8 | 1 | 12 | 16 | 3 | 5 | 1 | |
| ... | 5.8% | 4.5% | 2.3% | 6.6% | 5.4% | 4.2% | 4.8% | 4.2% | |
| C.... | 118 | 28 | 3 | 41 | 77 | 9 | 19 | 2 | 1 |
| ... | 24.5% | 15.8% | 7.0% | 22.4% | 25.8% | 12.5% | 18.1% | 8.3% | 5.3% |
| D.... | 86 | 27 | 5 | 26 | 60 | 5 | 22 | 1 | 4 |
| ... | 17.8% | 15.3% | 11.6% | 14.2% | 20.1% | 6.9% | 21.0% | 4.2% | 21.1% |
| E.... | 117 | 77 | 26 | 43 | 74 | 40 | 37 | 14 | 12 |
| ... | 24.3% | 43.5% | 60.5% | 23.5% | 24.7% | 55.6% | 35.2% | 58.3% | 63.2% |
| F.... | 52 | 13 | 4 | 23 | 29 | 5 | 8 | 2 | 2 |
| ... | 10.8% | 7.3% | 9.3% | 12.6% | 9.7% | 6.9% | 7.6% | 8.3% | 10.5% |
| G.... | 8 | | | 4 | 4 | | | | |
| ... | 1.7% | | | 2.2% | 1.3% | | | | |
| H.... | 13 | 12 | 1 | 6 | 7 | 7 | 5 | 1 | |
| ... | 2.7% | 6.8% | 2.3% | 3.3% | 2.3% | 9.7% | 4.8% | 4.2% | |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

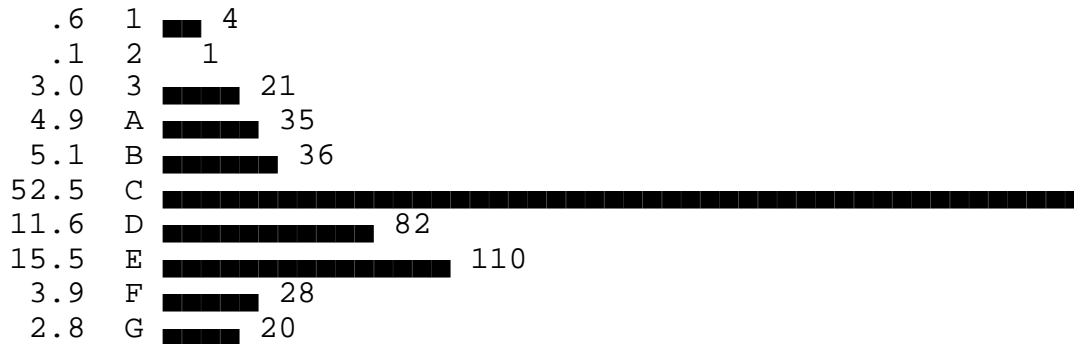
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | 1 | | | 2 | | 1 | | | |
| ... | .7% | | | 3.1% | | 1.7% | | | |
| A.... | 8 | 1 | | 5 | 1 | 1 | | | |
| ... | 5.8% | 16.7% | | 7.8% | 5.3% | 1.7% | | | |
| B.... | 7 | | | | 1 | 1 | | | |
| ... | 5.1% | | | | 5.3% | 1.7% | | | |
| C.... | 28 | | | 2 | 2 | 5 | | | |
| ... | 20.4% | | | 3.1% | 10.5% | 8.6% | | | |
| D.... | 23 | | | 17 | 4 | 12 | 2 | 3 | 2 |
| ... | 16.8% | | | 26.6% | 21.1% | 20.7% | 66.7% | 50.0% | 11.1% |
| E.... | 52 | 5 | 4 | 31 | 6 | 33 | 1 | 1 | 13 |
| ... | 38.0% | 83.3% | 80.0% | 48.4% | 31.6% | 56.9% | 33.3% | 16.7% | 72.2% |
| F.... | 11 | | 1 | 5 | 3 | 3 | | 2 | 3 |
| ... | 8.0% | | 20.0% | 7.8% | 15.8% | 5.2% | | 33.3% | 16.7% |
| G.... | 1 | | | | | 1 | | | |
| ... | .7% | | | | | 1.7% | | | |
| H.... | 6 | | | 2 | 2 | 1 | | | |
| ... | 4.4% | | | 3.1% | 10.5% | 1.7% | | | |
| Total | 137 | 6 | 5 | 64 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

40131 *Los científicos deberían ser considerados responsables de informar sobre sus descubrimientos al público en general de una manera que el ciudadano medio pueda entenderlo.*

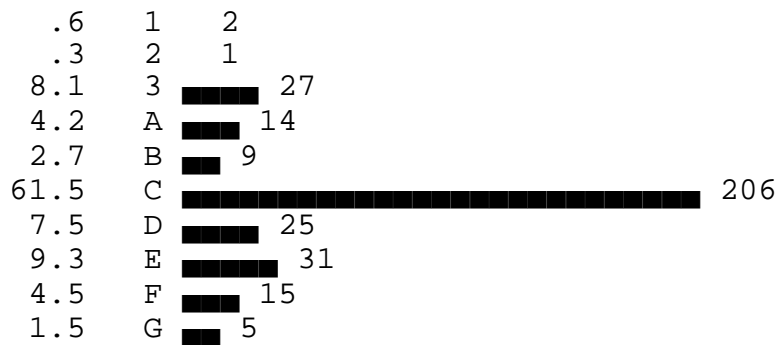
Los científicos deberían ser considerados responsables:

- A. porque de otra manera los descubrimientos científicos son demasiado difíciles y complejos de entender para una persona media, y eso hace parecer que la ciencia progresa demasiado de prisa.
- B. porque el público debería ser capaz de ver como se gasta el dinero público en ciencia.
- C. porque el público tiene derecho a saber lo que ocurre en su país. El público debería conocer para mejorar sus propias vidas a través de una conciencia de los beneficios de la ciencia; y para estar informado sobre cualesquiera opciones responsables que afecten a su futuro.
- D. porque el público podría estar interesado o tener curiosidad en saber sobre los nuevos descubrimientos.
- E. Los científicos deberían ser considerados responsables de informar sobre algunos descubrimientos (por ejemplo, los nuevos descubrimientos más significativos que pueden afectar al público), pero otros deberían mejor mantenerse sin informar.
- F. Los científicos pueden intentar informar de sus descubrimientos, pero el ciudadano medio no lo entenderá o no estará interesado.
- G. Los científicos NO deberían ser considerados responsables ya que el público con frecuencia no parece importarle. El público debe aprender suficiente ciencia para entender los informes.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709



Profesorado N = 336 Casos válidos: 335



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 1 | | 3 | 1 | | | | |
| ... | .6% | .5% | | 1.1% | 1.3% | | | | |
| 2.... | 1 | | | 1 | | | | | |
| ... | .2% | | | .4% | | | | | |
| 3.... | 15 | 2 | 4 | 3 | 12 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| ... | 3.2% | 1.1% | 7.3% | 1.6% | 4.3% | 1.3% | 1.0% | 6.3% | 8.7% |
| A.... | 23 | 9 | 3 | 10 | 13 | 4 | 5 | 1 | 2 |
| ... | 4.9% | 4.9% | 5.5% | 5.4% | 4.6% | 5.1% | 4.9% | 3.1% | 8.7% |
| B.... | 29 | 5 | 2 | 14 | 15 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| ... | 6.2% | 2.7% | 3.6% | 7.6% | 5.3% | 3.8% | 1.9% | 3.1% | 4.3% |
| C.... | 251 | 95 | 24 | 90 | 161 | 31 | 64 | 11 | 13 |
| ... | 53.9% | 52.2% | 43.6% | 48.9% | 57.1% | 39.2% | 62.1% | 34.4% | 56.5% |
| D.... | 44 | 31 | 6 | 17 | 27 | 16 | 15 | 4 | 2 |
| ... | 9.4% | 17.0% | 10.9% | 9.2% | 9.6% | 20.3% | 14.6% | 12.5% | 8.7% |
| E.... | 72 | 32 | 4 | 37 | 35 | 19 | 13 | 4 | |
| ... | 15.5% | 17.6% | 7.3% | 20.1% | 12.4% | 24.1% | 12.6% | 12.5% | |
| F.... | 14 | 5 | 9 | 6 | 8 | 3 | 2 | 7 | 2 |
| ... | 3.0% | 2.7% | 16.4% | 3.3% | 2.8% | 3.8% | 1.9% | 21.9% | 8.7% |
| G.... | 14 | 2 | 3 | 7 | 7 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| ... | 3.0% | 1.1% | 5.5% | 3.8% | 2.5% | 1.3% | 1.0% | 6.3% | 4.3% |
| Total | 466 | 182 | 55 | 184 | 282 | 79 | 103 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | | | | | 1 | | |
| ... | .7% | | | | | | 14.3% | | |
| 2.... | 1 | | | | | | | | |
| ... | .7% | | | | | | | | |
| 3.... | 10 | 1 | | 4 | 2 | 7 | 1 | 2 | |
| ... | 7.4% | 9.1% | | 4.7% | 14.3% | 13.7% | 14.3% | 15.4% | |
| A.... | 7 | | | 4 | | 3 | | | |
| ... | 5.2% | | | 4.7% | | 5.9% | | | |
| B.... | 5 | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 |
| ... | 3.7% | 9.1% | | 1.2% | 7.1% | | | | 5.6% |
| C.... | 85 | 7 | | 59 | 8 | 27 | 4 | 5 | 11 |
| ... | 63.0% | 63.6% | | 69.4% | 57.1% | 52.9% | 57.1% | 38.5% | 61.1% |
| D.... | 9 | 1 | | 6 | 1 | 5 | | | 3 |
| ... | 6.7% | 9.1% | | 7.1% | 7.1% | 9.8% | | | 16.7% |
| E.... | 11 | 1 | 1 | 8 | | 3 | | 5 | 2 |
| ... | 8.1% | 9.1% | 100% | 9.4% | | 5.9% | | 38.5% | 11.1% |
| F.... | 4 | | | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 3.0% | | | 3.5% | 14.3% | 5.9% | 14.3% | 7.7% | 5.6% |
| G.... | 2 | | | | | 3 | | | |
| ... | 1.5% | | | | | 5.9% | | | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 85 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

40142 Cuando los ingenieros descubren lo que podría ser una idea o un producto peligroso en su trabajo, realmente informan a las autoridades públicas, sin importar si ello supone perder su trabajo o ser degradados.

Los ingenieros deben decirlo a las autoridades:

- A. porque la tarea de un ingeniero es ayudar al público, no perjudicarlo.
- B. porque los ingenieros desean evitar las graves consecuencias si algo va mal. Si el público lo averigua, podría haber pleitos y demandas.
- C. Depende del ingeniero y del peligro. Algunos ingenieros lo dicen a las autoridades por los posibles peligros. Otros no, porque necesitan su trabajo para mantener a su familia o llegar a tener éxito.
- D. En buena conciencia, los ingenieros NO lo dicen a las autoridades, porque no quieren perder su trabajo o atemorizar al público. En lugar de eso, esconden la idea o destruyen el producto de forma que nadie lo sepa o resulte herido.
- E. Los ingenieros NO lo dicen a las autoridades porque los ingenieros quieren mantener su trabajo y ganar dinero, aún cuando el público esté en peligro.
- F. Esto no es responsabilidad de los ingenieros. Es responsabilidad de la empresa. Los ingenieros discuten los peligros con la empresa, y entonces la empresa lo comunica a las autoridades.
- G. Nadie lo sabe. Sabemos que los ingenieros lo dicen a las autoridades. No sabemos nada de los secretos guardados al público.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 666

| | | |
|------|---|-----|
| .9 | 1 | 6 |
| 4.5 | 2 | 30 |
| 2.4 | 3 | 16 |
| 12.0 | A | 80 |
| 5.4 | B | 36 |
| 22.7 | C | 151 |
| 6.2 | D | 41 |
| 2.4 | E | 16 |
| 18.2 | F | 121 |
| 25.4 | G | 169 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | 2 | 1 | 2 | | 2 | | | 1 |
| ... | .5% | 1.2% | 2.0% | 1.3% | | 2.7% | | | 5.3% |
| 2.... | 23 | 7 | | 4 | 19 | 2 | 5 | | |
| ... | 5.2% | 4.2% | | 2.6% | 6.7% | 2.7% | 5.5% | | |
| 3.... | 6 | 7 | 2 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| ... | 1.4% | 4.2% | 3.9% | 1.3% | 1.4% | 4.1% | 4.4% | 3.1% | 5.3% |
| A.... | 51 | 17 | 11 | 25 | 26 | 7 | 10 | 7 | 4 |
| ... | 11.6% | 10.3% | 21.6% | 16.1% | 9.1% | 9.5% | 11.0% | 21.9% | 21.1% |
| B.... | 29 | 5 | 2 | 10 | 19 | 5 | | 1 | 1 |
| ... | 6.6% | 3.0% | 3.9% | 6.5% | 6.7% | 6.8% | | 3.1% | 5.3% |
| C.... | 107 | 29 | 12 | 36 | 71 | 9 | 20 | 7 | 5 |
| ... | 24.3% | 17.6% | 23.5% | 23.2% | 24.9% | 12.2% | 22.0% | 21.9% | 26.3% |
| D.... | 29 | 11 | | 13 | 16 | 7 | 4 | | |
| ... | 6.6% | 6.7% | | 8.4% | 5.6% | 9.5% | 4.4% | | |
| E.... | 13 | 3 | | 10 | 3 | 1 | 2 | | |
| ... | 3.0% | 1.8% | | 6.5% | 1.1% | 1.4% | 2.2% | | |
| F.... | 72 | 37 | 12 | 23 | 49 | 14 | 23 | 8 | 4 |
| ... | 16.4% | 22.4% | 23.5% | 14.8% | 17.2% | 18.9% | 25.3% | 25.0% | 21.1% |
| G.... | 108 | 47 | 11 | 30 | 78 | 24 | 23 | 8 | 3 |
| ... | 24.5% | 28.5% | 21.6% | 19.4% | 27.4% | 32.4% | 25.3% | 25.0% | 15.8% |
| Total | 440 | 165 | 51 | 155 | 285 | 74 | 91 | 32 | 19 |

40161 *La industria pesada ha contaminado enormemente los países industriales. Por tanto, es una decisión responsable trasladar la industria pesada a los países no desarrollados, donde la contaminación no está tan extendida.*

- A. La industria pesada debería ser trasladada a los países no desarrollados para salvar nuestro país y sus generaciones futuras de la contaminación.
- B. es difícil de decir. Trasladar la industria ayudaríamos a los países pobres a prosperar y esto ayudaría a nuestro país a reducir su propia contaminación. Pero no tenemos derecho a contaminar el medio ambiente de cualesquiera otros.
- C. No es cuestión de donde esté localizada la industria pesada. Los efectos de la contaminación son globales sobre la Tierra.

La industria pesada NO debería trasladarse a los países no desarrollados:

- D. porque trasladar la industria no es una forma responsable de resolver la contaminación. Se debería reducir o eliminar la contaminación aquí, en lugar de crear más problemas en cualquier otro lugar.
- E. porque esos países tienen ya suficientes problemas sin añadir el problema de la contaminación.
- F. porque la contaminación debería ser limitada tanto como sea posible. Extenderla sólo crearía más daños.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 655

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .2 | 1 | 1 | |
| .6 | 2 | 4 | |
| .5 | 3 | 3 | |
| .9 | A | 6 | |
| 16.0 | B | 105 | |
| 20.2 | C | 132 | |
| 47.3 | D | 310 | |
| 2.3 | E | 15 | |
| 12.1 | F | 79 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

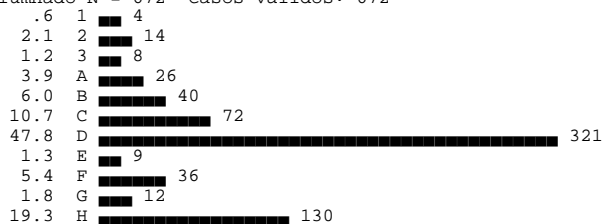
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | 1 | | | | | |
|2% | | | | .6% | | | | | |
| 2.... | 4 | | | 3 | 1 | | | | |
|9% | | | | 1.9% | .4% | | | | |
| 3.... | 2 | 1 | | 2 | | 1 | | | |
|5% | .6% | | | 1.2% | | 1.4% | | | |
| A.... | 5 | | | 3 | 2 | | | | |
| ... 1.1% | | | | 1.9% | .7% | | | | |
| B.... | 78 | 21 | 4 | 28 | 50 | 9 | 12 | 2 | 2 |
| ... 17.9% | 13.3% | 7.5% | 17.3% | 18.3% | 12.7% | 13.8% | 5.9% | 10.5% | |
| C.... | 83 | 37 | 12 | 36 | 47 | 16 | 21 | 9 | 3 |
| ... 19.1% | 23.4% | 22.6% | 22.2% | 17.2% | 22.5% | 24.1% | 26.5% | 15.8% | |
| D.... | 195 | 81 | 31 | 66 | 129 | 38 | 43 | 20 | 11 |
| ... 44.8% | 51.3% | 58.5% | 40.7% | 47.3% | 53.5% | 49.4% | 58.8% | 57.9% | |
| E.... | 10 | 2 | 2 | 7 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ... 2.3% | 1.3% | 3.8% | 4.3% | 1.1% | 1.4% | 1.1% | 2.9% | 5.3% | |
| F.... | 57 | 16 | 4 | 16 | 41 | 6 | 10 | 2 | 2 |
| ... 13.1% | 10.1% | 7.5% | 9.9% | 15.0% | 8.5% | 11.5% | 5.9% | 10.5% | |
| Total | 435 | 158 | 53 | 162 | 273 | 71 | 87 | 34 | 19 |

40211 Los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque los científicos e ingenieros son las personas que mejor conocen estos asuntos, tales como por ejemplo, los tipos de energía cara al futuro (nuclear, hidráulica, solar o quemando carbón, etc.), los índices permitidos de contaminación del aire en nuestro país (emisiones industriales de dióxido de azufre, dispositivos de control de la contaminación de coches y camiones, emisiones de gases ácidos de los pozos de petróleo, etc.), el futuro de la biotecnología en nuestro país (ADN recombinante, ajuste de genes, desarrollo de bacterias eliminadoras de minerales o creadoras de nieve, etc.), las técnicas que serán usadas con los bebés no nacidos en nuestro país (amniocentesis para analizar los cromosomas del feto, alterar el desarrollo del embrión, los bebés probeta, etc.), o sobre el desarme nuclear.

Los científicos e ingenieros son los que deberían decidir:

- A. porque ellos tienen la preparación y los datos que les dan una mejor comprensión del tema.
- B. porque ellos tienen el conocimiento y pueden tomar mejores decisiones que los burócratas del gobierno o las empresas privadas, los cuales tienen intereses creados.
- C. porque ellos tienen la preparación y los datos que les dan una mejor comprensión; PERO el público debería estar implicado, o informado o consultado.
- D. La decisión debería ser tomada equilibradamente; las opiniones de los científicos e ingenieros, otros especialistas y el público informado deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.
- E. El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; PERO científicos e ingenieros deberían dar consejos.
- F. El público debería decidir, porque la decisión afecta a todos; PERO científicos e ingenieros deberían dar consejos.
- G. El público debería decidir, porque el público sirve como una comprobación de los científicos e ingenieros. Los científicos e ingenieros tienen opiniones idealistas y estrechas del tema, y por tanto, ponen poca atención a las consecuencias.
- H. Depende del tipo de decisión a tomar; no es lo mismo decidir sobre el desarme nuclear que sobre un bebé. En unos casos podrían hacerlo los científicos solos, y en otros el público o los interesados solos.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 672



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Exposición | | | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 3 | | | | | |
|6% | | | | 1.6% | | | | | |
| 2.... | 14 | | | 6 | 8 | | | | |
| ... 3.0% | | | | 3.3% | 2.8% | | | | |
| 3.... | 7 | | 1 | 3 | 4 | | | | 1 |
| ... 1.5% | | | 2.2% | 1.6% | 1.4% | | | | 4.5% |
| A.... | 21 | 3 | 1 | 16 | 5 | 2 | 1 | | 1 |
| ... 4.5% | 2.0% | 2.2% | 8.8% | 1.8% | 3.0% | 1.2% | | | 4.5% |
| B.... | 29 | 7 | 3 | 15 | 14 | 5 | 2 | 2 | 1 |
| ... 6.3% | 4.6% | 6.5% | 8.2% | 5.0% | 7.6% | 2.4% | 8.3% | 4.5% | |
| C.... | 46 | 19 | 6 | 29 | 17 | 8 | 11 | 2 | 4 |
| ... 9.9% | 12.6% | 13.0% | 15.9% | 6.0% | 12.1% | 12.9% | 8.3% | 18.2% | |
| D.... | 211 | 78 | 24 | 63 | 148 | 32 | 46 | 15 | 9 |
| ... 45.6% | 51.7% | 52.2% | 34.6% | 52.7% | 48.5% | 54.1% | 62.5% | 40.9% | |
| E.... | 5 | 4 | | 4 | 1 | 4 | | | |
| ... 1.1% | 2.6% | | 2.2% | .4% | 6.1% | | | | |
| F.... | 29 | 5 | 2 | 10 | 19 | 3 | 2 | 2 | |
| ... 6.3% | 3.3% | 4.3% | 5.5% | 6.8% | 4.5% | 2.4% | 8.3% | | |
| G.... | 10 | 1 | 1 | 7 | 3 | | 1 | 1 | |
| ... 2.2% | .7% | 2.2% | 3.8% | 1.1% | 1.2% | | 4.2% | | |
| H.... | 88 | 34 | 8 | 26 | 62 | 12 | 22 | 2 | 6 |
| ... 19.0% | 22.5% | 17.4% | 14.3% | 22.1% | 18.2% | 25.9% | 8.3% | 27.3% | |
| Total | 463 | 151 | 46 | 182 | 281 | 66 | 85 | 24 | 22 |

40221 La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, un grupo de gente decidiendo como actuar en relación a otro grupo de gente).

La ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar algunas decisiones morales:

- A. haciendo que nuestra información sobre la gente y el mundo que nos rodea sea mejor. Esta información básica puede ayudar a enfrentarse con los aspectos morales en la vida.
- B. dando información básica; pero las decisiones morales deben ser tomadas por los individuos.
- C. porque la ciencia incluye áreas como la psicología, que estudia la mente y los sentimientos humanos.

La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a tomar decisiones morales:

- D. porque la ciencia y la tecnología no tienen nada que ver con decisiones morales. La ciencia y la tecnología sólo descubren, explican e inventan cosas. Lo que la gente hace con sus resultados no es asunto de los científicos
- E. porque las decisiones morales se toman solamente en base a los valores y creencias de cada individuo.
- F. porque si las decisiones morales están basadas en información científica, las decisiones a menudo conducen al racismo, suponiendo que un grupo de gente es mejor que otro grupo.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 707

| | | |
|------|---|-----|
| 1.3 | 1 | 9 |
| 3.1 | 2 | 22 |
| 2.3 | 3 | 16 |
| 16.0 | A | 113 |
| 28.1 | B | |
| 12.0 | C | 85 |
| 11.9 | D | 84 |
| 20.7 | E | 146 |
| 4.7 | F | 33 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 9 | | | 7 | 2 | | | | |
| ... 1.9% | | | | 3.8% | .7% | | | | |
| 2.... | 20 | | 2 | 10 | 10 | | | | 2 |
| ... 4.1% | | | 4.1% | 5.5% | 3.3% | | | | 11.1% |
| 3.... | 14 | 2 | | 4 | 10 | | 2 | | |
| ... 2.9% | 1.3% | | | 2.2% | 3.3% | 3.0% | | | |
| A.... | 63 | 33 | 13 | 32 | 31 | 20 | 13 | 9 | 4 |
| ... 13.0% | 21.0% | 26.5% | 17.5% | 10.3% | 29.9% | 14.4% | 29.0% | 22.2% | |
| B.... | 115 | 54 | 21 | 35 | 80 | 18 | 36 | 12 | 9 |
| ... 23.8% | 34.4% | 42.9% | 19.1% | 26.6% | 26.9% | 40.0% | 38.7% | 50.0% | |
| C.... | 66 | 16 | 3 | 30 | 36 | 7 | 9 | 3 | |
| ... 13.6% | 10.2% | 6.1% | 16.4% | 12.0% | 10.4% | 10.0% | 9.7% | | |
| D.... | 70 | 8 | 5 | 26 | 44 | 5 | 3 | 5 | |
| ... 14.5% | 5.1% | 10.2% | 14.2% | 14.6% | 7.5% | 3.3% | 16.1% | | |
| E.... | 98 | 41 | 4 | 25 | 73 | 14 | 27 | 2 | 2 |
| ... 20.2% | 26.1% | 8.2% | 13.7% | 24.3% | 20.9% | 30.0% | 6.5% | 11.1% | |
| F.... | 29 | 3 | 1 | 14 | 15 | 1 | 2 | | 1 |
| ... 6.0% | 1.9% | 2.0% | 7.7% | 5.0% | 1.5% | 2.2% | | 5.6% | |
| Total | 484 | 157 | 49 | 183 | 301 | 67 | 90 | 31 | 18 |

40231 *La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a la gente a tomar decisiones legales (por ejemplo, decidir si una persona es culpable o no en un tribunal de justicia).*

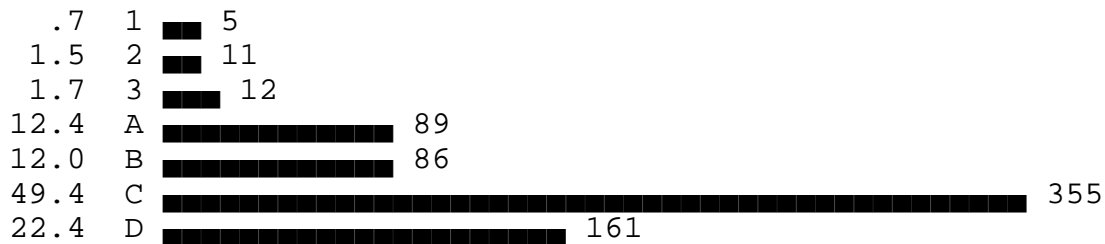
La ciencia y la tecnología NO puede ayudar:

- A. porque no tienen nada que ver con decisiones legales, ya que las decisiones legales están basadas en valores morales y creencias.
- B. porque es un error basar las decisiones legales en la tecnología, como por ejemplo el detector de mentiras.

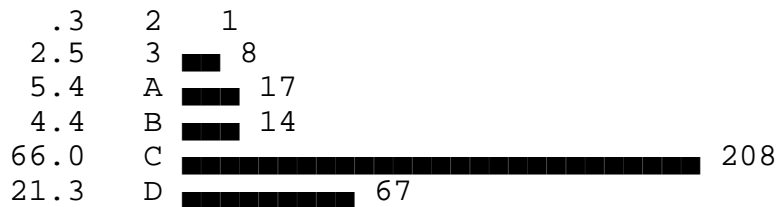
La ciencia y la tecnología puede ayudar en algunos casos:

- C. desarrollando formas de recoger evidencias y testificando sobre las evidencias físicas de un caso.
- D. estudiando la conducta humana y explicando las circunstancias humanas de un caso.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719



Profesorado N = 318 Casos válidos: 315



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | 1 | | 3 | 1 | 1 | | | |
|8% | .6% | | | 1.6% | .3% | 1.4% | | | |
| 2.... | 9 | 1 | | 5 | 4 | 1 | | | |
| ... 1.9% | .6% | | | 2.7% | 1.3% | 1.4% | | | |
| 3.... | 9 | 3 | | 2 | 7 | 2 | 1 | | |
| ... 1.9% | 1.7% | | | 1.1% | 2.3% | 2.8% | 1.0% | | |
| A.... | 65 | 17 | 3 | 22 | 43 | 6 | 11 | 2 | 1 |
| ... 13.5% | 9.6% | 7.0% | | 12.0% | 14.4% | 8.3% | 10.5% | 8.3% | 5.3% |
| B.... | 69 | 14 | 2 | 27 | 42 | 5 | 9 | 2 | |
| ... 14.3% | 7.9% | 4.7% | | 14.8% | 14.0% | 6.9% | 8.6% | 8.3% | |
| C.... | 206 | 110 | 32 | 78 | 128 | 46 | 64 | 18 | 14 |
| ... 42.7% | 62.1% | 74.4% | | 42.6% | 42.8% | 63.9% | 61.0% | 75.0% | 73.7% |
| D.... | 120 | 31 | 6 | 46 | 74 | 11 | 20 | 2 | 4 |
| ... 24.9% | 17.5% | 14.0% | | 25.1% | 24.7% | 15.3% | 19.0% | 8.3% | 21.1% |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | | | | | 1 | | | | |
|8% | | | | | 5.3% | | | | |
| 3.... | 2 | | 1 | 2 | | 1 | | | 2 |
| ... 1.5% | | 20.0% | | 3.1% | | 1.8% | | | 11.1% |
| A.... | 8 | 1 | | 4 | 1 | 3 | | | |
| ... 5.8% | 16.7% | | | 6.3% | 5.3% | 5.3% | | | |
| B.... | 8 | | | 2 | 2 | 1 | | | 1 |
| ... 5.8% | | | | 3.1% | 10.5% | 1.8% | | | 5.6% |
| C.... | 85 | 4 | 4 | 41 | 10 | 44 | 1 | 5 | 14 |
| ... 62.0% | 66.7% | 80.0% | | 64.1% | 52.6% | 77.2% | 33.3% | 83.3% | 77.8% |
| D.... | 34 | 1 | | 15 | 5 | 8 | 2 | 1 | 1 |
| ... 24.8% | 16.7% | | | 23.4% | 26.3% | 14.0% | 66.7% | 16.7% | 5.6% |
| Total | 137 | 6 | 5 | 64 | 19 | 57 | 3 | 6 | 18 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 20 | | 1 | 10 | 10 | | 1 | | |
| ... 4.3% | | .5% | | 5.4% | 3.5% | | 1.0% | | |
| 2.... | 10 | | 1 | 3 | 7 | | 1 | | |
| ... 2.1% | | .5% | | 1.6% | 2.5% | | 1.0% | | |
| 3.... | 18 | | 7 | 4 | 14 | 2 | 5 | 3 | 1 |
| ... 3.9% | | 3.8% | 7.3% | 2.2% | 5.0% | 2.5% | 4.9% | 9.4% | 4.3% |
| A.... | 43 | | 13 | 4 | 21 | 22 | 5 | 8 | 3 |
| ... 9.2% | | 7.1% | 7.3% | 11.4% | 7.8% | 6.3% | 7.8% | 9.4% | 4.3% |
| B.... | 49 | | 38 | 12 | 17 | 32 | 20 | 18 | 5 |
| ... 10.5% | | 20.9% | 21.8% | 9.2% | 11.3% | 25.3% | 17.5% | 15.6% | 30.4% |
| C.... | 72 | | 13 | 6 | 26 | 46 | 7 | 6 | 4 |
| ... 15.5% | | 7.1% | 10.9% | 14.1% | 16.3% | 8.9% | 5.8% | 12.5% | 8.7% |
| D.... | 36 | | 15 | 3 | 9 | 27 | 5 | 10 | 1 |
| ... 7.7% | | 8.2% | 5.5% | 4.9% | 9.6% | 6.3% | 9.7% | 3.1% | 8.7% |
| E.... | 132 | | 44 | 5 | 52 | 80 | 18 | 26 | 3 |
| ... 28.3% | | 24.2% | 9.1% | 28.3% | 28.4% | 22.8% | 25.2% | 9.4% | 8.7% |
| F.... | 18 | | 12 | 6 | 8 | 10 | 9 | 3 | 5 |
| ... 3.9% | | 6.6% | 10.9% | 4.3% | 3.5% | 11.4% | 2.9% | 15.6% | 4.3% |
| G.... | 35 | | 28 | 12 | 15 | 20 | 7 | 21 | 5 |
| ... 7.5% | | 15.4% | 21.8% | 8.2% | 7.1% | 8.9% | 20.4% | 15.6% | 30.4% |
| H.... | 33 | | 10 | 3 | 19 | 14 | 6 | 4 | 3 |
| ... 7.1% | | 5.5% | 5.5% | 10.3% | 5.0% | 7.6% | 3.9% | 9.4% | |
| Total | 466 | | 182 | 55 | 184 | 282 | 79 | 103 | 32 |
| | | | | | | | | | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

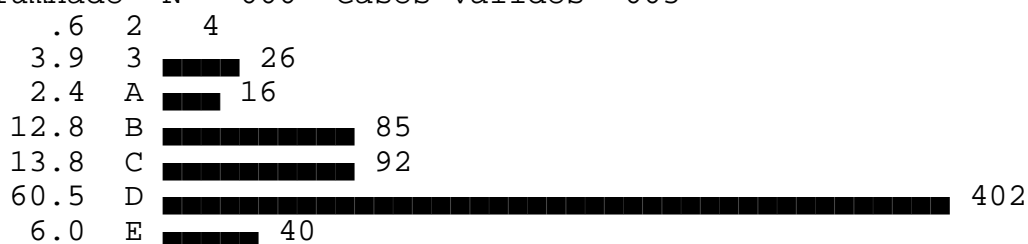
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 3 | | | 2 | | | | | 1 |
| ... 2.3% | | | | 2.4% | | | | | 7.7% |
| 3.... | 8 | | | 4 | | 3 | 2 | | 1 |
| ... 6.0% | | | | 4.8% | | 5.9% | 28.6% | | 7.7% |
| A.... | 6 | | 1 | 5 | | 3 | | | 1 |
| ... 4.5% | | 9.1% | | 6.0% | | 5.9% | | | 7.7% |
| B.... | 21 | | 5 | 1 | 15 | 3 | 11 | | 4 |
| ... 15.8% | | 45.5% | 100% | 17.9% | 21.4% | 21.6% | | 30.8% | 27.8% |
| C.... | 19 | | 1 | 10 | | | 1 | | 1 |
| ... 14.3% | | 9.1% | | 11.9% | | | 14.3% | | 7.7% |
| D.... | 13 | | 1 | 4 | | | 1 | | 1 |
| ... 9.8% | | 9.1% | | 4.8% | | 2.0% | 14.3% | | 7.7% |
| E.... | 11 | | 1 | 12 | | 1 | 2 | | 1 |
| ... 8.3% | | 9.1% | | 14.3% | 7.1% | 3.9% | 14.3% | | |
| F.... | 16 | | 1 | 10 | | 3 | 4 | | 1 |
| ... 12.0% | | 9.1% | | 11.9% | 21.4% | 7.8% | | | 7.7% |
| G.... | 23 | | 1 | 12 | | 6 | 19 | | 2 |
| ... 17.3% | | 9.1% | | 14.3% | 42.9% | 37.3% | 28.6% | | 23.1% |
| H.... | 13 | | | 10 | | 1 | 8 | | |
| ... 9.8% | | | | 11.9% | 7.1% | 15.7% | | | |
| Total | 133 | | 11 | 1 | 84 | 14 | 51 | 7 | 13 |
| | | | | | | | | | 18 |

40321 *En nuestro país se debería gastar mucho más dinero en ciencia y tecnología aun cuando suponga quitar este dinero de otras cosas, tales como programas sociales, educación, incentivos a la empresa e impuestos más bajos.*

Se debería gastar MÁS dinero en ciencia y tecnología:

- A. así nuestro país será competitivo con el resto del mundo.
- B. así nuestro país mejorará la vida diaria; por ejemplo, hacer las cosas más fáciles, crear nuevas industrias y trabajos, ayudar a la economía, y resolver los problemas de enfermedades.
- C. pero sólo si el dinero se gasta en cosas como curar enfermedades, mejorar la contaminación o dar comida a los hambrientos.
- D. El dinero debería gastarse de una manera equilibrada como se hace hoy día. La ciencia y la tecnología son muy importantes pero no son las únicas cosas que necesitan dinero para progresar en nuestro país.
- E. Debería gastarse MENOS dinero en ciencia y tecnología, de modo que se tenga más dinero para programas sociales, educación, incentivos a la empresa e impuestos más bajos.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 665



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 4 | | | 3 | 1 | | | | |
| ... | .9% | | | 1.9% | .4% | | | | |
| 3.... | 16 | 6 | 2 | 7 | 9 | 2 | 4 | 1 | 1 |
| ... | 3.6% | 3.6% | 3.9% | 4.5% | 3.2% | 2.7% | 4.4% | 3.1% | 5.3% |
| A.... | 11 | 4 | 1 | 6 | 5 | 3 | 1 | 1 | |
| ... | 2.5% | 2.4% | 2.0% | 3.9% | 1.8% | 4.1% | 1.1% | 3.1% | |
| B.... | 49 | 20 | 12 | 21 | 28 | 14 | 6 | 11 | 1 |
| ... | 11.2% | 12.1% | 23.5% | 13.6% | 9.8% | 18.9% | 6.6% | 34.4% | 5.3% |
| C.... | 71 | 18 | 1 | 21 | 50 | 5 | 13 | 1 | |
| ... | 16.2% | 10.9% | 2.0% | 13.6% | 17.5% | 6.8% | 14.3% | 3.1% | |
| D.... | 257 | 108 | 35 | 86 | 171 | 45 | 63 | 18 | 17 |
| ... | 58.5% | 65.5% | 68.6% | 55.8% | 60.0% | 60.8% | 69.2% | 56.3% | 89.5% |
| E.... | 31 | 9 | | 10 | 21 | 5 | 4 | | |
| ... | 7.1% | 5.5% | | 6.5% | 7.4% | 6.8% | 4.4% | | |
| Total | 439 | 165 | 51 | 154 | 285 | 74 | 91 | 32 | 19 |

40411 *La ciencia y la tecnología ofrecen una gran cantidad de ayuda para resolver problemas sociales como la pobreza, el crimen, el desempleo, la superpoblación, la contaminación o la amenaza de una guerra nuclear.*

- A. La ciencia y la tecnología ciertamente pueden ayudar a resolver esos problemas. Se podrían usar nuevas ideas de la ciencia y nuevos inventos de la tecnología.
- B. La ciencia y la tecnología pueden ayudar a resolver algunos problemas sociales pero no otros.
- C. La ciencia y la tecnología resuelven muchos problemas sociales, pero la ciencia y la tecnología causan muchos de esos problemas.
- D. No es una cuestión de que la ciencia y la tecnología ayuden, sino más bien es una cuestión de que usar sabiamente la ciencia y la tecnología.
- E. Es difícil ver como la ciencia y la tecnología pueden ayudar mucho a resolver esos problemas sociales. Los problemas sociales conciernen a la naturaleza humana; esos problemas no tienen nada que ver con la ciencia y la tecnología.
- F. La ciencia y la tecnología lo único que hacen es empeorar los problemas sociales. Son el precio que pagamos por los avances en ciencia y tecnología.
- G. Depende del tipo de problema que se trate; en unos casos podrá resolverlos y en otros no.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 655

| | | |
|------|---|-----|
| 1.5 | 2 | 10 |
| .6 | 3 | 4 |
| 3.7 | A | 24 |
| 7.8 | B | 51 |
| 19.8 | C | 130 |
| 34.7 | D | 227 |
| 8.9 | E | 58 |
| 3.2 | F | 21 |
| 19.8 | G | 130 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 8 | 2 | | 1 | 7 | 2 | | | |
| ... 1.8% | 1.3% | | | .6% | 2.6% | 2.8% | | | |
| 3.... | 2 | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|5% | 1.3% | | | .6% | .4% | 1.4% | 1.1% | | |
| A.... | 16 | 5 | 1 | 13 | 3 | 5 | | | 1 |
| ... 3.7% | 3.2% | 1.9% | 8.0% | 1.1% | 7.0% | | | | 5.3% |
| B.... | 34 | 14 | 3 | 19 | 15 | 7 | 7 | 2 | 1 |
| ... 7.8% | 8.9% | 5.7% | 11.7% | 5.5% | 9.9% | 8.0% | 5.9% | 5.3% | |
| C.... | 96 | 28 | 5 | 37 | 59 | 14 | 14 | 4 | 1 |
| ... 22.1% | 17.7% | 9.4% | 22.8% | 21.6% | 19.7% | 16.1% | 11.8% | 5.3% | |
| D.... | 127 | 67 | 28 | 45 | 82 | 33 | 34 | 20 | 8 |
| ... 29.2% | 42.4% | 52.8% | 27.8% | 30.0% | 46.5% | 39.1% | 58.8% | 42.1% | |
| E.... | 41 | 9 | 7 | 16 | 25 | 2 | 7 | 4 | 3 |
| ... 9.4% | 5.7% | 13.2% | 9.9% | 9.2% | 2.8% | 8.0% | 11.8% | 15.8% | |
| F.... | 18 | 3 | | 3 | 15 | 3 | | | |
| ... 4.1% | 1.9% | | 1.9% | 5.5% | | 3.4% | | | |
| G.... | 93 | 28 | 9 | 27 | 66 | 7 | 21 | 4 | 5 |
| ... 21.4% | 17.7% | 17.0% | 16.7% | 24.2% | 9.9% | 24.1% | 11.8% | 26.3% | |
| Total | 435 | 158 | 53 | 162 | 273 | 71 | 87 | 34 | 19 |

40421 *En tu vida diaria, el conocimiento de la ciencia y la tecnología te ayuda personalmente a resolver problemas prácticos (por ejemplo, lograr sacar el coche de una zona de hielo, cocinar o cuidar un animal).*

El razonamiento sistemático aprendido en las clases de ciencias (por ejemplo, hacer hipótesis, recoger datos, ser lógico):

- A. me ayuda a resolver problemas en mi vida diaria. Los problemas diarios son más fácil y lógicamente resueltos si se tratan como los problemas de ciencias.
- B. me da una mayor comprensión y conocimiento de los problemas diarios. Sin embargo, las técnicas para resolver un problema que aprendí no me son útiles directamente en mi vida diaria.
- C. Las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias a veces me ayudan a resolver problemas o tomar decisiones sobre cosas como cocinar, no enfermarse o explicar una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).
- D. El razonamiento sistemático y las ideas y hechos que aprendí en las clases de ciencias me ayudan mucho. Me ayudan a resolver algunos problemas y entender una amplia variedad de sucesos físicos (por ejemplo, el trueno o las estrellas).
- E. Lo que aprendí en las clases de ciencias generalmente no me ayuda a resolver problemas prácticos; pero me ayuda a percibir, relacionarme y comprender el mundo que me rodea.

Lo que aprendí en las clases de ciencias no se relaciona con mi vida diaria:

- F. biología, química y física no resultan prácticas para mí. Tratan detalles teóricos y técnicos que tiene poco que ver con mi mundo de cada día.
- G. mis problemas son resueltos por mi experiencia pasada o por conocimientos que no están relacionados con la ciencia y la tecnología.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 669

| | | |
|------|---|-----|
| .1 | 1 | 1 |
| .6 | 2 | 4 |
| 1.6 | 3 | 11 |
| 6.3 | A | 42 |
| 14.3 | B | 96 |
| 26.9 | C | 180 |
| 13.5 | D | 90 |
| 28.4 | E | |
| 3.7 | F | 25 |
| 4.5 | G | 30 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | 1 | | | | | |
| ... | .2% | | | .4% | | | | | |
| 2.... | 3 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | | |
| ... | .7% | .7% | | 1.1% | .4% | | 1.2% | | |
| 3.... | 7 | 3 | | 4 | 3 | 1 | 2 | | |
| ... | 1.5% | 2.0% | | 2.2% | 1.1% | 1.5% | 2.4% | | |
| A.... | 29 | 4 | 6 | 16 | 13 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| ... | 6.3% | 2.6% | 13.0% | 8.8% | 4.7% | 3.0% | 2.4% | 12.5% | 13.6% |
| B.... | 66 | 25 | 3 | 24 | 42 | 16 | 9 | 1 | 2 |
| ... | 14.3% | 16.6% | 6.5% | 13.3% | 15.1% | 24.2% | 10.6% | 4.2% | 9.1% |
| C.... | 119 | 43 | 18 | 46 | 73 | 18 | 25 | 11 | 7 |
| ... | 25.9% | 28.5% | 39.1% | 25.4% | 26.2% | 27.3% | 29.4% | 45.8% | 31.8% |
| D.... | 50 | 27 | 10 | 18 | 32 | 12 | 15 | 4 | 6 |
| ... | 10.9% | 17.9% | 21.7% | 9.9% | 11.5% | 18.2% | 17.6% | 16.7% | 27.3% |
| E.... | 140 | 40 | 8 | 54 | 86 | 15 | 25 | 4 | 4 |
| ... | 30.4% | 26.5% | 17.4% | 29.8% | 30.8% | 22.7% | 29.4% | 16.7% | 18.2% |
| F.... | 22 | 2 | | 11 | 11 | | 2 | | |
| ... | 4.8% | 1.3% | | 6.1% | 3.9% | | 2.4% | | |
| G.... | 23 | 6 | 1 | 6 | 17 | 2 | 4 | 1 | |
| ... | 5.0% | 4.0% | 2.2% | 3.3% | 6.1% | 3.0% | 4.7% | 4.2% | |
| Total | 460 | 151 | 46 | 181 | 279 | 66 | 85 | 24 | 22 |

40431 *Los científicos pueden resolver mejor cualquier problema práctico de la vida diaria (por ejemplo, lograr sacar el coche fuera de una zanja, cocinar o cuidar un animal) porque los científicos saben más ciencia.*

A. Los científicos son mejores resolviendo cualquier problema práctico. Sus mentes lógicas solucionadoras de problemas o su conocimiento especializado les dan ventajas.

Los científicos no son mejores que otros:

- B. porque las clases de ciencias ayudan a todos a aprender bastantes destrezas de resolución de problemas y conocimientos para resolver problemas prácticos.
- C. porque la educación de un científico no ayuda necesariamente en las cosas prácticas.
- D. porque en la vida diaria los científicos son como cualquier otro. La experiencia y el sentido común resolverán los problemas prácticos diarios.
- E. Los científicos son probablemente peores resolviendo cualquier problema práctico porque trabajan en un mundo complejo y abstracto, muy alejado de la vida diaria.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709

| | | | |
|------|---|----|--|
| .4 | 1 | 3 | |
| .6 | 2 | 4 | |
| 1.6 | 3 | 11 | |
| 6.8 | A | 48 | |
| 7.8 | B | 55 | |
| 8.7 | C | 62 | |
| 68.1 | D | | |
| 6.1 | E | 43 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 2 | 1 | | | | |
| ... | .6% | | | 1.1% | .3% | | | | |
| 2.... | 4 | | | 2 | 2 | | | | |
| ... | .8% | | | 1.1% | .7% | | | | |
| 3.... | 8 | 3 | | 2 | 6 | 2 | 1 | | |
| ... | 1.6% | 1.9% | | 1.1% | 2.0% | 2.9% | 1.1% | | |
| A.... | 36 | 8 | 3 | 23 | 13 | 7 | 1 | 2 | 1 |
| ... | 7.4% | 5.1% | 6.1% | 12.6% | 4.3% | 10.3% | 1.1% | 6.5% | 5.6% |
| B.... | 38 | 9 | 7 | 15 | 23 | 3 | 6 | 3 | 4 |
| ... | 7.8% | 5.7% | 14.3% | 8.2% | 7.6% | 4.4% | 6.7% | 9.7% | 22.2% |
| C.... | 41 | 14 | 5 | 19 | 22 | 8 | 6 | 4 | 1 |
| ... | 8.5% | 8.9% | 10.2% | 10.4% | 7.3% | 11.8% | 6.7% | 12.9% | 5.6% |
| D.... | 325 | 114 | 33 | 110 | 215 | 46 | 68 | 21 | 12 |
| ... | 67.0% | 72.2% | 67.3% | 60.4% | 71.0% | 67.6% | 75.6% | 67.7% | 66.7% |
| E.... | 30 | 10 | 1 | 9 | 21 | 2 | 8 | 1 | |
| ... | 6.2% | 6.3% | 2.0% | 4.9% | 6.9% | 2.9% | 8.9% | 3.2% | |
| Total | 485 | 158 | 49 | 182 | 303 | 68 | 90 | 31 | 18 |

40441 *A pesar de su sabiduría y preparación, los científicos y tecnólogos pueden ser engañados por lo que ven en la televisión o leen en los periódicos.*

Los científicos y tecnólogos PUEDEN SER engañados por los medios de comunicación:

- A. porque son muy abiertos de mente y siempre aceptan las ideas nuevas.
- B. porque sus conocimientos especializados no les ayudan a detectar los errores en los medios de comunicación.
- C. porque simplemente también son humanos. Como cualquier otra persona, son influenciados por los medios (excepto cuando el tema es de su especialidad).

Los científicos y tecnólogos NO SON engañados por los medios:

- D. porque ellos conocen los hechos. El conocimiento de la ciencia les indica lo que es correcto.
- E. porque están entrenados en mirar las cosas con lógica. Ellos conocen la información correcta o saben como comprobarla.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 718

| | | | |
|------|---|-----|-----|
| .8 | 1 | 6 | |
| 1.0 | 2 | 7 | |
| 2.2 | 3 | 16 | |
| 2.5 | A | 18 | |
| 1.8 | B | 13 | |
| 58.4 | C | | 419 |
| 11.0 | D | 79 | |
| 22.3 | E | 160 | |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 315

| | | | |
|------|---|----|-----|
| 1.3 | 1 | 4 | |
| .3 | 2 | 1 | |
| 2.9 | 3 | 9 | |
| .3 | A | 1 | |
| 1.0 | B | 3 | |
| 63.8 | C | | 201 |
| 13.0 | D | 41 | |
| 17.5 | E | 55 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | | 1 | 2 | 3 | | | 1 | |
| ... 1.0% | | | 2.3% | 1.1% | 1.0% | | | 4.2% | |
| 2.... | 6 | 1 | | 4 | 2 | 1 | | | |
| ... 1.2% | .6% | | | 2.2% | .7% | 1.4% | | | |
| 3.... | 11 | 5 | | 6 | 5 | 2 | 3 | | |
| ... 2.3% | 2.8% | | | 3.3% | 1.7% | 2.8% | 2.9% | | |
| A.... | 17 | 1 | | 13 | 4 | | 1 | | |
| ... 3.5% | .6% | | | 7.1% | 1.3% | | 1.0% | | |
| B.... | 7 | 4 | | 5 | 2 | 2 | 2 | | |
| ... 1.5% | 2.3% | | | 2.7% | .7% | 2.8% | 1.9% | | |
| C.... | 265 | 119 | 25 | 84 | 181 | 48 | 71 | 13 | 12 |
| ... 55.1% | 67.2% | 58.1% | 45.9% | 60.7% | 66.7% | 67.6% | 67.6% | 54.2% | 63.2% |
| D.... | 54 | 19 | 4 | 26 | 28 | 5 | 14 | 4 | |
| ... 11.2% | 10.7% | 9.3% | 14.2% | 9.4% | 6.9% | 13.3% | 16.7% | | |
| E.... | 116 | 28 | 13 | 43 | 73 | 14 | 14 | 6 | 7 |
| ... 24.1% | 15.8% | 30.2% | 23.5% | 24.5% | 19.4% | 13.3% | 25.0% | 36.8% | |
| Total | 481 | 177 | 43 | 183 | 298 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | | | | | | 1 |
| ... 2.2% | | | | | | | | | 5.6% |
| 2.... | | | | 1 | | | | | |
| ... 1.6% | | | | | | | | | |
| 3.... | 5 | | | | 1 | 2 | | | 1 |
| ... 3.7% | | | | | 5.3% | 3.4% | | | 5.6% |
| A.... | 1 | | | | | | | | |
|7% | | | | | | | | | |
| B.... | 1 | | | | | 2 | | | |
|7% | | | | | | 3.4% | | | |
| C.... | 76 | 5 | 5 | 46 | 12 | 37 | 2 | 6 | 12 |
| ... 55.9% | 83.3% | 100% | 71.9% | 63.2% | 63.8% | 66.7% | 100% | 66.7% | |
| D.... | 26 | 1 | | 5 | 2 | 4 | | | 3 |
| ... 19.1% | 16.7% | | 7.8% | 10.5% | 6.9% | | | 16.7% | |
| E.... | 24 | | | 12 | 4 | 13 | 1 | | 1 |
| ... 17.6% | | | 18.8% | 21.1% | 22.4% | 33.3% | | | 5.6% |
| Total | 136 | 6 | 5 | 64 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

40451 *Nosotros tenemos que preocuparnos de los problemas de la contaminación que son insolubles hoy. La ciencia y la tecnología no tienen necesariamente que arreglar estos problemas en el futuro.*

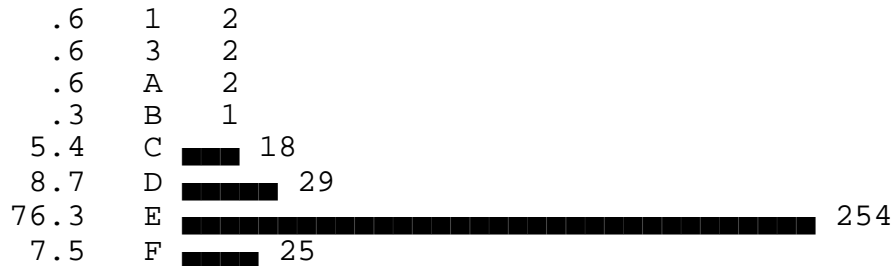
La ciencia y la tecnología NO pueden arreglar tales problemas:

- A. porque la ciencia y la tecnología son la razón por la que tenemos problemas de contaminación. Más ciencia y tecnología traerán más problemas de contaminación.
- B. porque los problemas de contaminación son hoy tan graves que ya están fuera de la capacidad de la ciencia y la tecnología para arreglarlos.
- C. porque los problemas de contaminación se están volviendo tan graves que muy pronto estarán fuera de la capacidad de la ciencia y la tecnología para arreglarlos.
- D. Nadie puede predecir lo que la ciencia y la tecnología serán capaces de arreglar en el futuro.
- E. La ciencia y la tecnología solas no pueden arreglar los problemas de contaminación. Es responsabilidad de todos. El público debe insistir que arreglar estos problemas tiene una prioridad absoluta.
- F. la ciencia y la tecnología pueden arreglar tales problemas porque el éxito en su solución en el pasado quiere decir que la ciencia y la tecnología tendrán también éxito en el futuro para arreglar los problemas de contaminación.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709



Profesorado N = 336 Casos válidos: 333



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 7 | | | 1 | 6 | | | | |
| ... | 1.5% | | | .5% | 2.1% | | | | |
| 3.... | 6 | 4 | 1 | 5 | 1 | 3 | 1 | 1 | |
| ... | 1.3% | 2.2% | 1.8% | 2.7% | .4% | 3.8% | 1.0% | 3.1% | |
| A.... | 30 | 6 | | 15 | 15 | 3 | 3 | | |
| ... | 6.5% | 3.3% | | 8.2% | 5.3% | 3.8% | 2.9% | | |
| B.... | 24 | | 1 | 12 | 12 | | | 1 | |
| ... | 5.2% | | 1.8% | 6.6% | 4.3% | | | 3.1% | |
| C.... | 29 | 8 | 1 | 14 | 15 | 3 | 5 | 1 | |
| ... | 6.2% | 4.4% | 1.8% | 7.7% | 5.3% | 3.8% | 4.8% | 3.1% | |
| D.... | 65 | 18 | 4 | 29 | 36 | 10 | 8 | 2 | 2 |
| ... | 14.0% | 9.8% | 7.3% | 15.8% | 12.8% | 12.7% | 7.7% | 6.3% | 8.7% |
| E.... | 273 | 131 | 42 | 90 | 183 | 53 | 78 | 23 | 19 |
| ... | 58.7% | 71.6% | 76.4% | 49.2% | 64.9% | 67.1% | 75.0% | 71.9% | 82.6% |
| F.... | 31 | 16 | 6 | 17 | 14 | 7 | 9 | 4 | 2 |
| ... | 6.7% | 8.7% | 10.9% | 9.3% | 5.0% | 8.9% | 8.7% | 12.5% | 8.7% |
| Total | 465 | 183 | 55 | 183 | 282 | 79 | 104 | 32 | 23 |

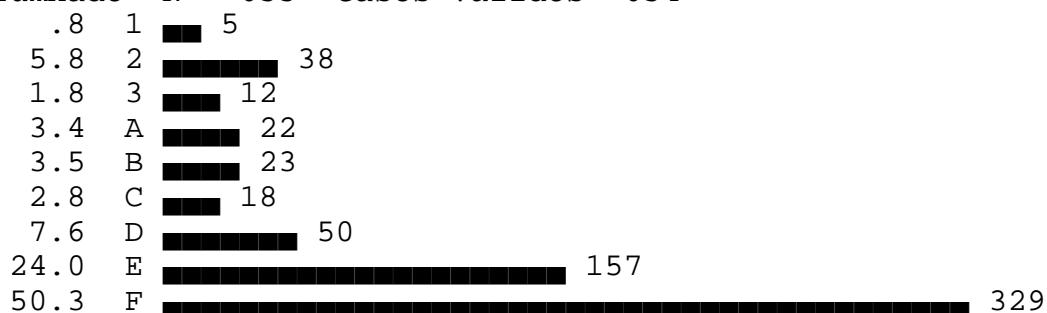
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | 1 | | | | | | |
| ... | .7% | | 100% | | | | | | |
| 3.... | 1 | | | | | 1 | | | |
| ... | .7% | | | | | 2.0% | | | |
| A.... | 1 | | | 1 | | | | | |
| ... | .7% | | | 1.2% | | | | | |
| B.... | 1 | | | | | | | | |
| ... | .7% | | | | | | | | |
| C.... | 10 | 1 | | 3 | | 2 | | | 2 |
| ... | 7.4% | 9.1% | | 3.6% | | 3.9% | | | 11.1% |
| D.... | 10 | 2 | | 6 | | 7 | 1 | 2 | 1 |
| ... | 7.4% | 18.2% | | 7.2% | | 13.7% | 14.3% | 15.4% | 5.6% |
| E.... | 100 | 6 | | 68 | 13 | 37 | 5 | 11 | 14 |
| ... | 74.1% | 54.5% | | 81.9% | 92.9% | 72.5% | 71.4% | 84.6% | 77.8% |
| F.... | 11 | 2 | | 5 | 1 | 4 | 1 | | 1 |
| ... | 8.1% | 18.2% | | 6.0% | 7.1% | 7.8% | 14.3% | | 5.6% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 83 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

40521 Las industrias de alta tecnología darán la mayoría de los nuevos puestos de trabajo en los próximos veinte años.

- A. Sí. La nueva información y su rápido intercambio son las llaves de la sociedad del futuro.
- B. Sí, porque las industrias de nuestro país tendrán que hacerse más eficientes instalando sistemas de alta tecnología para poder competir.
- C. Sí, porque las nuevas industrias del país producirán alta tecnología. La demanda de esos productos creará nuevos puestos de trabajo.
- D. Sí. Habrá muchos nuevos puestos de trabajo. Se necesitará gente especialmente preparada para mantener y reparar la nueva tecnología y para desarrollar nuevas clases de industrias de alta tecnología.
- E. Sí. Se necesitará gente especialmente preparada para mantener y reparar la nueva tecnología, PERO esto sólo cambiará algunos puestos de trabajo. En total, el número de puestos de trabajo será aproximadamente el mismo.
- F. No. Sólo se crearán unos pocos puestos de trabajo. Se perderán más trabajos a causa de la mecanización e informatización de la alta tecnología.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 654



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | | | 3 | 2 | | | | |
| ... 1.1% | | | | 1.9% | .7% | | | | |
| 2.... | 25 | 8 | 4 | 8 | 17 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| ... 5.7% | 5.1% | 7.7% | 4.9% | 6.2% | 5.6% | 4.6% | 9.1% | 5.3% | |
| 3.... | 8 | 2 | 2 | 2 | 6 | | | 1 | 1 |
| ... 1.8% | 1.3% | 3.8% | 1.2% | 2.2% | 2.8% | | 3.0% | 5.3% | |
| A.... | 14 | 3 | 4 | 4 | 10 | | 3 | 3 | 1 |
| ... 3.2% | 1.9% | 7.7% | 2.5% | 3.7% | | 3.4% | 9.1% | 5.3% | |
| B.... | 18 | 3 | 2 | 9 | 3 | | | | 2 |
| ... 4.1% | 1.9% | 3.8% | 5.6% | 3.3% | 4.2% | | | 10.5% | |
| C.... | 14 | 1 | 2 | 5 | 9 | 1 | | 1 | 1 |
| ... 3.2% | .6% | 3.8% | 3.1% | 3.3% | 1.4% | | 3.0% | 5.3% | |
| D.... | 36 | 10 | 4 | 10 | 26 | 7 | 3 | 3 | 1 |
| ... 8.3% | 6.3% | 7.7% | 6.2% | 9.5% | 9.9% | 3.4% | 9.1% | 5.3% | |
| E.... | 102 | 37 | 16 | 30 | 72 | 15 | 22 | 11 | 5 |
| ... 23.4% | 23.4% | 30.8% | 18.5% | 26.4% | 21.1% | 25.3% | 33.3% | 26.3% | |
| F.... | 213 | 94 | 18 | 91 | 122 | 39 | 55 | 11 | 7 |
| ... 49.0% | 59.5% | 34.6% | 56.2% | 44.7% | 54.9% | 63.2% | 33.3% | 36.8% | |
| Total | 435 | 158 | 52 | 162 | 273 | 71 | 87 | 33 | 19 |

40531 Más tecnología mejorará el nivel de vida de nuestro país.

- A. Sí, porque la tecnología siempre ha mejorado el nivel de vida, y no hay razón para que no lo haga ahora.
- B. Sí, porque cuanto más sabemos, mejor podemos resolver nuestros problemas y cuidarnos de nosotros mismos.
- C. Sí, porque la tecnología crea trabajo y prosperidad. La tecnología ayuda a hacer la vida, más agradable, más eficiente y más divertida.
- D. Sí, pero sólo para aquellos que pueden usarla. Más tecnología destruirá puestos de trabajo y causará que haya más gente por debajo de la línea de pobreza.
- E. Sí y no. Más tecnología haría la vida más agradable y más eficiente, PERO también causaría más contaminación, desempleo y otros problemas. El nivel de vida puede mejorar, pero la calidad de vida puede que no.
- F. No, porque somos irresponsables con la tecnología que tenemos ahora; por ejemplo, nuestra producción de armas y el uso de los recursos naturales.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 669

| | | |
|------|---|-----|
| 1.3 | 2 | 9 |
| 3.7 | 3 | 25 |
| 5.7 | A | 38 |
| 5.8 | B | 39 |
| 3.6 | C | 24 |
| 7.0 | D | 47 |
| 62.3 | E | 417 |
| 10.5 | F | 70 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 8 | | | 2 | 6 | | | | |
| ... 1.7% | | | | 1.1% | 2.2% | | | | |
| 3.... | 10 | 13 | 2 | 5 | 5 | 6 | 7 | 2 | |
| ... 2.2% | 8.6% | 4.3% | 2.7% | 1.8% | 9.1% | 8.2% | 8.3% | | |
| A.... | 26 | 6 | 3 | 17 | 9 | 5 | 1 | | 3 |
| ... 5.7% | 4.0% | 6.5% | 9.3% | 3.2% | 7.6% | 1.2% | | 13.6% | |
| B.... | 24 | 9 | 6 | 8 | 16 | 5 | 4 | 2 | 4 |
| ... 5.2% | 6.0% | 13.0% | 4.4% | 5.8% | 7.6% | 4.7% | 8.3% | 18.2% | |
| C.... | 17 | 4 | 3 | 9 | 8 | 1 | 3 | 3 | |
| ... 3.7% | 2.6% | 6.5% | 4.9% | 2.9% | 1.5% | 3.5% | 12.5% | | |
| D.... | 31 | 10 | 4 | 15 | 16 | 4 | 6 | 3 | 1 |
| ... 6.7% | 6.6% | 8.7% | 8.2% | 5.8% | 6.1% | 7.1% | 12.5% | 4.5% | |
| E.... | 294 | 95 | 23 | 106 | 188 | 43 | 52 | 12 | 11 |
| ... 63.9% | 62.9% | 50.0% | 58.2% | 67.6% | 65.2% | 61.2% | 50.0% | 50.0% | |
| F.... | 50 | 14 | 5 | 20 | 30 | 2 | 12 | 2 | 3 |
| ... 10.9% | 9.3% | 10.9% | 11.0% | 10.8% | 3.0% | 14.1% | 8.3% | 13.6% | |
| Total | 460 | 151 | 46 | 182 | 278 | 66 | 85 | 24 | 22 |

40611 *Los países más poderosos del mundo tienen poderío militar por su superior nivel de ciencia y tecnología.*

El poderío militar depende en gran medida de la ciencia y la tecnología:

- A. porque cuanto mayor es el desarrollo de la ciencia y la tecnología, más moderno, preciso y destructivo es el armamento.
- B. porque los militares son muy escuchados por el gobierno, e insisten en usar la ciencia y la tecnología para construir su poderío.
- C. porque cuanto más avanzadas son la ciencia y la tecnología de un país, más rico es el país. Su dinero puede ser gastado en hacer más fuerte el ejército.
- D. El poderío militar depende no sólo de la ciencia y la tecnología para armas potentes, sino también del tamaño del ejército.
- E. El poderío militar depende en parte de la ciencia y la tecnología y en parte de las decisiones del gobierno para desarrollar armas que aumenten su poder.
- F. El poderío militar no depende de la ciencia y la tecnología, sino del gobierno. Algunos países fuertes en ciencia y tecnología tienen ejércitos débiles (por ejemplo, Japón). Algunos países que tienen ejércitos fuertes son débiles en ciencia y tecnología (por ejemplo, China).

Alumnado N = 710 Casos válidos: 710

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .4 | 1 | 3 | |
| 4.1 | 2 | 29 | |
| 1.1 | 3 | 8 | |
| 18.5 | A | 131 | |
| 1.8 | B | 13 | |
| 8.2 | C | 58 | |
| 4.4 | D | 31 | |
| 36.3 | E | 258 | |
| 25.2 | F | 179 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 1 | 2 | | | | |
| ... | .6% | | | .5% | .7% | | | | |
| 2.... | 25 | 1 | 2 | 1 | 24 | 1 | | 1 | 1 |
| ... | 5.1% | .6% | 4.1% | .5% | 7.9% | 1.5% | | 3.2% | 5.6% |
| 3.... | 6 | 2 | | 2 | 4 | 2 | | | |
| ... | 1.2% | 1.3% | | 1.1% | 1.3% | 2.9% | | | |
| A.... | 94 | 25 | 7 | 48 | 46 | 15 | 10 | 5 | 2 |
| ... | 19.3% | 15.8% | 14.3% | 26.2% | 15.2% | 22.1% | 11.1% | 16.1% | 11.1% |
| B.... | 10 | 2 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 1 | |
| ... | 2.1% | 1.3% | 2.0% | 2.7% | 1.7% | 1.5% | 1.1% | 3.2% | |
| C.... | 38 | 16 | 3 | 16 | 22 | 9 | 7 | 2 | 1 |
| ... | 7.8% | 10.1% | 6.1% | 8.7% | 7.3% | 13.2% | 7.8% | 6.5% | 5.6% |
| D.... | 26 | 4 | 1 | 10 | 16 | 2 | 2 | 1 | |
| ... | 5.3% | 2.5% | 2.0% | 5.5% | 5.3% | 2.9% | 2.2% | 3.2% | |
| E.... | 161 | 64 | 26 | 58 | 103 | 19 | 45 | 16 | 10 |
| ... | 33.1% | 40.5% | 53.1% | 31.7% | 34.0% | 27.9% | 50.0% | 51.6% | 55.6% |
| F.... | 123 | 44 | 9 | 42 | 81 | 19 | 25 | 5 | 4 |
| ... | 25.3% | 27.8% | 18.4% | 23.0% | 26.7% | 27.9% | 27.8% | 16.1% | 22.2% |
| Total | 486 | 158 | 49 | 183 | 303 | 68 | 90 | 31 | 18 |

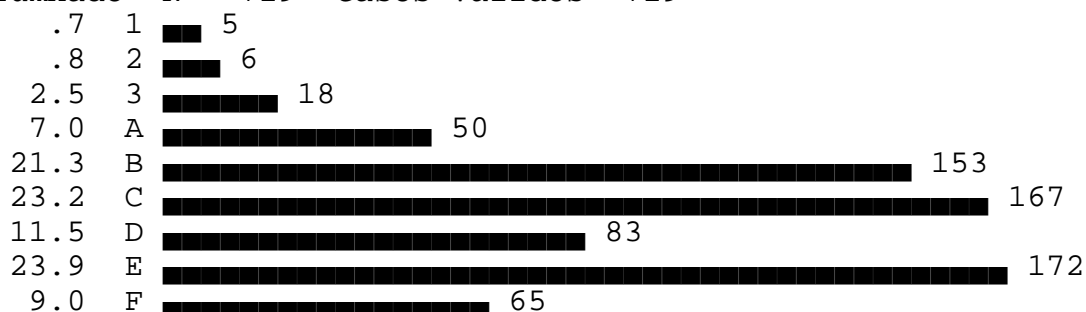
40711 *La ciencia y la tecnología influyen en nuestro pensamiento diario porque la ciencia y la tecnología nos dan nuevas palabras e ideas.*

- A. Sí, porque cuanto más se aprende sobre ciencia y tecnología, más crece el vocabulario, y por tanto, más información se puede aplicar a los problemas diarios.
- B. Sí, porque usamos los productos de la ciencia y la tecnología (por ejemplo, ordenadores, microondas, cuidado de la salud). Los nuevos productos añaden nuevas palabras a nuestro vocabulario y cambian la forma en que pensamos sobre los asuntos diarios.
- C. La ciencia y la tecnología influyen sobre nuestro pensamiento, PERO la influencia es principalmente de nuevas ideas, inventos y técnicas que amplían nuestro pensamiento.

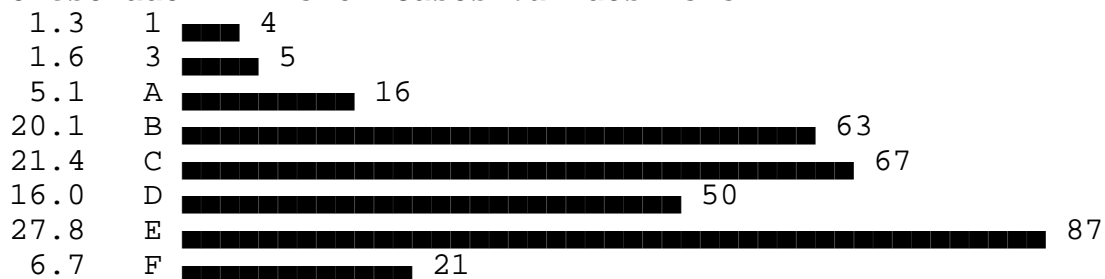
La ciencia y la tecnología son las influencias más poderosas en nuestra vida diaria, no a causa de palabras e ideas:

- D. sino porque casi todo lo que hacemos, y todo lo que nos rodea ha sido de alguna manera inventado por la ciencia y la tecnología.
- E. sino porque la ciencia y la tecnología han cambiado el estilo de vida.
- F. No, porque nuestro pensamiento diario es influenciado principalmente por cosas no científicas. La ciencia y la tecnología sólo influyen sobre unas pocas ideas.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719



Profesorado N = 318 Casos válidos: 313



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 1 | | 3 | 1 | | | | |
| ... | .6% | .6% | | 1.0% | 1.4% | | | | |
| 2.... | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | | | 1 | |
| ... | .8% | .6% | 2.3% | 1.6% | .3% | 1.4% | | 4.2% | |
| 3.... | 13 | 4 | | 6 | 7 | | 4 | | |
| ... | 2.7% | 2.3% | | 3.3% | 2.3% | | 3.8% | | |
| A.... | 40 | 9 | | 19 | 21 | 4 | 5 | | |
| ... | 8.3% | 5.1% | | 10.4% | 7.0% | 5.6% | 4.8% | | |
| B.... | 109 | 31 | 8 | 44 | 65 | 14 | 17 | 5 | 3 |
| ... | 22.6% | 17.5% | 18.6% | 24.0% | 21.7% | 19.4% | 16.2% | 20.8% | 15.8% |
| C.... | 103 | 48 | 12 | 42 | 61 | 20 | 28 | 5 | 7 |
| ... | 21.4% | 27.1% | 27.9% | 23.0% | 20.4% | 27.8% | 26.7% | 20.8% | 36.8% |
| D.... | 52 | 20 | 9 | 21 | 31 | 4 | 16 | 6 | 3 |
| ... | 10.8% | 11.3% | 20.9% | 11.5% | 10.4% | 5.6% | 15.2% | 25.0% | 15.8% |
| E.... | 115 | 47 | 8 | 31 | 84 | 22 | 25 | 4 | 4 |
| ... | 23.9% | 26.6% | 18.6% | 16.9% | 28.1% | 30.6% | 23.8% | 16.7% | 21.1% |
| F.... | 43 | 16 | 5 | 17 | 26 | 6 | 10 | 3 | 2 |
| ... | 8.9% | 9.0% | 11.6% | 9.3% | 8.7% | 8.3% | 9.5% | 12.5% | 10.5% |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

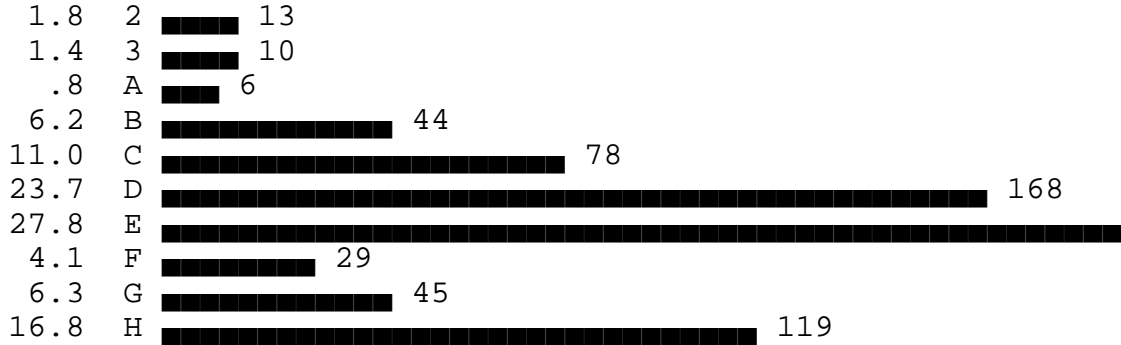
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | 1 | | | | | |
| ... | 2.2% | | | 1.6% | | | | | |
| 3.... | 1 | | 1 | | | 1 | | 2 | |
| ... | .7% | | 20.0% | | | 1.7% | | 11.1% | |
| A.... | 12 | | | 1 | | 2 | | 1 | |
| ... | 8.9% | | | 1.6% | | 3.4% | | 5.6% | |
| B.... | 25 | 2 | 2 | 15 | 2 | 11 | | 2 | 4 |
| ... | 18.5% | 33.3% | 40.0% | 23.8% | 10.5% | 19.0% | | 33.3% | 22.2% |
| C.... | 28 | 1 | 1 | 18 | 4 | 10 | 1 | 2 | 2 |
| ... | 20.7% | 16.7% | 20.0% | 28.6% | 21.1% | 17.2% | 33.3% | 33.3% | 11.1% |
| D.... | 21 | | 1 | 9 | 3 | 10 | 1 | 1 | 4 |
| ... | 15.6% | | 20.0% | 14.3% | 15.8% | 17.2% | 33.3% | 16.7% | 22.2% |
| E.... | 38 | 2 | | 14 | 10 | 16 | 1 | 1 | 5 |
| ... | 28.1% | 33.3% | | 22.2% | 52.6% | 27.6% | 33.3% | 16.7% | 27.8% |
| F.... | 7 | 1 | | 5 | | 8 | | | |
| ... | 5.2% | 16.7% | | 7.9% | | 13.8% | | | |
| Total | 135 | 6 | 5 | 63 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

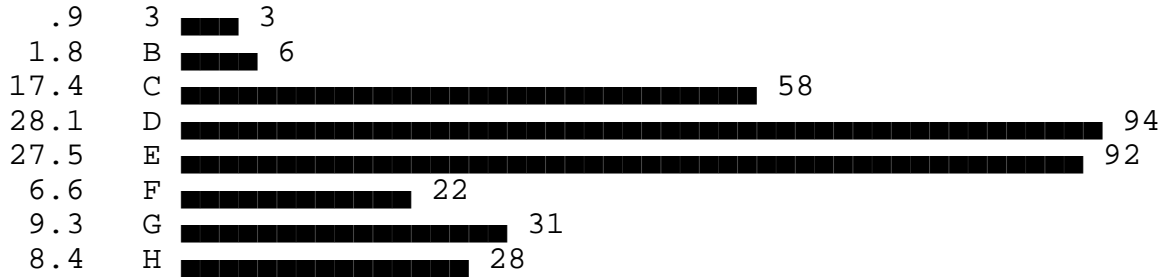
40811 ¿La tecnología influye sobre la sociedad?

- A. La tecnología no influye en gran medida sobre la sociedad.
- B. La tecnología hace la vida más fácil.
- C. La tecnología forma parte de todos los aspectos de nuestras vidas, desde el nacimiento hasta la muerte.
- D. La tecnología influye sobre la sociedad por la manera en que la sociedad emplea la tecnología.
- E. La tecnología ofrece a la sociedad los medios para mejorarse o destruirse a sí misma, dependiendo de como se lleva a cabo.
- F. La sociedad cambia como resultado de aceptar una tecnología.
- G. La tecnología ofrece a la ciencia las herramientas y las técnicas que hacen moderna una sociedad.
- H. La tecnología parece mejorar la calidad de vida a primera vista, pero por debajo contribuye al deterioro del medio ambiente.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709



Profesorado N = 336 Casos válidos: 334



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 12 | 1 | | 3 | 9 | 1 | | | |
| ... | 2.6% | .5% | | 1.6% | 3.2% | 1.3% | | | |
| 3.... | 6 | 4 | | | 6 | 3 | 1 | | |
| ... | 1.3% | 2.2% | | | 2.1% | 3.8% | 1.0% | | |
| A.... | 5 | 1 | | 2 | 3 | | 1 | | |
| ... | 1.1% | .5% | | 1.1% | 1.1% | | 1.0% | | |
| B.... | 36 | 4 | 2 | 18 | 18 | 3 | | 1 | 1 |
| ... | 7.7% | 2.2% | 3.6% | 9.8% | 6.4% | 3.8% | 1.0% | 3.1% | 4.3% |
| C.... | 46 | 20 | 11 | 20 | 26 | 9 | 11 | 8 | 3 |
| ... | 9.9% | 10.9% | 20.0% | 10.9% | 9.2% | 11.4% | 10.6% | 25.0% | 13.0% |
| D.... | 109 | 44 | 15 | 39 | 70 | 19 | 25 | 7 | 8 |
| ... | 23.4% | 24.0% | 27.3% | 21.3% | 24.8% | 24.1% | 24.0% | 21.9% | 34.8% |
| E.... | 117 | 63 | 17 | 41 | 76 | 23 | 40 | 9 | 8 |
| ... | 25.2% | 34.4% | 30.9% | 22.4% | 27.0% | 29.1% | 38.5% | 28.1% | 34.8% |
| F.... | 17 | 10 | 2 | 8 | 9 | 5 | 5 | 1 | 1 |
| ... | 3.7% | 5.5% | 3.6% | 4.4% | 3.2% | 6.3% | 4.8% | 3.1% | 4.3% |
| G.... | 26 | 12 | 6 | 18 | 8 | 7 | 5 | 4 | 2 |
| ... | 5.6% | 6.6% | 10.9% | 9.8% | 2.8% | 8.9% | 4.8% | 12.5% | 8.7% |
| H.... | 91 | 24 | 2 | 34 | 57 | 9 | 15 | 2 | |
| ... | 19.6% | 13.1% | 3.6% | 18.6% | 20.2% | 11.4% | 14.4% | 6.3% | |
| Total | 465 | 183 | 55 | 183 | 282 | 79 | 104 | 32 | 23 |

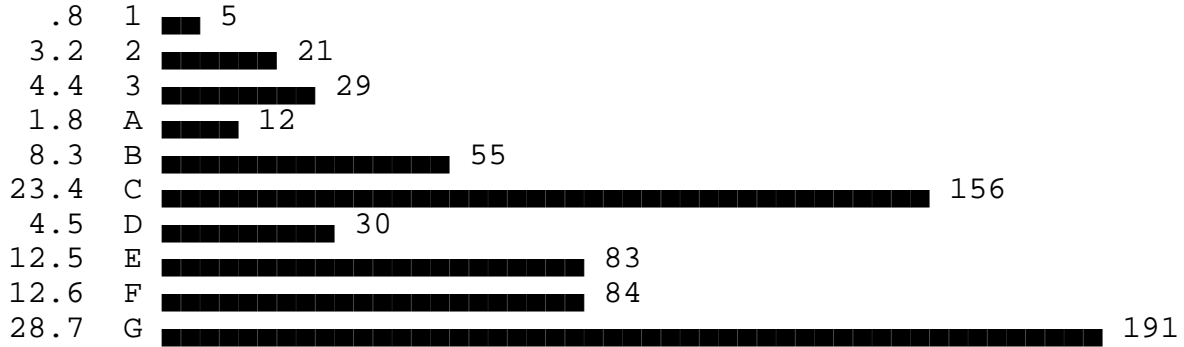
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | | | | 2 | | | | | 1 |
| ... | | | | 2.4% | | | | | 5.6% |
| B.... | 4 | | | | | 1 | | 1 | |
| ... | 3.0% | | | | | 2.0% | | 7.7% | |
| C.... | 12 | 4 | | 16 | 4 | 12 | 3 | 4 | 3 |
| ... | 8.9% | 36.4% | | 19.0% | 28.6% | 23.5% | 42.9% | 30.8% | 16.7% |
| D.... | 44 | 2 | | 19 | 2 | 17 | 2 | 1 | 7 |
| ... | 32.6% | 18.2% | | 22.6% | 14.3% | 33.3% | 28.6% | 7.7% | 38.9% |
| E.... | 43 | 2 | | 28 | 4 | 5 | 2 | 5 | 3 |
| ... | 31.9% | 18.2% | | 33.3% | 28.6% | 9.8% | 28.6% | 38.5% | 16.7% |
| F.... | 2 | 1 | 1 | 11 | | 6 | | | 1 |
| ... | 1.5% | 9.1% | 100% | 13.1% | | 11.8% | | | 5.6% |
| G.... | 16 | | | 4 | 3 | 5 | | 1 | 2 |
| ... | 11.9% | | | 4.8% | 21.4% | 9.8% | | 7.7% | 11.1% |
| H.... | 14 | 2 | | 4 | 1 | 5 | | 1 | 1 |
| ... | 10.4% | 18.2% | | 4.8% | 7.1% | 9.8% | | 7.7% | 5.6% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 84 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

40821 ¿La ciencia influye sobre la sociedad?

- A. La ciencia no influye en gran medida sobre la sociedad.
- B. La ciencia influye directamente sólo a aquellas personas de la sociedad que están interesadas en la ciencia.
- C. La ciencia está disponible para el uso y beneficio de todos.
- D. La ciencia da poder a la gente con el conocimiento sobre el mundo.
- E. La ciencia ha fomentado la perspectiva del mundo "moderno" haciendo más permeable la sociedad.
- F. La ciencia estimula a la sociedad para buscar más conocimiento.
- G. La ciencia influye sobre la sociedad a través de la tecnología.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 666



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 5 | | | 2 | 3 | | | | |
| ... 1.1% | | | | 1.3% | 1.1% | | | | |
| 2.... | 18 | 2 | | 7 | 11 | 1 | 1 | | |
| ... 4.1% | 1.2% | | | 4.5% | 3.9% | 1.4% | 1.1% | | |
| 3.... | 21 | 6 | 2 | 6 | 15 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| ... 4.8% | 3.6% | 3.9% | 3.9% | 3.9% | 5.3% | 5.4% | 2.2% | 3.1% | 5.3% |
| A.... | 9 | 1 | 2 | 5 | 4 | | 1 | 2 | |
| ... 2.0% | .6% | 3.9% | 3.2% | 1.4% | | | 1.1% | 6.3% | |
| B.... | 42 | 10 | 3 | 16 | 26 | 3 | 7 | 1 | 2 |
| ... 9.5% | 6.1% | 5.9% | 10.3% | 9.1% | 4.1% | 7.7% | 3.1% | 10.5% | |
| C.... | 99 | 38 | 17 | 35 | 64 | 21 | 17 | 12 | 5 |
| ... 22.5% | 23.0% | 33.3% | 22.6% | 22.5% | 28.4% | 18.7% | 37.5% | 26.3% | |
| D.... | 26 | 3 | 1 | 5 | 21 | 2 | 1 | | 1 |
| ... 5.9% | 1.8% | 2.0% | 3.2% | 7.4% | 2.7% | 1.1% | | 5.3% | |
| E.... | 54 | 21 | 6 | 26 | 28 | 10 | 11 | 5 | 1 |
| ... 12.3% | 12.7% | 11.8% | 16.8% | 9.8% | 13.5% | 12.1% | 15.6% | 5.3% | |
| F.... | 53 | 23 | 7 | 10 | 43 | 4 | 19 | 3 | 4 |
| ... 12.0% | 13.9% | 13.7% | 6.5% | 15.1% | 5.4% | 20.9% | 9.4% | 21.1% | |
| G.... | 113 | 61 | 13 | 43 | 70 | 29 | 32 | 8 | 5 |
| ... 25.7% | 37.0% | 25.5% | 27.7% | 24.6% | 39.2% | 35.2% | 25.0% | 26.3% | |
| Total | 440 | 165 | 51 | 155 | 285 | 74 | 91 | 32 | 19 |

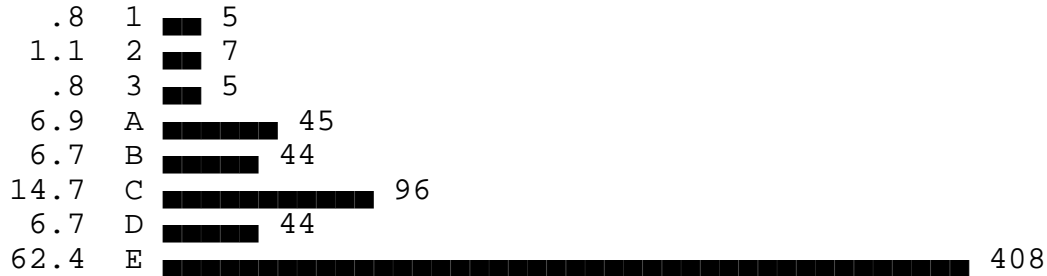
50111 Parece que existen dos clases de personas, las que entienden las ciencias y las que entienden las letras (por ejemplo, literatura, historia, economía, leyes). Pero si todos estudiaran más ciencias, entonces todos comprenderían las ciencias.

- A. EXISTEN estos dos tipos de personas. Si las personas de letras estudiaran más ciencias llegarían a comprender la ciencia también, porque cuanto más estudias algo, más te llega a gustar y a comprenderlo.

EXISTEN estos dos tipos de personas, pero aunque las personas de letras estudiaran más ciencias, NO necesariamente llegarían a comprenderla mejor:

- B. porque pueden no tener la capacidad o el talento para comprender ciencia. Estudiar no les dará esta facultad.
 C. porque pueden no estar interesados en la ciencia. Estudiar no cambiará su interés.
 D. porque pueden no estar orientados o inclinados hacia la ciencia. Estudiar ciencia no cambiará el tipo de persona que eres.
 E. No existen sólo estos dos tipos de personas. Hay tantas clases de personas como preferencias individuales posibles, incluyendo la gente que entiende ambas, ciencias y letras.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 654



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 2 | | 2 | 1 | 1 | 1 | | |
|7% | | 1.3% | | 1.2% | .4% | 1.4% | 1.1% | | |
| 2.... | 7 | | | 5 | 2 | | | | |
| ... 1.6% | | | | 3.1% | .7% | | | | |
| 3.... | 5 | | | 3 | 2 | | | | |
| ... 1.1% | | | | 1.9% | .7% | | | | |
| A.... | 34 | 6 | 4 | 23 | 11 | 5 | 1 | 2 | 2 |
| ... 7.8% | 3.8% | 7.5% | 14.2% | 4.0% | 7.1% | 1.1% | 5.9% | 10.5% | |
| B.... | 35 | 4 | 3 | 16 | 19 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| ... 8.0% | 2.5% | 5.7% | 9.9% | 7.0% | 2.9% | 2.3% | 2.9% | 10.5% | |
| C.... | 74 | 17 | 5 | 33 | 41 | 8 | 9 | 4 | 1 |
| ... 17.0% | 10.8% | 9.4% | 20.4% | 15.0% | 11.4% | 10.3% | 11.8% | 5.3% | |
| D.... | 30 | 11 | 3 | 12 | 18 | 5 | 6 | 2 | 1 |
| ... 6.9% | 7.0% | 5.7% | 7.4% | 6.6% | 7.1% | 6.9% | 5.9% | 5.3% | |
| E.... | 247 | 117 | 38 | 68 | 179 | 49 | 68 | 25 | 13 |
| ... 56.8% | 74.5% | 71.7% | 42.0% | 65.6% | 70.0% | 78.2% | 73.5% | 68.4% | |
| Total | 435 | 157 | 53 | 162 | 273 | 70 | 87 | 34 | 19 |

50211 *Las clases de ciencias me han dado la confianza para resolver cosas y decidir si algo (por ejemplo, un anuncio) es verdad o no. Debido a las clases de ciencias he llegado a ser un comprador mejor.*

Las clases de ciencias me han ayudado a ser un comprador mejor:

- A. porque la ciencia me ha dado hechos e ideas valiosos.
- B. porque la ciencia enseña el método científico para resolver cosas.
- C. porque la ciencia enseña hechos valiosos y el método científico para resolver cosas.
- D. porque aprender sobre los productos del mercado es parte de lo que se hace en clase de ciencias.

Las clases de ciencias NO me han ayudado a ser un comprador mejor:

- E. aunque la ciencia enseña hechos valiosos y el método científico.
- F. porque los consumidores están influenciados por su educación, su familia o lo que oyen o ven. Los consumidores no están influenciados por la ciencia.
- G. porque las clases de ciencias no tienen nada que ver con los consumidores o el mundo real. Por ejemplo, la fotosíntesis, los átomos y la densidad no me ayudan a tomar mejores decisiones como consumidor.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 668

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .4 | 1 | 3 | |
| 1.9 | 2 | 13 | |
| 6.4 | 3 | 43 | |
| 9.7 | A | 65 | |
| 3.3 | B | 22 | |
| 6.9 | C | 46 | |
| 6.3 | D | 42 | |
| 11.7 | E | 78 | |
| 34.0 | F | 227 | |
| 19.3 | G | 129 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Exposición a la ciencia | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--|
| | | | | Baja | | Media | | Alta | | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | |
| 1.... | 3 | | | 3 | | | | | | |
| ... | .7% | | | 1.6% | | | | | | |
| 2.... | 10 | 3 | | 3 | 7 | 2 | 1 | | | |
| ... | 2.2% | 2.0% | | 1.6% | 2.5% | 3.0% | 1.2% | | | |
| 3.... | 27 | 14 | 1 | 11 | 16 | 4 | 10 | 1 | | |
| ... | 5.9% | 9.3% | 2.2% | 6.0% | 5.8% | 6.1% | 11.8% | 4.2% | | |
| A.... | 43 | 14 | 6 | 18 | 25 | 5 | 9 | 2 | 4 | |
| ... | 9.4% | 9.3% | 13.0% | 9.9% | 9.0% | 7.6% | 10.6% | 8.3% | 18.2% | |
| B.... | 10 | 7 | 4 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | |
| ... | 2.2% | 4.6% | 8.7% | 3.3% | 1.4% | 6.1% | 3.5% | 12.5% | 4.5% | |
| C.... | 26 | 11 | 7 | 12 | 14 | 7 | 4 | 4 | 3 | |
| ... | 5.7% | 7.3% | 15.2% | 6.6% | 5.1% | 10.6% | 4.7% | 16.7% | 13.6% | |
| D.... | 31 | 8 | 3 | 20 | 11 | 3 | 5 | 1 | 2 | |
| ... | 6.8% | 5.3% | 6.5% | 11.0% | 4.0% | 4.5% | 5.9% | 4.2% | 9.1% | |
| E.... | 52 | 20 | 6 | 16 | 36 | 13 | 7 | 5 | 1 | |
| ... | 11.3% | 13.2% | 13.0% | 8.8% | 13.0% | 19.7% | 8.2% | 20.8% | 4.5% | |
| F.... | 151 | 56 | 16 | 58 | 93 | 22 | 34 | 7 | 9 | |
| ... | 32.9% | 37.1% | 34.8% | 31.9% | 33.6% | 33.3% | 40.0% | 29.2% | 40.9% | |
| G.... | 106 | 18 | 3 | 35 | 71 | 6 | 12 | 1 | 2 | |
| ... | 23.1% | 11.9% | 6.5% | 19.2% | 25.6% | 9.1% | 14.1% | 4.2% | 9.1% | |
| Total | 459 | 151 | 46 | 182 | 277 | 66 | 85 | 24 | 22 | |

50311 Los programas de ciencias de TV (por ejemplo, Cosmos, El hombre y la tierra, National Geographic, Planeta Terra, El mundo submarino de Cousteau, Más allá del 2000 etc.) dan una imagen más exacta de lo que es realmente la ciencia, comparada con la imagen ofrecida por las clases de ciencias.

Los programas de TV dan una imagen más exacta:

- A. porque muestran todas las caras de la ciencia. En las clases de ciencias, no puedes tener la imagen global por las predisposiciones del profesor.
- B. porque están más actualizados en los temas que desarrollan.
- C. porque usan imágenes. Las imágenes suelen describir los acontecimientos más claramente que las palabras.
- D. porque se concentran más en los nuevos desarrollos que muestran como la ciencia se usa en el mundo real. Las clases de ciencias sólo te dan apuntes y problemas, leyes y teorías que no se aplican en la vida diaria.
- E. Ambos, los programas de TV y las clases de ciencias dan imágenes exactas de la ciencia. Los programas de TV se concentran más en los nuevos desarrollos que muestran como se aplica la ciencia en el mundo real. Las clases de ciencias se concentran más en los principios fundamentales que ayudan a explicar lo que cuentan los programas de TV.
- F. Ninguno, ni los programas de TV ni las clases de ciencias dan imágenes exactas de la ciencia. Los programas de TV exageran, distorsionan y simplifican en exceso. Las clases de ciencias sólo dan apuntes, problemas y detalles que no se aplican en la vida diaria.

Las clases de ciencias dan una imagen más exacta porque dan hechos, explicaciones y la posibilidad de hacerlo tú mismo estudiando ciencias paso a paso (esto es, aprendes realmente como se hace la ciencia). Los programas de TV:

- G. sólo dan ejemplos específicos y sencillos, aunque son interesantes de ver. Estos ejemplos producen una visión reducida de la ciencia.
- H. básicamente dan a la gente lo que quiere ver: discusiones, opiniones, exageraciones y explicaciones sencillas.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709

| | | |
|------|---|-----|
| .8 | 1 | 6 |
| 2.8 | 2 | 20 |
| 2.1 | 3 | 15 |
| 4.5 | A | 32 |
| 1.0 | B | 7 |
| 18.3 | C | 130 |
| 11.8 | D | 84 |
| 45.3 | E | 321 |
| 7.3 | F | 52 |
| 4.7 | G | 33 |
| 1.3 | H | 9 |

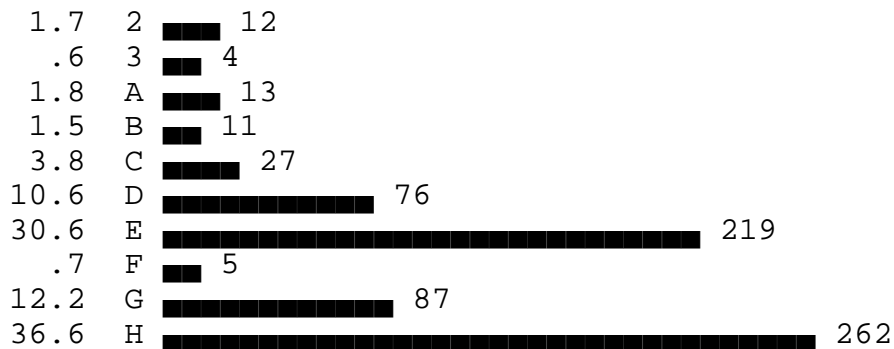
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | Alta | | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | | 1 | 3 | 2 | | | 1 | |
| ... 1.0% | | | 2.0% | 1.6% | .7% | | | 3.2% | |
| 2.... | 17 | 2 | 1 | 9 | 8 | 1 | 1 | 1 | |
| ... 3.5% | 1.3% | 2.0% | 4.9% | 2.6% | 1.5% | 1.1% | 3.2% | | |
| 3.... | 9 | 4 | 1 | | 9 | 3 | 1 | 1 | |
| ... 1.9% | 2.5% | 2.0% | | 3.0% | 4.4% | 1.1% | 3.2% | | |
| A.... | 27 | 4 | 1 | 17 | 10 | 2 | 2 | 1 | |
| ... 5.6% | 2.5% | 2.0% | 9.3% | 3.3% | 2.9% | 2.2% | 3.2% | | |
| B.... | 6 | | | 3 | 3 | | | | |
| ... 1.2% | | | 1.6% | 1.0% | | | | | |
| C.... | 97 | 24 | 7 | 41 | 56 | 14 | 10 | 5 | 2 |
| ... 20.0% | 15.2% | 14.3% | 22.4% | 18.5% | 20.6% | 11.1% | 16.1% | 11.1% | |
| D.... | 65 | 14 | 3 | 25 | 40 | 7 | 7 | 3 | |
| ... 13.4% | 8.9% | 6.1% | 13.7% | 13.2% | 10.3% | 7.8% | 9.7% | | |
| E.... | 198 | 89 | 26 | 61 | 137 | 34 | 55 | 13 | 13 |
| ... 40.8% | 56.3% | 53.1% | 33.3% | 45.4% | 50.0% | 61.1% | 41.9% | 72.2% | |
| F.... | 35 | 11 | 6 | 13 | 22 | 3 | 8 | 5 | 1 |
| ... 7.2% | 7.0% | 12.2% | 7.1% | 7.3% | 4.4% | 8.9% | 16.1% | 5.6% | |
| G.... | 19 | 8 | 3 | 10 | 9 | 3 | 5 | 1 | 2 |
| ... 3.9% | 5.1% | 6.1% | 5.5% | 3.0% | 4.4% | 5.6% | 3.2% | 11.1% | |
| H.... | 7 | 2 | | 1 | 6 | 1 | 1 | | |
| ... 1.4% | 1.3% | | .5% | 2.0% | 1.5% | 1.1% | | | |
| Total | 485 | 158 | 49 | 183 | 302 | 68 | 90 | 31 | 18 |

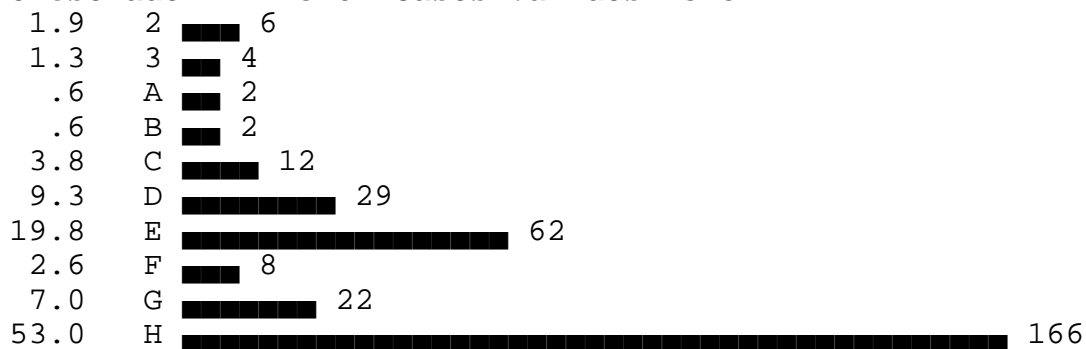
60111 La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse mucho en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:

- A. ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría.
- B. ganar dinero, porque la sociedad presiona a los científicos a esforzarse por recompensas económicas.
- C. adquirir un poco de fama, dinero y poder, porque los científicos son como todos los demás.
- D. satisfacer su curiosidad sobre el mundo natural, porque les gusta aprender más y resolver los misterios del universo físico y biológico.
- E. resolver curiosos problemas para conocimiento personal y descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, curas médicas, soluciones a la contaminación, etc.). Todo esto junto representa la principal motivación de la mayoría de los científicos.
- F. desinteresadamente inventar y descubrir nuevas cosas para la ciencia y la tecnología.
- G. descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, curas médicas, soluciones a la contaminación, etc.)
- H. No es posible generalizar porque la motivación principal de los científicos varía de un científico a otro.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 716



Profesorado N = 318 Casos válidos: 313



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 11 | 1 | | 4 | 7 | 1 | | | |
| ... | 2.3% | .6% | | 2.2% | 2.4% | 1.4% | | | |
| 3.... | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 1 | | |
| ... | .2% | 1.1% | | .5% | | 1.4% | 1.0% | | |
| A.... | 10 | 2 | 1 | 7 | 3 | 2 | | 1 | |
| ... | 2.1% | 1.1% | 2.3% | 3.8% | 1.0% | 2.8% | | 4.2% | |
| B.... | 9 | 1 | 1 | 6 | 3 | | 1 | 1 | |
| ... | 1.9% | .6% | 2.3% | 3.3% | 1.0% | | 1.0% | 4.2% | |
| C.... | 19 | 6 | 1 | 10 | 9 | 5 | 1 | 1 | |
| ... | 4.0% | 3.4% | 2.3% | 5.5% | 3.0% | 7.0% | 1.0% | 4.2% | |
| D.... | 44 | 22 | 10 | 22 | 22 | 13 | 9 | 5 | 5 |
| ... | 9.2% | 12.5% | 23.3% | 12.0% | 7.4% | 18.3% | 8.6% | 20.8% | 26.3% |
| E.... | 148 | 58 | 7 | 48 | 100 | 16 | 42 | 4 | 3 |
| ... | 30.8% | 33.0% | 16.3% | 26.2% | 33.7% | 22.5% | 40.0% | 16.7% | 15.8% |
| F.... | 4 | 1 | | 3 | 1 | 1 | | | |
| ... | .8% | .6% | | 1.6% | .3% | 1.4% | | | |
| G.... | 67 | 17 | 2 | 19 | 48 | 3 | 14 | 2 | |
| ... | 14.0% | 9.7% | 4.7% | 10.4% | 16.2% | 4.2% | 13.3% | 8.3% | |
| H.... | 167 | 66 | 21 | 63 | 104 | 29 | 37 | 10 | 11 |
| ... | 34.8% | 37.5% | 48.8% | 34.4% | 35.0% | 40.8% | 35.2% | 41.7% | 57.9% |
| Total | 480 | 176 | 43 | 183 | 297 | 71 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| ... | 2.9% | | | 1.6% | | | 1.8% | | |
| 3.... | | 1 | | 1 | | | 2 | | |
| ... | | 16.7% | | 1.6% | | | 3.5% | | |
| A.... | | | | 1 | | | 1 | | |
| ... | | | | 1.6% | | | 1.8% | | |
| B.... | 2 | | | | | | | | |
| ... | 1.5% | | | | | | | | |
| C.... | 6 | | | 4 | | | 2 | | |
| ... | 4.4% | | | 6.5% | | | 3.5% | | |
| D.... | 11 | | 1 | 10 | 1 | | 5 | | 1 |
| ... | 8.0% | | 20.0% | 16.1% | 5.3% | | 8.8% | | 5.6% |
| E.... | 31 | 1 | | 12 | 3 | | 9 | 1 | 5 |
| ... | 22.6% | 16.7% | | 19.4% | 15.8% | | 15.8% | 33.3% | 27.8% |
| F.... | 5 | | | 1 | | | 1 | | 1 |
| ... | 3.6% | | | 1.6% | | | 1.8% | | 16.7% |
| G.... | 12 | 1 | | 3 | 1 | | 4 | 1 | |
| ... | 8.8% | 16.7% | | 4.8% | 5.3% | | 7.0% | 33.3% | |
| H.... | 66 | 3 | 4 | 29 | 14 | | 32 | 1 | 5 |
| ... | 48.2% | 50.0% | 80.0% | 46.8% | 73.7% | | 56.1% | 33.3% | 83.3% |
| Total | 137 | 6 | 5 | 62 | 19 | | 57 | 3 | 6 |

60211 *El mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer la mejor ciencia.*

- A. Los mejores científicos tienen estas características ya que de otra forma la ciencia sufriría.
- B. Los mejores científicos tienen estas características porque cuantas más características de estas se tienen, mejor ciencia se hace.
- C. Estas características no son suficientes. Los mejores científicos necesitan también otros rasgos personales tales como imaginación, inteligencia y honradez.

NO necesariamente los mejores científicos debe tener estas características:

- D. porque los mejores científicos a veces llegan a estar tan profundamente metidos, interesados o preparados en su campo, que pueden ser cerrados, parciales, subjetivos y no siempre lógicos en su trabajo.
- E. porque eso depende del carácter de cada científico. Algunos son abiertos, objetivos, etc. en su trabajo; mientras que otros pueden ser en su trabajo cerrados, subjetivos, etc.
- F. Los mejores científicos NO tienen estas características personales en mayor medida que cualquier otro científico medio. Estas características NO son necesarias para hacer ciencia.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 709

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .1 | 1 | 1 | |
| 4.5 | 2 | 32 | |
| 3.1 | 3 | 22 | |
| 3.0 | A | 21 | |
| 2.7 | B | 19 | |
| 35.7 | C | 253 | |
| 17.6 | D | 125 | |
| 25.2 | E | 179 | |
| 8.0 | F | 57 | |

Profesorado N = 336 Casos válidos: 331

| | | | |
|------|---|-----|--|
| 2.4 | 2 | 8 | |
| 3.3 | 3 | 11 | |
| 2.4 | A | 8 | |
| 1.5 | B | 5 | |
| 50.2 | C | 166 | |
| 10.6 | D | 35 | |
| 19.6 | E | 65 | |
| 10.0 | F | 33 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | | 1 | | | | 1 | | | |
| ... | | .5% | | | | 1.3% | | | |
| 2.... | 30 | 1 | 1 | 12 | 18 | | 1 | 1 | |
| ... | 6.4% | .5% | 1.8% | 6.5% | 6.4% | | 1.0% | 3.1% | |
| 3.... | 16 | 4 | 2 | 7 | 9 | | 4 | 1 | 1 |
| ... | 3.4% | 2.2% | 3.6% | 3.8% | 3.2% | | 3.8% | 3.1% | 4.3% |
| A.... | 17 | 4 | | 10 | 7 | | 4 | | |
| ... | 3.6% | 2.2% | | 5.4% | 2.5% | | 3.8% | | |
| B.... | 13 | 5 | 1 | 7 | 6 | 3 | 2 | 1 | |
| ... | 2.8% | 2.7% | 1.8% | 3.8% | 2.1% | 3.8% | 1.9% | 3.1% | |
| C.... | 150 | 74 | 25 | 68 | 82 | 34 | 40 | 12 | 13 |
| ... | 32.2% | 40.7% | 45.5% | 37.0% | 29.1% | 43.6% | 38.5% | 37.5% | 56.5% |
| D.... | 80 | 36 | 8 | 27 | 53 | 15 | 21 | 6 | 2 |
| ... | 17.2% | 19.8% | 14.5% | 14.7% | 18.8% | 19.2% | 20.2% | 18.8% | 8.7% |
| E.... | 121 | 41 | 17 | 42 | 79 | 18 | 23 | 11 | 6 |
| ... | 26.0% | 22.5% | 30.9% | 22.8% | 28.0% | 23.1% | 22.1% | 34.4% | 26.1% |
| F.... | 39 | 16 | 1 | 11 | 28 | 7 | 9 | | 1 |
| ... | 8.4% | 8.8% | 1.8% | 6.0% | 9.9% | 9.0% | 8.7% | | 4.3% |
| Total | 466 | 182 | 55 | 184 | 282 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 5 | | | 1 | 2 | | | | |
| ... | 3.7% | | | 1.2% | 14.3% | | | | |
| 3.... | 5 | | | 1 | 3 | 2 | | | |
| ... | 3.7% | | | 7.1% | 5.9% | 28.6% | | | |
| A.... | 1 | 1 | | 3 | 1 | | | | 2 |
| ... | .7% | 9.1% | | 3.7% | 2.0% | | | | 11.1% |
| B.... | 4 | | | 1 | | | | | |
| ... | 3.0% | | | 1.2% | | | | | |
| C.... | 65 | 6 | | 43 | 7 | 24 | 4 | 10 | 7 |
| ... | 48.1% | 54.5% | | 53.1% | 50.0% | 47.1% | 57.1% | 76.9% | 38.9% |
| D.... | 15 | 1 | | 9 | 1 | 5 | | 1 | 3 |
| ... | 11.1% | 9.1% | | 11.1% | 7.1% | 9.8% | | 7.7% | 16.7% |
| E.... | 28 | 1 | 1 | 14 | 3 | 11 | 1 | 2 | 4 |
| ... | 20.7% | 9.1% | 100% | 17.3% | 21.4% | 21.6% | 14.3% | 15.4% | 22.2% |
| F.... | 12 | 2 | | 10 | 7 | | | | 2 |
| ... | 8.9% | 18.2% | | 12.3% | 13.7% | | | | 11.1% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 81 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

60221 *Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo, ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo). Los científicos tienen estas características, no sólo en su trabajo, sino también en su vida familiar.*

- A. Los científicos tienen estas características en el trabajo y en su casa. Las características personales usadas por los científicos en su trabajo (por hábito o por preparación) se continúan en su vida diaria.
- B. Los científicos tienen estas características en su trabajo (son necesarias para la ciencia) pero NO necesariamente en su casa. Estas características personales a veces se prolongan en la vida diaria, pero no necesariamente para todos los científicos. Depende de cada persona.
- C. Los científicos tienen estas características en su trabajo (son necesarias para la ciencia), pero NO necesariamente en su casa. Los científicos, al ser humanos, serán como la mayoría de la gente en la vida diaria.
- D. No se puede suponer que los científicos tienen estas características en su trabajo o en su casa en mayor medida que otras personas.
- E. Los científicos no tienen estas características en su trabajo o en su casa en mayor medida que otras personas. Como los científicos están tan profundamente metidos, interesados y educados en su campo específicos, los científicos pueden ser de mentalidad estrecha, ilógicos, parciales y subjetivos.
- F. Los científicos pueden tener una mentalidad MENOS abierta porque su éxito en el trabajo depende de tener una mentalidad ilógica, única o estrecha.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 665

| | | | |
|------|---|---|-----|
| 2.1 | 1 | █ | 14 |
| 4.2 | 2 | █ | 28 |
| 1.7 | 3 | █ | 11 |
| 8.9 | A | █ | 59 |
| 31.6 | B | █ | 210 |
| 20.6 | C | █ | 137 |
| 18.2 | D | █ | 121 |
| 9.8 | E | █ | 65 |
| 3.0 | F | █ | 20 |

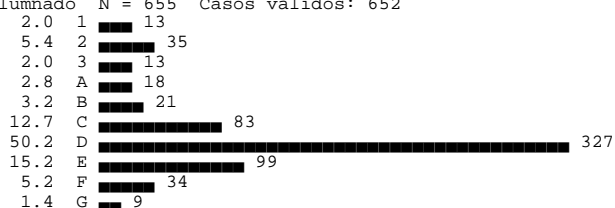
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 12 | 1 | | 9 | 3 | | | 1 | |
| ... 2.7% | .6% | | | 5.8% | 1.1% | | | 1.1% | |
| 2.... | 24 | 4 | | 9 | 15 | | 2 | 2 | |
| ... 5.5% | 2.4% | | | 5.8% | 5.3% | 2.7% | 2.2% | | |
| 3.... | 9 | 2 | | 4 | 5 | | 2 | | |
| ... 2.1% | 1.2% | | | 2.6% | 1.8% | 2.7% | | | |
| A.... | 49 | 7 | 2 | 25 | 24 | 6 | 1 | 2 | |
| ... 11.2% | 4.2% | 3.9% | 16.1% | 8.5% | 8.1% | 1.1% | 6.3% | | |
| B.... | 128 | 60 | 20 | 35 | 93 | 24 | 36 | 13 | 7 |
| ... 29.2% | 36.4% | 39.2% | 22.6% | 32.7% | 32.4% | 39.6% | 40.6% | 36.8% | |
| C.... | 92 | 33 | 10 | 27 | 65 | 14 | 19 | 5 | 5 |
| ... 21.0% | 20.0% | 19.6% | 17.4% | 22.9% | 18.9% | 20.9% | 15.6% | 26.3% | |
| D.... | 71 | 37 | 11 | 25 | 46 | 16 | 21 | 7 | 4 |
| ... 16.2% | 22.4% | 21.6% | 16.1% | 16.2% | 21.6% | 23.1% | 21.9% | 21.1% | |
| E.... | 37 | 20 | 7 | 13 | 24 | 9 | 11 | 4 | 3 |
| ... 8.4% | 12.1% | 13.7% | 8.4% | 8.5% | 12.2% | 12.1% | 12.5% | 15.8% | |
| F.... | 17 | 1 | 1 | 8 | 9 | 1 | | 1 | |
| ... 3.9% | .6% | 2.0% | 5.2% | 3.2% | 1.4% | | 3.1% | | |
| Total | 439 | 165 | 51 | 155 | 284 | 74 | 91 | 32 | 19 |

60222 *Ciertas características personales pueden ser importantes en ciencia (por ejemplo ser de mentalidad abierta, lógico, imparcial, objetivo, honrado). En su vida familiar los científicos tienen estas características personales EN MAYOR MEDIDA que otras personas en su vida familiar.*

- A. Los científicos tienen estas características en su casa más que otras personas. Las características personales usadas por los científicos en su trabajo se prolongan a su vida diaria.
- B. Los científicos tienen estas características en su casa más que otras personas. Los científicos saben más que otras personas sobre el mundo físico y este conocimiento extra realza sus características personales citadas.
- C. Los científicos tienen estas características en su casa un poquito más que otras personas. Estas características se necesitan en ciencia y se prolongan en la vida diaria para muchos científicos, pero no necesariamente para todos. Depende de cada persona.
- D. Los científicos tienen estas características en su trabajo (se necesitan para la ciencia) pero no necesariamente en casa. Los científicos, como humanos, tendrán estas características en su vida diaria en la misma medida que cualquier otra persona.
- E. No se puede suponer que los científicos tienen estas características en su trabajo o en su casa en mayor medida que otras personas.
- F. Los científicos NO tienen estas características en su trabajo o en su casa en mayor medida que otras personas. Como los científicos están tan profundamente metidos, interesados y educados en su campo específico, los científicos pueden ser de mentalidad estrecha, ilógicos, parciales y subjetivos.
- G. Los científicos tienen estas características personales MENOS e incluso tener las características opuestas (ser mentalidad abierta, ilógicos, parciales y subjetivos), por estar tan profundamente metidos, interesados y educados en su campo específico.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 652



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 13 | | | 9 | 4 | | | | |
| ... 3.0% | | | | 5.6% | 1.5% | | | | |
| 2.... | 27 | 8 | | 9 | 18 | 5 | 3 | | |
| ... 6.2% | 5.1% | | | 5.6% | 6.6% | 7.0% | 3.5% | | |
| 3.... | 6 | 5 | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 1 | |
| ... 1.4% | 3.2% | 1.9% | | 1.9% | 1.1% | 1.4% | 4.7% | 3.0% | |
| A.... | 11 | 4 | 2 | 9 | 2 | 3 | 1 | 2 | |
| ... 2.5% | 2.5% | 3.8% | | 5.6% | .7% | 4.2% | 1.2% | 6.1% | |
| B.... | 19 | 2 | | 11 | 8 | 1 | 1 | | |
| ... 4.4% | 1.3% | | | 6.8% | 2.9% | 1.4% | 1.2% | | |
| C.... | 56 | 20 | 7 | 22 | 34 | 13 | 7 | 6 | 1 |
| ... 12.9% | 12.7% | 13.5% | 13.6% | 12.5% | 18.3% | 8.1% | 18.2% | 5.3% | |
| D.... | 213 | 75 | 34 | 75 | 138 | 31 | 44 | 21 | 13 |
| ... 49.1% | 47.8% | 65.4% | 46.3% | 50.7% | 43.7% | 51.2% | 63.6% | 68.4% | |
| E.... | 56 | 35 | 6 | 13 | 43 | 13 | 22 | 2 | 4 |
| ... 12.9% | 22.3% | 11.5% | 8.0% | 15.8% | 18.3% | 25.6% | 6.1% | 21.1% | |
| F.... | 26 | 7 | 1 | 8 | 18 | 4 | 3 | 1 | |
| ... 6.0% | 4.5% | 1.9% | 4.9% | 6.6% | 5.6% | 3.5% | 3.0% | | |
| G.... | 7 | 1 | 1 | 3 | 4 | | 1 | | 1 |
| ... 1.6% | .6% | 1.9% | 1.9% | 1.5% | | 1.2% | | 5.3% | |
| Total | 434 | 157 | 52 | 162 | 272 | 71 | 86 | 33 | 19 |

60311 *Las creencias religiosas de un científico no producen diferencias sobre los descubrimientos científicos que hace.*

- A. Las creencias religiosas NO producen diferencias. Los científicos hacen descubrimientos basados en teorías y métodos experimentales, no en creencias religiosas. Las creencias religiosas están fuera del dominio de la ciencia.
- B. Depende de la religión concreta que se trate y de la fortaleza o importancia de las creencias religiosas de la persona.

Las creencias religiosas producen diferencias:

- C. porque las creencias religiosas determinarán como se juzgan las ideas de la ciencia.
- D. porque a veces las creencias religiosas afectarán a lo que los científicos hacen o que problemas eligen para trabajar.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 708

| | | | |
|------|---|-----|-----|
| .4 | 1 | 3 | |
| 4.1 | 2 | 29 | |
| 2.4 | 3 | 17 | |
| 47.5 | A | | 336 |
| 18.2 | B | 129 | |
| 7.5 | C | 53 | |
| 19.9 | D | 141 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | 1 | 2 | | | | |
| ... | .6% | | | .5% | .7% | | | | |
| 2.... | 26 | 3 | | 11 | 15 | 2 | 1 | | |
| ... | 5.4% | 1.9% | | 6.0% | 5.0% | 2.9% | 1.1% | | |
| 3.... | 12 | 3 | 2 | 3 | 9 | 1 | 2 | | 2 |
| ... | 2.5% | 1.9% | 4.1% | 1.6% | 3.0% | 1.5% | 2.2% | 6.5% | |
| A.... | 235 | 69 | 23 | 86 | 149 | 26 | 43 | 11 | 12 |
| ... | 48.6% | 43.7% | 46.9% | 47.0% | 49.5% | 38.2% | 47.8% | 35.5% | 66.7% |
| B.... | 91 | 27 | 8 | 32 | 59 | 13 | 14 | 6 | 2 |
| ... | 18.8% | 17.1% | 16.3% | 17.5% | 19.6% | 19.1% | 15.6% | 19.4% | 11.1% |
| C.... | 36 | 12 | 4 | 16 | 20 | 7 | 5 | 2 | 2 |
| ... | 7.4% | 7.6% | 8.2% | 8.7% | 6.6% | 10.3% | 5.6% | 6.5% | 11.1% |
| D.... | 81 | 44 | 12 | 34 | 47 | 19 | 25 | 10 | 2 |
| ... | 16.7% | 27.8% | 24.5% | 18.6% | 15.6% | 27.9% | 27.8% | 32.3% | 11.1% |
| Total | 484 | 158 | 49 | 183 | 301 | 68 | 90 | 31 | 18 |

60411 *Los científicos no tienen prácticamente vida familiar o social porque necesitan estar profundamente metidos en su trabajo.*

- A. Los científicos necesitan estar profundamente metidos en su trabajo para tener éxito. Esta implicación profunda impide la vida social y familiar.
- B. Depende de la persona. Algunos científicos están tan metidos en su trabajo que su vida social y familiar sufren. Pero muchos científicos tienen tiempo para las cuestiones sociales y familiares.
- C. En el trabajo, los científicos se toman las cosas de manera diferente que otras personas, pero esto no quiere decir que no tengan prácticamente ni vida familiar ni social.

La vida familiar y social de los científicos son normales:

- D. de lo contrario su trabajo sufriría. La vida social es valiosa para un científico.
- E. porque muy pocos científicos están tan encerrados en su trabajo que ignoren todo lo demás.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 717

| Ítem | Respuesta | Casos |
|------|-----------|-------|
| .3 | 1 | 2 |
| 5.6 | 2 | 40 |
| 1.8 | 3 | 13 |
| 1.4 | A | 10 |
| 34.9 | B | 250 |
| 24.4 | C | 175 |
| 18.5 | D | 133 |
| 13.1 | E | 94 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 314

| Ítem | Respuesta | Casos |
|------|-----------|-------|
| .3 | 1 | 1 |
| 6.1 | 2 | 19 |
| 2.5 | 3 | 8 |
| 1.9 | A | 6 |
| 45.9 | B | 144 |
| 15.3 | C | 48 |
| 12.7 | D | 40 |
| 15.3 | E | 48 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | | | 2 | | | | | |
| ... | .4% | | | 1.1% | | | | | |
| 2.... | 29 | 8 | | 14 | 15 | 4 | 4 | | |
| ... | 6.0% | 4.5% | | 7.7% | 5.0% | 5.6% | 3.8% | | |
| 3.... | 9 | 3 | 1 | 5 | 4 | 1 | 2 | | 1 |
| ... | 1.9% | 1.7% | 2.3% | 2.7% | 1.3% | 1.4% | 1.9% | | 5.3% |
| A.... | 9 | 1 | | 5 | 4 | | | | |
| ... | 1.9% | .6% | | 2.7% | 1.3% | 1.4% | | | |
| B.... | 150 | 74 | 22 | 47 | 103 | 28 | 46 | 12 | 10 |
| ... | 31.3% | 41.8% | 51.2% | 25.8% | 34.6% | 38.9% | 43.8% | 50.0% | 52.6% |
| C.... | 131 | 34 | 6 | 42 | 89 | 13 | 21 | 3 | 3 |
| ... | 27.3% | 19.2% | 14.0% | 23.1% | 29.9% | 18.1% | 20.0% | 12.5% | 15.8% |
| D.... | 87 | 32 | 11 | 37 | 50 | 10 | 22 | 7 | 4 |
| ... | 18.1% | 18.1% | 25.6% | 20.3% | 16.8% | 13.9% | 21.0% | 29.2% | 21.1% |
| E.... | 63 | 25 | 3 | 30 | 33 | 15 | 10 | 2 | 1 |
| ... | 13.1% | 14.1% | 7.0% | 16.5% | 11.1% | 20.8% | 9.5% | 8.3% | 5.3% |
| Total | 480 | 177 | 43 | 182 | 298 | 72 | 105 | 24 | 19 |

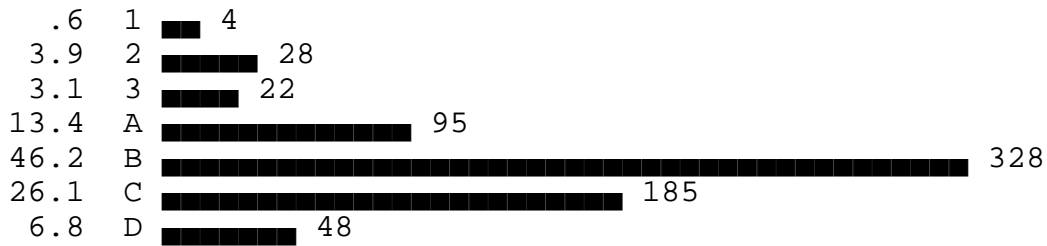
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 1 | | | | | | | | |
| ... | .7% | | | | | | | | |
| 2.... | 12 | 1 | | 3 | | 2 | | | 1 |
| ... | 8.8% | 16.7% | | 4.8% | | 3.5% | | | 5.6% |
| 3.... | 3 | 1 | 1 | 3 | | | | | |
| ... | 2.2% | 16.7% | 20.0% | 4.8% | | | | | |
| A.... | 3 | | | | 2 | 1 | | | |
| ... | 2.2% | | | | 10.5% | 1.8% | | | |
| B.... | 61 | 2 | 3 | 29 | 13 | 26 | | 3 | 7 |
| ... | 44.5% | 33.3% | 60.0% | 46.0% | 68.4% | 45.6% | | 50.0% | 38.9% |
| C.... | 28 | | 1 | 4 | 1 | 9 | 1 | 1 | 3 |
| ... | 20.4% | | 20.0% | 6.3% | 5.3% | 15.8% | 33.3% | 16.7% | 16.7% |
| D.... | 15 | 2 | | 10 | 1 | 7 | 2 | 1 | 2 |
| ... | 10.9% | 33.3% | | 15.9% | 5.3% | 12.3% | 66.7% | 16.7% | 11.1% |
| E.... | 14 | | | 14 | 2 | 12 | | 1 | 5 |
| ... | 10.2% | | | 22.2% | 10.5% | 21.1% | | 16.7% | 27.8% |
| Total | 137 | 6 | 5 | 63 | 19 | 57 | 3 | 6 | 18 |

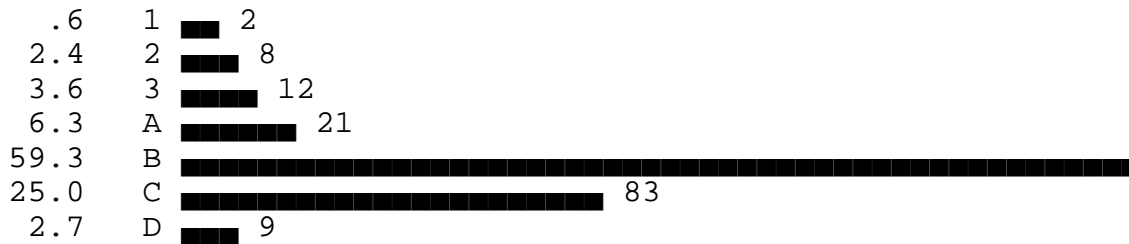
60421 *Los mejores científicos tienen la paciencia y determinación necesarias para superar la frustración y el aburrimiento (por ejemplo, haciendo el mismo experimento muchas veces hasta obtener resultados fiables).*

- A. Sí, porque la frustración y el aburrimiento desafían al mejor científico para luchar y esforzarse aún más.
- B. Sí, porque la paciencia y la determinación son parte del trabajo. Sin ellas, los científicos no obtendrían de ninguna manera resultados correctos.
- C. No, porque ni siquiera algunos de los mejores científicos pueden afrontar la frustración. Los científicos tienen grados variables de paciencia, como cualquier otra persona.
- D. No, porque los mejores científicos NO son suficientemente inteligentes para evitar la frustración y el aburrimiento. Frustración y aburrimiento hacen más difícil para cualquiera llegar al éxito.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 710



Profesorado N = 336 Casos válidos: 332



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | 1.... | 4 | | | | 4 |
| ... | .9% | | | | 1.4% | | | | |
| 2.... | 24 | 3 | 1 | 6 | 18 | 1 | 2 | 1 | |
| ... | 5.2% | 1.6% | 1.8% | 3.3% | 6.4% | 1.3% | 1.9% | 3.1% | |
| 3.... | 11 | 9 | 2 | 5 | 6 | 3 | 6 | 2 | |
| ... | 2.4% | 4.9% | 3.6% | 2.7% | 2.1% | 3.8% | 5.8% | 6.3% | |
| A.... | 68 | 22 | 4 | 37 | 31 | 9 | 13 | | 4 |
| ... | 14.6% | 12.0% | 7.3% | 20.1% | 11.0% | 11.4% | 12.5% | | 17.4% |
| B.... | 208 | 86 | 30 | 89 | 119 | 41 | 45 | 18 | 12 |
| ... | 44.6% | 47.0% | 54.5% | 48.4% | 42.2% | 51.9% | 43.3% | 56.3% | 52.2% |
| C.... | 117 | 54 | 14 | 33 | 84 | 21 | 33 | 9 | 5 |
| ... | 25.1% | 29.5% | 25.5% | 17.9% | 29.8% | 26.6% | 31.7% | 28.1% | 21.7% |
| D.... | 34 | 9 | 4 | 14 | 20 | 4 | 5 | 2 | 2 |
| ... | 7.3% | 4.9% | 7.3% | 7.6% | 7.1% | 5.1% | 4.8% | 6.3% | 8.7% |
| Total | 466 | 183 | 55 | 184 | 282 | 79 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

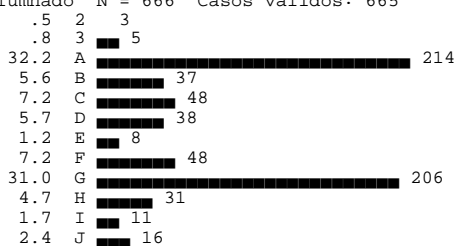
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | 1.... | 1 | | | 1 | | | | |
| ... | .7% | | | 1.2% | | | | | |
| 2.... | 4 | | | 2 | 1 | | | 1 | |
| ... | 3.0% | | | 2.4% | 7.1% | | | 7.7% | |
| 3.... | 4 | | | 2 | 1 | 4 | 1 | | |
| ... | 3.0% | | | 2.4% | 7.1% | 7.8% | 14.3% | | |
| A.... | 10 | 1 | 1 | 1 | | 5 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 7.4% | 9.1% | 100% | 1.2% | | 9.8% | 14.3% | 7.7% | 5.6% |
| B.... | 83 | 10 | | 44 | 7 | 29 | 3 | 9 | 12 |
| ... | 61.5% | 90.9% | | 53.7% | 50.0% | 56.9% | 42.9% | 69.2% | 66.7% |
| C.... | 31 | | | 27 | 5 | 11 | 2 | 2 | 5 |
| ... | 23.0% | | | 32.9% | 35.7% | 21.6% | 28.6% | 15.4% | 27.8% |
| D.... | 2 | | | | 5 | 2 | | | |
| ... | 1.5% | | | 6.1% | | 3.9% | | | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 82 | 14 | 51 | 7 | 13 | 18 |

60511 Hoy día hay muchas más mujeres científicas de las que solía haber. Esto originará diferencias en los descubrimientos científicos que se hacen; los descubrimientos científicos hechos por mujeres tenderán a ser diferentes que los hechos por los hombres.

NO hay diferencias entre hombres y mujeres científicos en los descubrimientos que hacen:

- A. porque cualquier buen científico hará el mismo descubrimiento que otro buen científico.
- B. porque hombres y mujeres científicos tienen el mismo entrenamiento
- C. porque por encima de todo hombres y mujeres son igualmente inteligentes.
- D. porque hombres y mujeres son lo mismo en términos de lo que quieren descubrir en ciencia.
- E. porque los fines de la investigación científica se establecen además a partir de las demandas de otros científicos.
- F. porque todos somos iguales, independientemente de lo que hagamos.
- G. porque cualquier diferencia en sus descubrimientos son debidas a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.
- H. Las mujeres realizarían descubrimientos algo diferentes porque por naturaleza o educación las mujeres tienen diferentes valores, opiniones, perspectivas o características (tales como sensibilidad hacia las consecuencias).
- I. Los hombres realizarían descubrimientos algo diferentes porque, en ciencia, los hombres son mejores que las mujeres.
- J. Las mujeres probablemente realizarían descubrimientos algo mejores que los hombres, porque las mujeres son generalmente mejores que los hombres en algunas cosas como el instinto y la memoria.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 665



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 3 | | | 1 | 2 | | | | |
| ... | .7% | | | .6% | .7% | | | | |
| 3.... | 3 | | 1 | 2 | 1 | | | 1 | |
| ... | .7% | | 2.0% | 1.3% | .4% | | | 3.1% | |
| A.... | 135 | 62 | 15 | 48 | 87 | 24 | 38 | 11 | 4 |
| ... | 30.8% | 37.6% | 29.4% | 31.0% | 30.6% | 32.4% | 41.8% | 34.4% | 21.1% |
| B.... | 31 | 5 | 1 | 14 | 17 | 4 | 1 | 1 | |
| ... | 7.1% | 3.0% | 2.0% | 9.0% | 6.0% | 5.4% | 1.1% | 3.1% | |
| C.... | 33 | 9 | 3 | 14 | 19 | 2 | 7 | 2 | 1 |
| ... | 7.5% | 5.5% | 5.9% | 9.0% | 6.7% | 2.7% | 7.7% | 6.3% | 5.3% |
| D.... | 25 | 5 | 8 | 11 | 14 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| ... | 5.7% | 3.0% | 15.7% | 7.1% | 4.9% | 2.7% | 3.3% | 12.5% | 21.1% |
| E.... | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | |
| ... | .7% | 1.8% | 2.0% | .6% | .7% | 1.4% | 2.2% | 3.1% | |
| F.... | 33 | 10 | 3 | 11 | 22 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| ... | 7.5% | 6.1% | 5.9% | 7.1% | 7.7% | 8.1% | 4.4% | 6.3% | 5.3% |
| G.... | 130 | 59 | 16 | 33 | 97 | 26 | 33 | 7 | 9 |
| ... | 29.6% | 35.8% | 31.4% | 21.3% | 34.2% | 35.1% | 36.3% | 21.9% | 47.4% |
| H.... | 20 | 10 | 1 | 10 | 10 | 7 | 3 | 1 | |
| ... | 4.6% | 6.1% | 2.0% | 6.5% | 3.5% | 9.5% | 3.3% | 3.1% | |
| I.... | 8 | 2 | 1 | 6 | 2 | 2 | | 1 | |
| ... | 1.8% | 1.2% | 2.0% | 3.9% | .7% | 2.7% | | 3.1% | |
| J.... | 15 | | 1 | 4 | 11 | | | 1 | |
| ... | 3.4% | | 2.0% | 2.6% | 3.9% | | | 3.1% | |
| Total | 439 | 165 | 51 | 155 | 284 | 74 | 91 | 32 | 19 |

60521 *Trabajando en ciencia o tecnología, una buena científica mujer realizaría el trabajo básicamente de la misma manera que un buen científico hombre.*

NO hay diferencias entre hombres y mujeres científicos en la manera hacen ciencia:

- A. porque todos los buenos científicos realizan el trabajo de la misma manera.
- B. porque hombres y mujeres científicos tienen el mismo entrenamiento
- C. porque por encima de todo hombres y mujeres son igualmente inteligentes.
- D. porque hombres y mujeres son iguales en términos de los que se necesita para ser un buen científico.
- E. porque todos somos iguales, independientemente del trabajo que hagamos.
- F. porque cualquier diferencia en la manera que los científicos trabajan en ciencia son debidas a las diferencias individuales. Tales diferencias no tienen nada que ver con ser hombre o mujer.
- G. Las mujeres trabajarían en ciencia de manera algo diferente porque por naturaleza o educación las mujeres tienen diferentes valores, opiniones, perspectivas o características (tales como paciencia).
- H. Los hombres trabajarían en ciencia de manera algo diferente, porque los hombres trabajan en ciencia mejor que las mujeres.
- I. Las mujeres probablemente trabajarían en ciencia algo mejor que los hombres, porque las mujeres deben trabajar más duro en orden a competir en un campo como la ciencia dominado por los hombres.

Alumnado N = 4132 Casos válidos: 4122

| | | |
|------|---|------|
| .1 | 1 | 7 |
| .6 | 2 | 27 |
| 1.1 | 3 | 44 |
| 16.0 | A | 661 |
| 6.2 | B | 257 |
| 10.0 | C | 411 |
| 9.5 | D | 391 |
| 7.8 | E | 320 |
| 37.1 | F | 1529 |
| 4.6 | G | 188 |
| 1.2 | H | 49 |
| 5.8 | I | 238 |

Profesorado N = 654 Casos válidos: 642

| | | |
|------|---|-----|
| .2 | 1 | 1 |
| .2 | 2 | 1 |
| .6 | 3 | 4 |
| 8.4 | A | 54 |
| 1.6 | B | 10 |
| 11.1 | C | 71 |
| 10.9 | D | 70 |
| 6.2 | E | 40 |
| 52.0 | F | 334 |
| 2.8 | G | 18 |
| .8 | H | 5 |
| 5.3 | I | 34 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 0.... | 1 | | | | 1 | | | | |
|0% | | | | | .1% | | | | |
| 1.... | 6 | | | 3 | 3 | | | | |
|2% | | | | .3% | .2% | | | | |
| 2.... | 23 | 2 | 1 | 16 | 7 | 2 | | 1 | |
|8% | .2% | .3% | 1.5% | .4% | .5% | | | .6% | |
| 3.... | 30 | 8 | 5 | 15 | 15 | 7 | 1 | 4 | 1 |
| ... 1.1% | .8% | 1.7% | 1.4% | .9% | 1.6% | .2% | 2.3% | .8% | |
| A.... | 485 | 130 | 32 | 204 | 281 | 57 | 73 | 21 | 11 |
| ... 17.5% | 13.1% | 10.8% | 19.4% | 16.4% | 13.3% | 13.0% | 11.9% | 9.2% | |
| B.... | 206 | 39 | 9 | 83 | 123 | 24 | 15 | 5 | 4 |
| ... 7.5% | 3.9% | 3.0% | 7.9% | 7.2% | 5.6% | 2.7% | 2.8% | 3.3% | |
| C.... | 304 | 75 | 26 | 141 | 163 | 36 | 39 | 20 | 6 |
| ... 11.0% | 7.6% | 8.8% | 13.4% | 9.5% | 8.4% | 7.0% | 11.3% | 5.0% | |
| D.... | 255 | 95 | 31 | 102 | 153 | 43 | 52 | 17 | 14 |
| ... 9.2% | 9.6% | 10.4% | 9.7% | 8.9% | 10.0% | 9.3% | 9.6% | 11.7% | |
| E.... | 234 | 62 | 17 | 101 | 133 | 27 | 35 | 11 | 6 |
| ... 8.5% | 6.3% | 5.7% | 9.6% | 7.8% | 6.3% | 6.2% | 6.2% | 5.0% | |
| F.... | 889 | 476 | 143 | 248 | 641 | 188 | 288 | 77 | 66 |
| ... 32.2% | 48.1% | 48.1% | 23.6% | 37.4% | 43.8% | 51.3% | 43.5% | 55.0% | |
| G.... | 121 | 38 | 24 | 61 | 60 | 24 | 14 | 18 | 6 |
| ... 4.4% | 3.8% | 8.1% | 5.8% | 3.5% | 5.6% | 2.5% | 10.2% | 5.0% | |
| H.... | 36 | 11 | 1 | 32 | 4 | 10 | 1 | 1 | |
| ... 1.3% | 1.1% | .3% | 3.1% | .2% | 2.3% | .2% | .6% | | |
| I.... | 174 | 54 | 8 | 43 | 131 | 11 | 43 | 2 | 6 |
| ... 6.3% | 5.5% | 2.7% | 4.1% | 7.6% | 2.6% | 7.7% | 1.1% | 5.0% | |
| Total | 2764 | 990 | 297 | 1049 | 1715 | 429 | 561 | 177 | 120 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

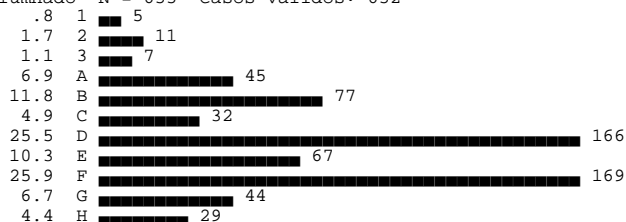
| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| 1.... | | | | | | | | | 1 |
| ... 10.0% | | | | | | | | | |
| 2.... | | | | 1 | | | | | |
|7% | | | | | | | | | |
| 3.... | 1 | 1 | | 1 | | | 1 | | |
|4% | 5.9% | | | 3.1% | | | 10.0% | | |
| A.... | 18 | 1 | | 15 | 5 | 9 | | 2 | 4 |
| ... 6.7% | 5.9% | | 10.5% | 15.6% | 8.3% | | 10.5% | 11.1% | |
| B.... | 4 | 1 | | 2 | | 2 | | | 1 |
| ... 1.5% | 5.9% | | 1.4% | | 1.8% | | | | 2.8% |
| C.... | 33 | | | 22 | 2 | 11 | 1 | 1 | 1 |
| ... 12.2% | | | 15.4% | 6.3% | 10.1% | 10.0% | 5.3% | 2.8% | |
| D.... | 27 | | | 13 | 4 | 12 | 2 | 2 | 10 |
| ... 10.0% | | | 9.1% | 12.5% | 11.0% | 20.0% | 10.5% | 27.8% | |
| E.... | 14 | 3 | | 14 | 1 | 5 | 1 | | 2 |
| ... 5.2% | 17.6% | | 9.8% | 3.1% | 4.6% | 10.0% | | | 5.6% |
| F.... | 140 | 9 | 6 | 66 | 17 | 64 | 4 | 10 | 18 |
| ... 51.9% | 52.9% | 100% | 46.2% | 53.1% | 58.7% | 40.0% | 52.6% | 50.0% | |
| G.... | 9 | | | 4 | | 3 | | 2 | |
| ... 3.3% | | | 2.8% | | 2.8% | | 10.5% | | |
| H.... | 3 | | | 1 | | 1 | | | |
| ... 1.1% | | | .7% | | .9% | | | | |
| I.... | 21 | 2 | | 5 | 2 | 2 | | 2 | |
| ... 7.8% | 11.8% | | 3.5% | 6.3% | 1.8% | | 10.5% | | |
| Total | 270 | 17 | 6 | 143 | 32 | 109 | 10 | 19 | 36 |

60531 Los hombres científicos se concentran sólo en el razonamiento objetivo (los hechos que apoyan una idea). Las mujeres científicas TAMBIÉN prestan atención a los valores humanos y sentimientos subjetivos (personales).

NO hay diferencias entre los científicos hombres y mujeres:

- A. porque no hay lugar para los valores humanos y sentimientos subjetivos en el laboratorio y en la ciencia.
- B. porque se necesita inteligencia para prestar atención a los valores humanos y sentimientos subjetivos. La inteligencia no tiene nada que ver con ser hombre o mujer.
- C. porque es la preparación del científico lo que afecta a si se presta atención a los hechos más que a los valores y sentimientos subjetivos.
- D. porque es la personalidad individual la que afecta a si se presta atención al razonamiento objetivo más que a los valores humanos y sentimientos subjetivos.
- E. porque los buenos científicos prestan atención a ambos, el razonamiento objetivo y los valores humanos y sentimientos subjetivos cuando están en el laboratorio.
- F. porque mujeres y hombres científicos son lo mismo. Los hombres son tan sensibles a los valores humanos y sentimientos subjetivos como las mujeres y las mujeres tan capaces de razonar objetivamente como los hombres.
- G. porque todos somos iguales, independientemente del trabajo que hagamos.
- H. Las mujeres científicas tienen probablemente más en consideración los valores humanos y los sentimientos subjetivos en la investigación.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 652



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | | | |
| ... | .7% | 1.3% | 1.2% | .4% | 1.4% | 1.1% | | | |
| 2.... | 11 | | 5 | 6 | | | | | |
| ... | 2.5% | | 3.1% | 2.2% | | | | | |
| 3.... | 3 | 2 | 3 | | 2 | | 1 | 1 | |
| ... | .7% | 1.3% | 3.8% | 1.9% | 2.9% | | 2.9% | 5.3% | |
| A.... | 33 | 10 | 11 | 22 | 5 | 5 | 1 | | |
| ... | 7.6% | 6.4% | 1.9% | 6.8% | 8.1% | 7.2% | 5.7% | 2.9% | |
| B.... | 64 | 8 | 5 | 25 | 39 | 5 | 3 | 4 | |
| ... | 14.7% | 5.1% | 9.4% | 15.4% | 14.3% | 7.2% | 3.4% | 11.8% | |
| C.... | 20 | 10 | 1 | 11 | 9 | 4 | 6 | 1 | |
| ... | 4.6% | 6.4% | 1.9% | 6.8% | 3.3% | 5.8% | 6.9% | 5.3% | |
| D.... | 100 | 47 | 19 | 37 | 63 | 15 | 32 | 11 | |
| ... | 23.0% | 30.1% | 35.8% | 22.8% | 23.2% | 21.7% | 36.8% | 32.4% | |
| E.... | 43 | 16 | 7 | 15 | 28 | 7 | 9 | 7 | |
| ... | 9.9% | 10.3% | 13.2% | 9.3% | 10.3% | 10.1% | 10.3% | 20.6% | |
| F.... | 104 | 47 | 13 | 30 | 74 | 20 | 27 | 8 | |
| ... | 24.0% | 30.1% | 24.5% | 18.5% | 27.2% | 29.0% | 31.0% | 23.5% | |
| G.... | 35 | 7 | 2 | 14 | 21 | 6 | 1 | 2 | |
| ... | 8.1% | 4.5% | 3.8% | 8.6% | 7.7% | 8.7% | 1.1% | 5.9% | |
| H.... | 18 | 7 | 3 | 9 | 9 | 4 | 3 | 3 | |
| ... | 4.1% | 4.5% | 5.7% | 5.6% | 3.3% | 5.8% | 3.4% | 15.8% | |
| Total | 434 | 156 | 53 | 162 | 272 | 69 | 87 | 34 | |

60611 Hoy día, en nuestro país, hay muchos más hombres científicos que mujeres científicas. La PRINCIPAL razón de esto es:

- A. los hombres son más fuertes, rápidos, brillantes y mejores en concentrarse en sus estudios.
- B. los hombres parecen tener más capacidad científica que las mujeres, que pueden sobresalir en otros campos.
- C. los hombres están más interesados en la ciencia que las mujeres.
- D. el estereotipo tradicional existente en la sociedad ha sido que los hombres son más listos y dominantes mientras que las mujeres son más débiles y menos lógicas. Este prejuicio ha causado que lleguen a ser científicos más hombres, aún cuando las mujeres son tan capaces en ciencia como los hombres.
- E. las escuelas no han hecho lo suficiente para animar a las mujeres a elegir cursos de ciencias. Las mujeres son tan capaces como los hombres en ciencia.
- F. hasta hace poco, se pensaba que la ciencia era una vocación de hombres. (Las mujeres no se ajustan a la imagen estereotipada del científico que da la televisión). Además, se esperaba que la mayoría de las mujeres trabajasen en casa o en trabajos tradicionales. (Por tanto, los hombres han tenido más ánimo para hacerse científicos.) Pero esto está cambiando hoy. La ciencia se está haciendo una vocación para mujeres, y se espera que las mujeres trabajen en ciencia más y más.
- G. las mujeres han sido desanimadas, o no se les ha permitido entrar en el campo científico. Las mujeres están tan interesadas y son tan capaces como los hombres; pero los científicos establecidos (que son hombres) tienden a desanimar o intimidar a las posibles mujeres científicas.
- H. NO existen razones para tener más hombres que mujeres científicos. Ambos sexos son igualmente capaces de ser buenos científicos y hoy día las oportunidades son iguales.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 719

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .1 | 1 | 1 | |
| 2.2 | 2 | 16 | |
| 1.8 | 3 | 13 | |
| .8 | A | 6 | |
| 2.2 | B | 16 | |
| 4.3 | C | 31 | |
| 20.2 | D | 145 | |
| 3.9 | E | 28 | |
| 26.6 | F | 191 | |
| 6.4 | G | 46 | |
| 31.4 | H | 226 | |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 313

| | | | |
|------|---|----|--|
| 1.9 | 2 | 6 | |
| 1.6 | 3 | 5 | |
| .6 | A | 2 | |
| 1.0 | B | 3 | |
| 1.9 | C | 6 | |
| 26.2 | D | 82 | |
| 2.6 | E | 8 | |
| 29.1 | F | 91 | |
| 5.8 | G | 18 | |
| 29.4 | H | 92 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 1 | | | 1 | | | | | |
|2% | | | | .5% | | | | | |
| 2.... | 14 | 1 | 1 | 5 | 9 | | 1 | 1 | |
| ... 2.9% | .6% | 2.3% | 2.7% | 3.0% | | 1.0% | 4.2% | | |
| 3.... | 11 | 2 | | 4 | 7 | 1 | 1 | | |
| ... 2.3% | 1.1% | | 2.2% | 2.3% | 1.4% | 1.0% | | | |
| A.... | 6 | | | 6 | | | | | |
| ... 1.2% | | | 3.3% | | | | | | |
| B.... | 9 | 5 | 2 | 7 | 2 | 5 | | 2 | |
| ... 1.9% | 2.8% | 4.7% | 3.8% | .7% | 6.9% | | 8.3% | | |
| C.... | 19 | 8 | 3 | 10 | 9 | 5 | 3 | 3 | |
| ... 3.9% | 4.5% | 7.0% | 5.5% | 3.0% | 6.9% | 2.9% | 12.5% | | |
| D.... | 88 | 42 | 8 | 39 | 49 | 15 | 27 | 3 | 5 |
| ... 18.3% | 23.7% | 18.6% | 21.3% | 16.4% | 20.8% | 25.7% | 12.5% | 26.3% | |
| E.... | 21 | 3 | 1 | 13 | 8 | 2 | 1 | 1 | |
| ... 4.4% | 1.7% | 2.3% | 7.1% | 2.7% | 2.8% | 1.0% | 4.2% | | |
| F.... | 113 | 60 | 14 | 28 | 85 | 24 | 36 | 8 | 6 |
| ... 23.4% | 33.9% | 32.6% | 15.3% | 28.4% | 33.3% | 34.3% | 33.3% | 31.6% | |
| G.... | 35 | 10 | 1 | 12 | 23 | 2 | 8 | | 1 |
| ... 7.3% | 5.6% | 2.3% | 6.6% | 7.7% | 2.8% | 7.6% | | 5.3% | |
| H.... | 165 | 46 | 13 | 58 | 107 | 18 | 28 | 6 | 7 |
| ... 34.2% | 26.0% | 30.2% | 31.7% | 35.8% | 25.0% | 26.7% | 25.0% | 36.8% | |
| Total | 482 | 177 | 43 | 183 | 299 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 5 | | | 1 | | | | | |
| ... 3.7% | | | | 1.6% | | | | | |
| 3.... | 1 | 1 | | 2 | | | | | 1 |
|7% | 16.7% | | | 3.2% | | | | | 5.6% |
| A.... | | | | 1 | | 1 | | | |
| ... 1.6% | | | | 1.7% | | | | | |
| B.... | 1 | | | 1 | | | | | 1 |
|7% | | | | 5.3% | | | | | 5.6% |
| C.... | 3 | | | | | 3 | | | |
| ... 2.2% | | | | | | 5.2% | | | |
| D.... | 32 | 3 | 2 | 22 | 5 | 15 | 1 | | 2 |
| ... 23.5% | 50.0% | 40.0% | 35.5% | 26.3% | 25.9% | 33.3% | | | 11.1% |
| E.... | 1 | | | 3 | 1 | 3 | | | |
|7% | | | 4.8% | 5.3% | 5.2% | | | | |
| F.... | 37 | 2 | 2 | 20 | 4 | 17 | 1 | 4 | 4 |
| ... 27.2% | 33.3% | 40.0% | 32.3% | 21.1% | 29.3% | 33.3% | 66.7% | 22.2% | |
| G.... | 12 | | | 2 | 2 | 1 | | 1 | |
| ... 8.8% | | | 3.2% | 10.5% | 1.7% | | 16.7% | | |
| H.... | 44 | | 1 | 11 | 6 | 18 | 1 | 1 | 10 |
| ... 32.4% | | 20.0% | 17.7% | 31.6% | 31.0% | 33.3% | 16.7% | 55.6% | |
| Total | 136 | 6 | 5 | 62 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

70111 La lealtad afecta a como realizan su trabajo los científicos. Cuando los científicos trabajan juntos en equipo su **lealtad a los ideales de la ciencia** (mentalidad abierta, compartir los resultados con otros, etc.) es sustituida por la **lealtad al equipo** (por ejemplo, poner los intereses del equipo por delante de los intereses de la ciencia, o conforme a las opiniones del equipo).

La lealtad a los ideales de la ciencia es sustituida por la lealtad al equipo:

- A. porque la lealtad al equipo ayuda a los científicos a trabajar mejor y alcanzar más fama, fortuna y éxito.
- B. porque los estrechos compromisos de un equipo harán que los científicos se esperen unos a otros, aún cuando los científicos tengan los ideales de la ciencia en su corazón.
- C. Ambos tipos de lealtad son importantes para los científicos. El científico individual es leal al equipo pero no se olvida de los ideales de la ciencia.
- D. Depende de las cualidades personales de un científico. Un científico seguirá los ideales de la ciencia, mientras otro pondrá los intereses del equipo primero.

La lealtad a los ideales de la ciencia NO es afectada por la lealtad al equipo:

- E. porque los científicos hacen investigación para averiguar los hechos reales y no para acomodarse a las opiniones del equipo.
- F. porque los científicos con éxito son habitualmente individuos creativos que tienen la libertad de hacer las cosas a su modo.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 706

| | | |
|------|---|-----|
| 3.5 | 1 | 25 |
| 6.1 | 2 | 43 |
| 2.5 | 3 | 18 |
| 4.0 | A | 28 |
| 2.5 | B | 18 |
| 35.8 | C | 253 |
| 20.7 | D | 146 |
| 19.7 | E | 139 |
| 5.1 | F | 36 |

Profesorado N = 336 Casos válidos: 327

| | | |
|------|---|-----|
| 2.1 | 1 | 7 |
| 6.4 | 2 | 21 |
| 3.1 | 3 | 10 |
| 2.1 | A | 7 |
| .9 | B | 3 |
| 32.7 | C | 107 |
| 26.9 | D | 88 |
| 20.5 | E | 67 |
| 5.2 | F | 17 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 23 | 2 | | 13 | 10 | 1 | 1 | | |
| ... 5.0% | 1.1% | | | 7.1% | 3.6% | 1.3% | 1.0% | | |
| 2.... | 30 | 10 | 3 | 9 | 21 | 5 | 5 | 3 | |
| ... 6.5% | 5.5% | 5.5% | 4.9% | 7.5% | 6.4% | 4.8% | 9.4% | | |
| 3.... | 14 | 2 | 2 | 1 | 13 | 2 | | 2 | |
| ... 3.0% | 1.1% | 3.6% | .5% | 4.6% | 2.6% | | 6.3% | | |
| A.... | 22 | 4 | 2 | 15 | 7 | 2 | 2 | | 2 |
| ... 4.8% | 2.2% | 3.6% | 8.2% | 2.5% | 2.6% | 1.9% | | 8.7% | |
| B.... | 17 | | 1 | 14 | 3 | | | | 1 |
| ... 3.7% | | 1.8% | 7.7% | 1.1% | | | | 4.3% | |
| C.... | 155 | 76 | 20 | 49 | 106 | 26 | 50 | 8 | 12 |
| ... 33.5% | 41.8% | 36.4% | 26.8% | 37.9% | 33.3% | 48.1% | 25.0% | 52.2% | |
| D.... | 89 | 40 | 15 | 32 | 57 | 18 | 22 | 13 | 2 |
| ... 19.2% | 22.0% | 27.3% | 17.5% | 20.4% | 23.1% | 21.2% | 40.6% | 8.7% | |
| E.... | 83 | 43 | 11 | 33 | 50 | 21 | 22 | 5 | 6 |
| ... 17.9% | 23.6% | 20.0% | 18.0% | 17.9% | 26.9% | 21.2% | 15.6% | 26.1% | |
| F.... | 30 | 5 | 1 | 17 | 13 | 3 | 2 | 1 | |
| ... 6.5% | 2.7% | 1.8% | 9.3% | 4.6% | 3.8% | 1.9% | 3.1% | | |
| Total | 463 | 182 | 55 | 183 | 280 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | 1 | | 1 | | 3 | 1 | | 1 |
| ... 9.1% | | | | 1.3% | | 5.9% | 14.3% | | 5.6% |
| 2.... | 12 | 1 | | 6 | 1 | | | 1 | |
| ... 8.9% | 9.1% | | | 7.7% | 7.7% | | | 7.7% | |
| 3.... | 3 | | | 2 | 2 | | | 1 | |
| ... 2.2% | | | | 2.6% | 15.4% | 3.9% | | 7.7% | |
| A.... | | | | 5 | | 1 | | 1 | |
| ... 6.4% | | | | | | 2.0% | | 7.7% | |
| B.... | | | | 2 | | 1 | | | |
| ... 2.6% | | | | | | 2.0% | | | |
| C.... | 46 | 2 | 1 | 23 | 4 | 17 | 2 | 5 | 7 |
| ... 34.1% | 18.2% | 100% | 29.5% | 30.8% | 33.3% | 28.6% | 38.5% | 38.9% | |
| D.... | 37 | 4 | | 19 | 4 | 16 | 1 | 2 | 5 |
| ... 27.4% | 36.4% | | 24.4% | 30.8% | 31.4% | 14.3% | 15.4% | 27.8% | |
| E.... | 29 | 2 | | 16 | 2 | 11 | | 3 | 4 |
| ... 21.5% | 18.2% | | 20.5% | 15.4% | 21.6% | | 23.1% | 22.2% | |
| F.... | 8 | 1 | | 4 | | | 3 | | 1 |
| ... 5.9% | 9.1% | | 5.1% | | | 42.9% | | 5.6% | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 78 | 13 | 51 | 7 | 13 | 18 |

70121 La lealtad afecta como los científicos realizan su trabajo. Cuando los científicos trabajan juntos para una empresa **su lealtad a los ideales de la ciencia** (mentalidad abierta, honradez, compartir resultados con otros, etc.) es sustituida por **la lealtad a la empresa** (por ejemplo, la empresa siempre tiene razón).

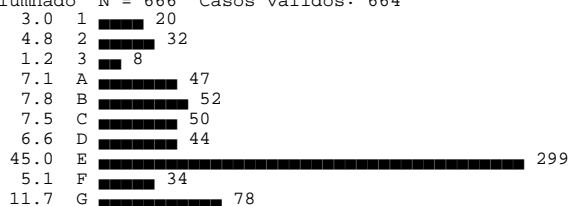
La lealtad a los ideales de la ciencia es sustituida por la lealtad a la empresa:

- A. porque la mayoría de los científicos son afectados por la política implicada en hacer ciencia, tal como acomodarse a las opiniones de la empresa.
- B. porque la mayoría de los científicos quieren mantener su puesto de trabajo.
- C. porque la mayoría de los científicos quieren que su empresa salga adelante y así ellos personalmente pueden ganar más dinero y promocionarse.
- D. porque la lealtad a la empresa ayuda a la mayoría de los científicos a trabajar juntos mejor y alcanzar más éxito.
- E. Depende de las cualidades personales de un científico. Un científico seguirá los ideales de la ciencia mientras que otro pondrá los intereses de la empresa delante.

La lealtad a los ideales de la ciencia NO es afectada por la lealtad a la empresa:

- F. porque poniendo los ideales de la ciencia delante de la empresa, un científico contribuirá más probablemente a la sociedad o alcanzará más éxito.
- G. porque la mayoría de los científicos hacen investigación para averiguar los hechos reales, aún cuando los hechos puedan demostrar que la empresa está equivocada.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 664



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

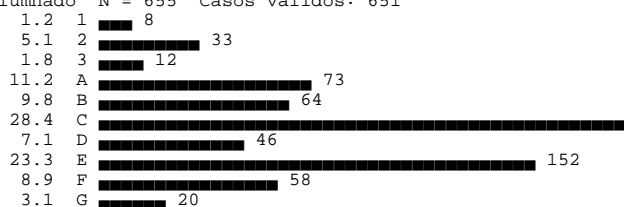
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 19 | 1 | | 4 | 15 | | | 1 | |
| ... 4.3% | .6% | | 2.6% | 5.3% | | | 1.1% | | |
| 2.... | 26 | 5 | | 4 | 22 | | 1 | 4 | |
| ... 5.9% | 3.0% | | 2.6% | 7.8% | 1.4% | 4.4% | | | |
| 3.... | 6 | 2 | | 2 | 4 | | 1 | 1 | |
| ... 1.4% | 1.2% | | 1.3% | 1.4% | 1.4% | 1.1% | | | |
| A.... | 28 | 13 | 5 | 11 | 17 | 8 | 5 | 3 | 2 |
| ... 6.4% | 7.9% | 9.8% | 7.1% | 6.0% | 10.8% | 5.5% | 9.4% | 10.5% | |
| B.... | 34 | 14 | 2 | 17 | 17 | 10 | 4 | 1 | 1 |
| ... 7.8% | 8.5% | 3.9% | 11.0% | 6.0% | 13.5% | 4.4% | 3.1% | 5.3% | |
| C.... | 37 | 9 | 4 | 21 | 16 | 6 | 3 | 2 | 2 |
| ... 8.4% | 5.5% | 7.8% | 13.5% | 5.7% | 8.1% | 3.3% | 6.3% | 10.5% | |
| D.... | 34 | 7 | 3 | 14 | 20 | 4 | 3 | 3 | |
| ... 7.8% | 4.2% | 5.9% | 9.0% | 7.1% | 5.4% | 3.3% | 9.4% | | |
| E.... | 173 | 95 | 27 | 56 | 117 | 37 | 58 | 19 | 8 |
| ... 39.5% | 57.6% | 52.9% | 36.1% | 41.3% | 50.0% | 63.7% | 59.4% | 42.1% | |
| F.... | 26 | 5 | 3 | 13 | 13 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| ... 5.9% | 3.0% | 5.9% | 8.4% | 4.6% | 2.7% | 3.3% | 3.1% | 10.5% | |
| G.... | 55 | 14 | 7 | 13 | 42 | 5 | 9 | 3 | 4 |
| ... 12.6% | 8.5% | 13.7% | 8.4% | 14.8% | 6.8% | 9.9% | 9.4% | 21.1% | |
| Total | 438 | 165 | 51 | 155 | 283 | 74 | 91 | 32 | 19 |

70211 Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (por ejemplo, si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), principalmente es porque no tienen todos los hechos. Esta opinión científica no tiene NADA QUE VER con valores morales (conducta buena o mala) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agradar a los trabajadores, o agradar a las instituciones que dan dinero).

Los desacuerdos entre científicos pueden suceder:

- A. porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica está basada completamente en hechos observables y comprensión científica.
- B. porque distintos científicos conocen diferentes hechos. La opinión científica está basada completamente en el conocimiento del científico sobre los hechos.
- C. porque diferentes científicos interpretan los hechos de forma diferente (o interpretan el significado de los hechos distintamente). Esto sucede a causa de las diferentes teorías científicas, NO por los valores morales o motivaciones personales.
- D. principalmente por hechos diferentes o incompletos, pero parcialmente a causa de los diferentes valores morales, opiniones o motivaciones personales.
- E. por cierto número de razones - cualquier combinación de las siguientes: falta de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.
- F. Cuando diferentes científicos interpretan los hechos (o el significado de los hechos) de manera diferente. Esto sucede principalmente a causa de opiniones personales, valores morales, prioridades personales o política. (Con frecuencia el desacuerdo elimina riesgos y beneficia la sociedad).
- G. porque han sido influenciados por las empresas o el gobierno.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 651



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | Alta | | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 8 | | | 7 | 1 | | | | |
| ... | 1.9% | | | 4.4% | .4% | | | | |
| 2.... | 27 | 4 | 2 | 8 | 19 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 6.3% | 2.5% | 3.8% | 5.0% | 7.0% | 4.3% | 1.1% | 2.9% | 5.3% |
| 3.... | 7 | 5 | | 4 | 3 | 2 | 3 | | |
| ... | 1.6% | 3.2% | | 2.5% | 1.1% | 2.9% | 3.4% | | |
| A.... | 55 | 11 | 6 | 24 | 31 | 7 | 4 | 4 | 2 |
| ... | 12.7% | 7.0% | 11.3% | 15.0% | 11.4% | 10.0% | 4.6% | 11.8% | 10.5% |
| B.... | 45 | 15 | 4 | 22 | 23 | 6 | 9 | 2 | 2 |
| ... | 10.4% | 9.6% | 7.5% | 13.8% | 8.5% | 8.6% | 10.3% | 5.9% | 10.5% |
| C.... | 117 | 51 | 15 | 35 | 82 | 21 | 30 | 10 | 5 |
| ... | 27.1% | 32.5% | 28.3% | 21.9% | 30.1% | 30.0% | 34.5% | 29.4% | 26.3% |
| D.... | 31 | 10 | 4 | 10 | 21 | 5 | 5 | 3 | 1 |
| ... | 7.2% | 6.4% | 7.5% | 6.3% | 7.7% | 7.1% | 5.7% | 8.8% | 5.3% |
| E.... | 94 | 40 | 15 | 28 | 66 | 19 | 21 | 9 | 6 |
| ... | 21.8% | 25.5% | 28.3% | 17.5% | 24.3% | 27.1% | 24.1% | 26.5% | 31.6% |
| F.... | 37 | 17 | 4 | 16 | 21 | 6 | 11 | 2 | 2 |
| ... | 8.6% | 10.8% | 7.5% | 10.0% | 7.7% | 8.6% | 12.6% | 5.9% | 10.5% |
| G.... | 11 | 4 | 3 | 6 | 5 | 1 | 3 | 3 | |
| ... | 2.5% | 2.5% | 5.7% | 3.8% | 1.8% | 1.4% | 3.4% | 8.8% | |
| Total | 432 | 157 | 53 | 160 | 272 | 70 | 87 | 34 | 19 |

70221 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión está basada objetivamente en los hechos que apoyan la teoría. Su decisión **no** es influenciada por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.

- A. Las decisiones de los científicos están basadas exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.
- B. Las decisiones de los científicos están basadas en algo más que sólo los hechos. Las decisiones se basan en si la teoría ha sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.
- C. Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos serán influenciados por los sentimientos personales, mientras otros se mantendrán en su deber para tomar decisiones basadas sólo en los hechos.
- D. Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones son, en alguna medida, influidas por los sentimientos internos, por la opinión personal del científico sobre la teoría, o por las ganancias personales tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.
- E. Las decisiones de los científicos son basadas menos sobre los hechos y más sobre los sentimientos internos, sobre la opinión personal del científico de la teoría, o sobre las ganancias personales tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 665

| | | |
|------|---|-----|
| 1.1 | 1 | 7 |
| 5.1 | 2 | 34 |
| 1.4 | 3 | 9 |
| 20.3 | A | 135 |
| 39.4 | B | 262 |
| 12.0 | C | 80 |
| 18.3 | D | 122 |
| 2.4 | E | 16 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 6 | | | 3 | 3 | | | | |
| ... 1.3% | | | | 1.6% | 1.1% | | | | |
| 2.... | 27 | 5 | | 11 | 16 | 1 | 4 | | |
| ... 5.9% | 3.3% | | | 6.0% | 5.8% | 1.5% | 4.8% | | |
| 3.... | 7 | 1 | | 4 | 3 | 1 | | | |
| ... 1.5% | .7% | | | 2.2% | 1.1% | 1.5% | | | |
| A.... | 94 | 28 | 10 | 32 | 62 | 13 | 15 | 4 | 6 |
| ... 20.6% | 18.7% | 21.7% | | 17.6% | 22.5% | 19.7% | 17.9% | 16.7% | 27.3% |
| B.... | 176 | 65 | 17 | 69 | 107 | 28 | 37 | 7 | 10 |
| ... 38.5% | 43.3% | 37.0% | | 37.9% | 38.9% | 42.4% | 44.0% | 29.2% | 45.5% |
| C.... | 60 | 15 | 5 | 20 | 40 | 7 | 8 | 2 | 3 |
| ... 13.1% | 10.0% | 10.9% | | 11.0% | 14.5% | 10.6% | 9.5% | 8.3% | 13.6% |
| D.... | 74 | 35 | 12 | 36 | 38 | 16 | 19 | 9 | 3 |
| ... 16.2% | 23.3% | 26.1% | | 19.8% | 13.8% | 24.2% | 22.6% | 37.5% | 13.6% |
| E.... | 13 | 1 | 2 | 7 | 6 | | 1 | 2 | |
| ... 2.8% | .7% | 4.3% | | 3.8% | 2.2% | | 1.2% | 8.3% | |
| Total | 457 | 150 | 46 | 182 | 275 | 66 | 84 | 24 | 22 |

70311 *Los científicos publican sus descubrimientos en revistas científicas. Hacen esto principalmente para alcanzar credibilidad a los ojos de otros científicos y de las instituciones que les dan apoyo económico, y por tanto, ayudan a avanzar sus carreras personales.*

Los científicos publican sus descubrimientos:

- A. principalmente para obtener crédito por sus logros, para llegar a ser mejor conocido, o para beneficiarse de ayudas económicas. Si se les negara a los científicos estos beneficios personales, la ciencia llegaría a pararse.
- B. ambos, beneficiarse personalmente del crédito, fama o fortuna que un descubrimiento puede conllevar, y también hacer avanzar la ciencia y la tecnología compartiendo ideas, y por tanto, construyendo sobre el trabajo de unos y otros.
- C. principalmente para hacer avanzar la ciencia y la tecnología. Compartiendo las ideas públicamente, los científicos construyen sobre el trabajo de unos y otros. Sin esta comunicación abierta, la ciencia llegaría a pararse.
- D. principalmente para que otros científicos evalúen el descubrimiento. Las críticas y las comprobaciones aseguran que la ciencia avanzará sobre la base de resultados verdaderos.
- E. para compartir las ideas públicamente, y también para tener el descubrimiento evaluado por otros científicos.
- F. principalmente para ayudar a otros científicos en todo el mundo. La buena comunicación evita inútiles duplicaciones de esfuerzos y consecuentemente acelera el avance de la ciencia.
- G. para avanzar la ciencia y la tecnología a través de la comunicación abierta, y también para informar al público en general sobre los últimos descubrimientos.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 717

| | | |
|------|---|-----|
| .4 | 1 | 3 |
| 4.0 | 2 | 29 |
| 2.5 | 3 | 18 |
| 7.1 | A | 51 |
| 22.0 | B | 158 |
| 14.1 | C | 101 |
| 7.9 | D | 57 |
| 7.1 | E | 51 |
| 4.3 | F | 31 |
| 30.4 | G | 218 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 313

| | | |
|------|---|-----|
| 1.3 | 2 | 4 |
| 2.6 | 3 | 8 |
| 2.9 | A | 9 |
| 34.5 | B | 108 |
| 23.6 | C | 74 |
| 9.6 | D | 30 |
| 5.8 | E | 18 |
| 3.2 | F | 10 |
| 16.6 | G | 52 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | | | 2 | | | | | |
| ... | .4% | | | .7% | | | | | |
| 2.... | 23 | 5 | | 8 | 15 | 1 | 4 | | |
| ... | 4.8% | 2.8% | | 4.4% | 5.1% | 1.4% | 3.8% | | |
| 3.... | 13 | 3 | 1 | 7 | 6 | 1 | 2 | | 1 |
| ... | 2.7% | 1.7% | 2.3% | 3.8% | 2.0% | 1.4% | 1.9% | | 5.3% |
| A.... | 34 | 12 | 4 | 21 | 13 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| ... | 7.1% | 6.8% | 9.3% | 11.5% | 4.4% | 9.7% | 4.8% | 12.5% | 5.3% |
| B.... | 100 | 45 | 10 | 39 | 61 | 16 | 29 | 5 | 5 |
| ... | 20.8% | 25.4% | 23.3% | 21.3% | 20.5% | 22.2% | 27.6% | 20.8% | 26.3% |
| C.... | 62 | 29 | 10 | 23 | 39 | 9 | 20 | 5 | 5 |
| ... | 12.9% | 16.4% | 23.3% | 12.6% | 13.1% | 12.5% | 19.0% | 20.8% | 26.3% |
| D.... | 32 | 18 | 6 | 14 | 18 | 12 | 6 | 5 | 1 |
| ... | 6.7% | 10.2% | 14.0% | 7.7% | 6.1% | 16.7% | 5.7% | 20.8% | 5.3% |
| E.... | 31 | 10 | 6 | 14 | 17 | 7 | 3 | 4 | 2 |
| ... | 6.5% | 5.6% | 14.0% | 7.7% | 5.7% | 9.7% | 2.9% | 16.7% | 10.5% |
| F.... | 20 | 6 | 3 | 11 | 9 | 1 | 5 | 2 | 1 |
| ... | 4.2% | 3.4% | 7.0% | 6.0% | 3.0% | 1.4% | 4.8% | 8.3% | 5.3% |
| G.... | 163 | 49 | 3 | 46 | 117 | 18 | 31 | | 3 |
| ... | 34.0% | 27.7% | 7.0% | 25.1% | 39.4% | 25.0% | 29.5% | | 15.8% |
| Total | 480 | 177 | 43 | 183 | 297 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 2 | | | 1 | | 1 | | | |
| ... | 1.5% | | | 1.6% | | 1.7% | | | |
| 3.... | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | 2 |
| ... | 1.5% | 16.7% | | 1.6% | 5.3% | 1.7% | | | 11.1% |
| A.... | 4 | | | 2 | | 2 | | | 1 |
| ... | 2.9% | | | 3.2% | | 3.4% | | | 5.6% |
| B.... | 40 | 3 | 4 | 27 | 6 | 21 | 1 | 3 | 3 |
| ... | 29.4% | 50.0% | 80.0% | 43.5% | 31.6% | 36.2% | 33.3% | 50.0% | 16.7% |
| C.... | 33 | 1 | | 13 | 4 | 15 | | | 8 |
| ... | 24.3% | 16.7% | | 21.0% | 21.1% | 25.9% | | | 44.4% |
| D.... | 11 | | | 3 | 3 | 9 | | | 2 |
| ... | 8.1% | | | 4.8% | 15.8% | 15.5% | | 33.3% | 11.1% |
| E.... | 3 | 1 | | 5 | 3 | 5 | 1 | | |
| ... | 2.2% | 16.7% | | 8.1% | 15.8% | 8.6% | 33.3% | | |
| F.... | 6 | | 1 | 3 | | | | | |
| ... | 4.4% | | 20.0% | 4.8% | | | | | |
| G.... | 35 | | | 7 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| ... | 25.7% | | | 11.3% | 10.5% | 6.9% | 33.3% | 16.7% | 11.1% |
| Total | 136 | 6 | 5 | 62 | 19 | 58 | 3 | 6 | 18 |

70321 Cuando un equipo de investigación hace un descubrimiento es correcto que lo anuncien a la prensa antes que otros científicos lo hayan discutido.

El equipo de investigación debería anunciarlo directamente al público:

- A. para obtener credibilidad por el descubrimiento y evitar que otros científicos les roben la idea.
- B. porque el público tiene el derecho a saber sobre el descubrimiento tan pronto como se haya hecho. Otros científicos pueden discutirlo más tarde.
- C. El equipo de investigación debería ser libre para decidir quien lo oye primero.

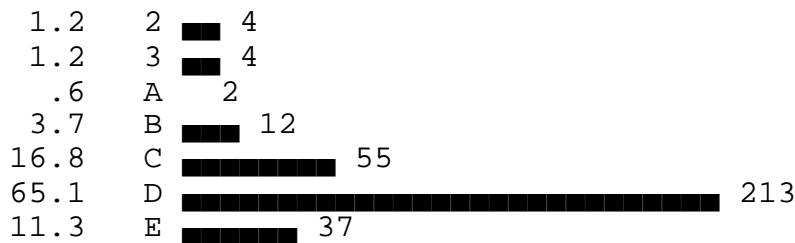
El equipo de investigación debería presentarlo primero a otros científicos para discutirlo:

- D. para comprobar y verificar el descubrimiento y evitar relatos inexactos en las publicaciones. Así se aseguraría que los errores perjudiciales o desconcertantes son solucionados antes de que se haga público.
- E. para mejorar el descubrimiento antes de que se haga público.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 705



Profesorado N = 336 Casos válidos: 327



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 2.... | 7 | | 2 | 3 | 4 | | | 2 | |
| ... 1.5% | | | 3.6% | 1.6% | 1.4% | | | 6.3% | |
| 3.... | 3 | 1 | | 1 | 2 | | 1 | | |
|6% | .5% | | | .5% | .7% | | 1.0% | | |
| A.... | 16 | 5 | | 9 | 7 | 4 | 1 | | |
| ... 3.5% | 2.7% | | | 4.9% | 2.5% | 5.1% | 1.0% | | |
| B.... | 28 | 7 | 4 | 17 | 11 | 2 | 5 | | 4 |
| ... 6.1% | 3.8% | 7.3% | 9.2% | 4.0% | 2.6% | 4.8% | | 17.4% | |
| C.... | 52 | 15 | 4 | 24 | 28 | 7 | 8 | 3 | 1 |
| ... 11.3% | 8.2% | 7.3% | 13.0% | 10.1% | 9.0% | 7.7% | 9.4% | 4.3% | |
| D.... | 306 | 145 | 40 | 108 | 198 | 61 | 84 | 23 | 17 |
| ... 66.2% | 79.7% | 72.7% | 58.7% | 71.2% | 78.2% | 80.8% | 71.9% | 73.9% | |
| E.... | 50 | 9 | 5 | 22 | 28 | 4 | 5 | 4 | 1 |
| ... 10.8% | 4.9% | 9.1% | 12.0% | 10.1% | 5.1% | 4.8% | 12.5% | 4.3% | |
| Total | 462 | 182 | 55 | 184 | 278 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| ... 1.5% | | | | | | 3.9% | | | |
| 3.... | 2 | | | 1 | | 1 | | | |
| ... 1.5% | | | | 1.3% | | 2.0% | | | |
| A.... | | | | 1 | | 1 | | | |
|6% | | | | 1.3% | | 2.0% | | | |
| B.... | 5 | | | 5 | | 2 | | | |
| ... 3.7% | | | | 6.4% | | 3.9% | | | |
| C.... | 25 | 4 | | 12 | 1 | 5 | 5 | 3 | |
| ... 18.5% | 36.4% | | | 15.4% | 7.7% | 9.8% | 71.4% | 16.7% | |
| D.... | 84 | 6 | | 50 | 11 | 34 | 2 | 13 | |
| ... 62.2% | 54.5% | | | 64.1% | 84.6% | 66.7% | 28.6% | 100% | |
| E.... | 17 | 1 | 1 | 9 | 1 | 6 | | 2 | |
| ... 12.6% | 9.1% | 100% | | 11.5% | 7.7% | 11.8% | | 11.1% | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 78 | 13 | 51 | 7 | 13 | |

70411 *Los científicos compiten por ayudas económicas para la investigación y por quien será el primero en hacer un descubrimiento. A veces, esta competencia feroz hace que los científicos actúen en secreto, robando ideas de otros científicos, y presionan por dinero. En otras palabras, a veces los científicos ignoran los ideales o las reglas de la ciencia (tales como compartir los resultados, honradez, independencia, etc.)*

A veces los científicos ignoran los ideales o reglas de la ciencia:

- A. porque esta es la forma en que alcanzan el éxito en una situación competitiva. La competencia empuja a los científicos a esforzarse más.
- B. para alcanzar recompensas personales y económicas. Cuando los científicos compiten por algo que ellos realmente desean, harán cualquier cosa por conseguirlo.
- C. para averiguar la respuesta. Con tal de llegar a la respuesta final, no importa como han llegado hasta allí.
- D. Depende. La ciencia no es diferente de otras profesiones. Algunos olvidarán los ideales de la ciencia para ir adelante y otros no lo harán.
- E. La mayoría de los científicos no compiten. La forma en que realmente trabajan, y el mejor camino para el éxito, es mediante la cooperación y siguiendo los ideales de la ciencia.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 661

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .5 | 1 | 3 | |
| 2.3 | 2 | 15 | |
| .6 | 3 | 4 | |
| 15.4 | A | 102 | |
| 8.9 | B | 59 | |
| 6.8 | C | 45 | |
| 45.7 | D | 302 | |
| 19.8 | E | 131 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

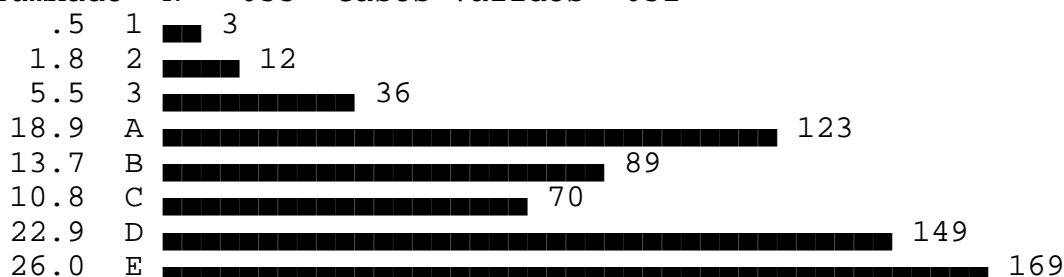
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | 1 | | 2 | | | 1 | | |
| ... | .5% | .6% | | 1.3% | | | 1.1% | | |
| 2.... | 14 | | 1 | 5 | 9 | | | | 1 |
| ... | 3.2% | | 2.0% | 3.2% | 3.2% | | | | 5.3% |
| 3.... | 3 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | | |
| ... | .7% | .6% | | 1.3% | .4% | | 1.1% | | |
| A.... | 70 | 22 | 6 | 24 | 46 | 6 | 16 | 2 | 4 |
| ... | 16.1% | 13.3% | 11.8% | 15.6% | 16.4% | 8.1% | 17.6% | 6.3% | 21.1% |
| B.... | 41 | 14 | 4 | 18 | 23 | 6 | 8 | 3 | 1 |
| ... | 9.4% | 8.5% | 7.8% | 11.7% | 8.2% | 8.1% | 8.8% | 9.4% | 5.3% |
| C.... | 29 | 15 | 1 | 16 | 13 | 9 | 6 | 1 | |
| ... | 6.7% | 9.1% | 2.0% | 10.4% | 4.6% | 12.2% | 6.6% | 3.1% | |
| D.... | 185 | 87 | 27 | 54 | 131 | 37 | 50 | 18 | 9 |
| ... | 42.5% | 52.7% | 52.9% | 35.1% | 46.6% | 50.0% | 54.9% | 56.3% | 47.4% |
| E.... | 91 | 25 | 12 | 33 | 58 | 16 | 9 | 8 | 4 |
| ... | 20.9% | 15.2% | 23.5% | 21.4% | 20.6% | 21.6% | 9.9% | 25.0% | 21.1% |
| Total | 435 | 165 | 51 | 154 | 281 | 74 | 91 | 32 | 19 |

70511 *Un científico puede jugar al tenis, ir a fiestas o escuchar conferencias con otras personas. Estos contactos sociales pueden influir en el trabajo del científico, y por tanto, estos contactos sociales pueden influir en el contenido del conocimiento científico que descubre.*

Los contactos sociales influyen en el contenido que se descubre:

- A. porque los científicos pueden ser ayudados por las ideas, experiencias o entusiasmo de la gente con quien se relacionan socialmente.
- B. porque los contactos sociales pueden servir como una parada de refresco o descanso en su trabajo; por tanto, revitalizan al científico.
- C. porque los científicos pueden ser animados por la gente a aplicar o cambiar su investigación a una nueva área importante para las necesidades de la sociedad.
- D. porque los contactos sociales permiten a los científicos observar la conducta humana y otros fenómenos científicos.
- E. Los contactos sociales NO influyen en el contenido de lo que se descubre porque el trabajo del científico no está relacionado con la vida social.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 651



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | | Baja | Media | | Alta | Alta | |
| | | Hombre | Mujer | | Hombre | Mujer | | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | | | 3 | | | | | |
|7% | | | | 1.9% | | | | | |
| 2.... | 10 | 1 | | 7 | 3 | | 1 | | |
| ... 2.3% | | .6% | | 4.3% | 1.1% | | 1.1% | | |
| 3.... | 17 | 14 | 4 | 7 | 10 | 5 | 9 | 2 | 2 |
| ... 3.9% | 8.9% | 8.9% | 7.5% | 4.3% | 3.7% | 7.1% | 10.3% | 5.9% | 10.5% |
| A.... | 78 | 26 | 18 | 27 | 51 | 12 | 14 | 13 | 5 |
| ... 18.1% | 16.6% | 16.6% | 34.0% | 16.8% | 18.8% | 17.1% | 16.1% | 38.2% | 26.3% |
| B.... | 52 | 26 | 11 | 19 | 33 | 18 | 8 | 6 | 5 |
| ... 12.0% | 16.6% | 16.6% | 20.8% | 11.8% | 12.2% | 25.7% | 9.2% | 17.6% | 26.3% |
| C.... | 46 | 19 | 4 | 19 | 27 | 6 | 13 | 3 | 1 |
| ... 10.6% | 12.1% | 12.1% | 7.5% | 11.8% | 10.0% | 8.6% | 14.9% | 8.8% | 5.3% |
| D.... | 111 | 32 | 4 | 34 | 77 | 11 | 21 | 3 | 1 |
| ... 25.7% | 20.4% | 20.4% | 7.5% | 21.1% | 28.4% | 15.7% | 24.1% | 8.8% | 5.3% |
| E.... | 115 | 39 | 12 | 45 | 70 | 18 | 21 | 7 | 5 |
| ... 26.6% | 24.8% | 24.8% | 22.6% | 28.0% | 25.8% | 25.7% | 24.1% | 20.6% | 26.3% |
| Total | 432 | 157 | 53 | 161 | 271 | 70 | 87 | 34 | 19 |

70611 Con los mismos conocimientos básicos, dos científicos pueden desarrollar la misma teoría independientemente uno de otro. El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría.

El carácter del científico NO influye en el contenido de una teoría:

- A. porque este contenido está basado en hechos y en el método científico, que no están influidos por el individuo.
- B. porque el contenido está basado en hechos. Los hechos no están influenciados por el individuo. Sin embargo, la forma en que un científico conduce un experimento será influenciada por su carácter.
- C. porque el contenido está basado en hechos. Sin embargo, la forma en que un científico interpreta los hechos será influenciada por su carácter.

El carácter del científico influirá en el contenido de una teoría:

- D. porque diferentes científicos conducen la investigación de manera diferente (por ejemplo, la prueban más profundamente o se plantean cuestiones un poco diferentes). Por tanto, obtendrán diferentes resultados. Entonces estos resultados influirán en el contenido de una teoría.
- E. porque diferentes científicos pensarán de manera diferente y tendrán ideas u opiniones un poco diferentes.
- F. porque el contenido de una teoría puede ser influenciado por lo que un científico quiere creer. El sesgo tiene una influencia.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 660

| | | |
|------|---|-----|
| 2.0 | 1 | 13 |
| 3.8 | 2 | 25 |
| 1.8 | 3 | 12 |
| 16.7 | A | 110 |
| 22.4 | B | 148 |
| 14.5 | C | 96 |
| 20.5 | D | 135 |
| 12.7 | E | 84 |
| 5.6 | F | 37 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 12 | | | 5 | 7 | | | | |
| ... 2.6% | | | | 2.8% | 2.6% | | | | |
| 2.... | 20 | 3 | 1 | 8 | 12 | | 3 | | 1 |
| ... 4.4% | 2.0% | 2.2% | 4.5% | 4.4% | | 3.6% | | 4.5% | |
| 3.... | 7 | 4 | 1 | 5 | 2 | 1 | 3 | 1 | |
| ... 1.5% | 2.7% | 2.2% | 2.8% | .7% | 1.5% | 3.6% | 4.2% | | |
| A.... | 78 | 23 | 7 | 30 | 48 | 11 | 12 | 4 | 3 |
| ... 17.2% | 15.4% | 15.2% | 16.8% | 17.5% | 16.9% | 14.3% | 16.7% | 13.6% | |
| B.... | 100 | 36 | 10 | 33 | 67 | 19 | 17 | 2 | 8 |
| ... 22.1% | 24.2% | 21.7% | 18.4% | 24.5% | 29.2% | 20.2% | 8.3% | 36.4% | |
| C.... | 62 | 23 | 7 | 20 | 42 | 9 | 14 | 2 | 5 |
| ... 13.7% | 15.4% | 15.2% | 11.2% | 15.3% | 13.8% | 16.7% | 8.3% | 22.7% | |
| D.... | 93 | 29 | 12 | 40 | 53 | 14 | 15 | 9 | 3 |
| ... 20.5% | 19.5% | 26.1% | 22.3% | 19.3% | 21.5% | 17.9% | 37.5% | 13.6% | |
| E.... | 58 | 20 | 5 | 30 | 28 | 7 | 13 | 3 | 2 |
| ... 12.8% | 13.4% | 10.9% | 16.8% | 10.2% | 10.8% | 15.5% | 12.5% | 9.1% | |
| F.... | 23 | 11 | 3 | 8 | 15 | 4 | 7 | 3 | |
| ... 5.1% | 7.4% | 6.5% | 4.5% | 5.5% | 6.2% | 8.3% | 12.5% | | |
| Total | 453 | 149 | 46 | 179 | 274 | 65 | 84 | 24 | 22 |

70711 Los científicos preparados en diferentes países tienen maneras diferentes de ver un problema científico. Esto quiere decir que el sistema educativo o la cultura de un país puede influir sobre las conclusiones que alcanzan los científicos.

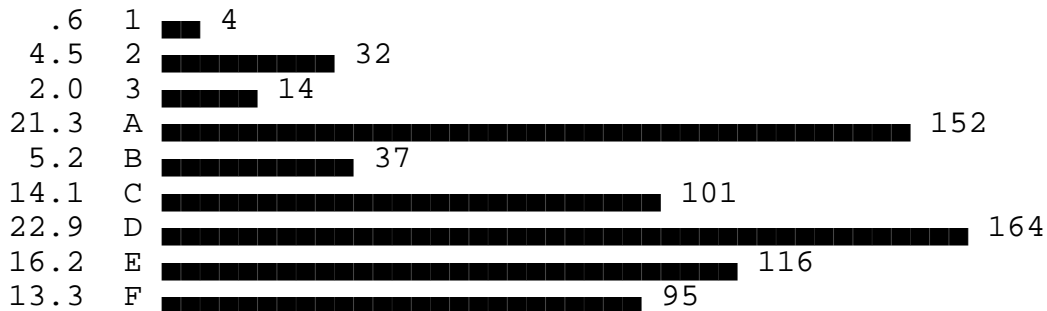
El país de hecho marca diferencias:

- A. porque la educación y la cultura afectan a todos los aspectos de la vida, incluyendo la preparación de los científicos y la manera en que piensan sobre un problema científico.
- B. porque cada país tiene un sistema diferente para enseñar la ciencia. La forma en que se enseña a resolver problemas marca diferencias en las conclusiones que alcanzan los científicos.
- C. porque el gobierno y la industria de un país sólo ayudarán económicamente los proyectos científicos que se ajusten a sus necesidades. Esto condiciona lo que un científico estudiará.
- D. Depende. La forma en que un país prepara a sus científicos puede marcar diferencias en algunos científicos. PERO otros científicos ven los problemas a su propia manera basados en sus opiniones personales.

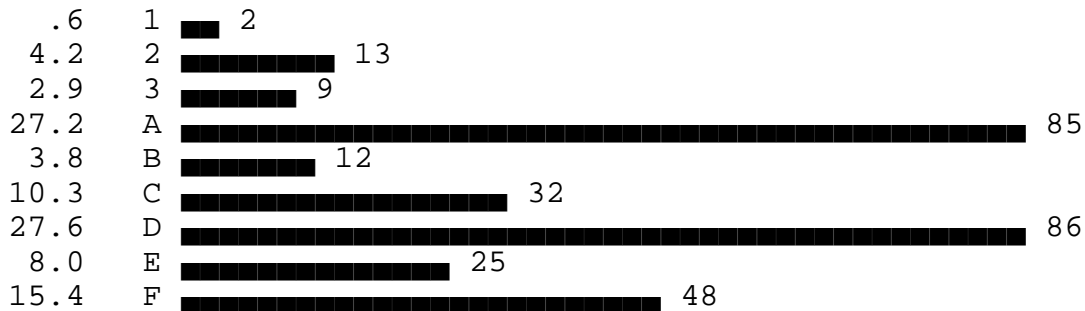
El país NO marca diferencias:

- E. porque los científicos ven los problemas a su propia manera personal, independientemente del país donde se prepararon.
- F. porque los científicos en todo el mundo usan el mismo método científico que conduce a conclusiones similares.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 715



Profesorado N = 318 Casos válidos: 312



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | | |
|6% | .6% | | | 1.1% | .3% | | 1.0% | | |
| 2.... | 26 | 5 | | 11 | 15 | 1 | 4 | | |
| ... 5.4% | 5.4% | 2.8% | | 6.0% | 5.1% | 1.4% | 3.8% | | |
| 3.... | 9 | 4 | | 4 | 5 | 1 | 3 | | |
| ... 1.9% | 1.9% | 2.3% | | 2.2% | 1.7% | 1.4% | 2.9% | | |
| A.... | 81 | 53 | 14 | 27 | 54 | 17 | 36 | 9 | 5 |
| ... 16.9% | 16.9% | 30.1% | 32.6% | 14.8% | 18.2% | 23.9% | 34.3% | 37.5% | 26.3% |
| B.... | 24 | 11 | 2 | 10 | 14 | 6 | 5 | 2 | |
| ... 5.0% | 5.0% | 6.3% | 4.7% | 5.5% | 4.7% | 8.5% | 4.8% | 8.3% | |
| C.... | 61 | 30 | 6 | 28 | 33 | 11 | 19 | 4 | 2 |
| ... 12.7% | 12.7% | 17.0% | 14.0% | 15.3% | 11.1% | 15.5% | 18.1% | 16.7% | 10.5% |
| D.... | 118 | 35 | 9 | 37 | 81 | 17 | 18 | 4 | 5 |
| ... 24.6% | 24.6% | 19.9% | 20.9% | 20.2% | 27.4% | 23.9% | 17.1% | 16.7% | 26.3% |
| E.... | 92 | 19 | 3 | 35 | 57 | 10 | 9 | 2 | 1 |
| ... 19.2% | 19.2% | 10.8% | 7.0% | 19.1% | 19.3% | 14.1% | 8.6% | 8.3% | 5.3% |
| F.... | 65 | 18 | 9 | 29 | 36 | 8 | 10 | 3 | 6 |
| ... 13.6% | 13.6% | 10.2% | 20.9% | 15.8% | 12.2% | 11.3% | 9.5% | 12.5% | 31.6% |
| Total | 479 | 176 | 43 | 183 | 296 | 71 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 2 | | | | | | | | |
| ... 1.5% | 1.5% | | | | | | | | |
| 2.... | 5 | | 1 | 2 | 3 | 2 | | | |
| ... 3.6% | 3.6% | | 20.0% | 3.3% | 16.7% | 3.4% | | | |
| 3.... | 3 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 2 |
| ... 2.2% | 2.2% | | | 1.6% | 5.6% | 1.7% | | 16.7% | 11.1% |
| A.... | 36 | 2 | 1 | 21 | 5 | 15 | | 2 | 3 |
| ... 26.3% | 26.3% | 33.3% | 20.0% | 34.4% | 27.8% | 25.9% | | 33.3% | 16.7% |
| B.... | 9 | | | 2 | | 1 | | | |
| ... 6.6% | 6.6% | | | 3.3% | | 1.7% | | | |
| C.... | 17 | 1 | | 4 | 4 | 6 | | | |
| ... 12.4% | 12.4% | 16.7% | | 6.6% | 22.2% | 10.3% | | | |
| D.... | 39 | 2 | 1 | 17 | 3 | 15 | 2 | 2 | 5 |
| ... 28.5% | 28.5% | 33.3% | 20.0% | 27.9% | 16.7% | 25.9% | 66.7% | 33.3% | 27.8% |
| E.... | 16 | 1 | | 2 | | 4 | | | 2 |
| ... 11.7% | 11.7% | 16.7% | | 3.3% | | 6.9% | | | 11.1% |
| F.... | 10 | | 2 | 12 | 2 | 14 | 1 | 1 | 6 |
| ... 7.3% | 7.3% | | 40.0% | 19.7% | 11.1% | 24.1% | 33.3% | 16.7% | 33.3% |
| Total | 137 | 6 | 5 | 61 | 18 | 58 | 3 | 6 | 18 |

70721 *Un equipo de científicos en cualquier parte del mundo (por ejemplo, América, Asia o África) investigarían el átomo básicamente de la misma manera que un equipo de científicos de nuestro país.*

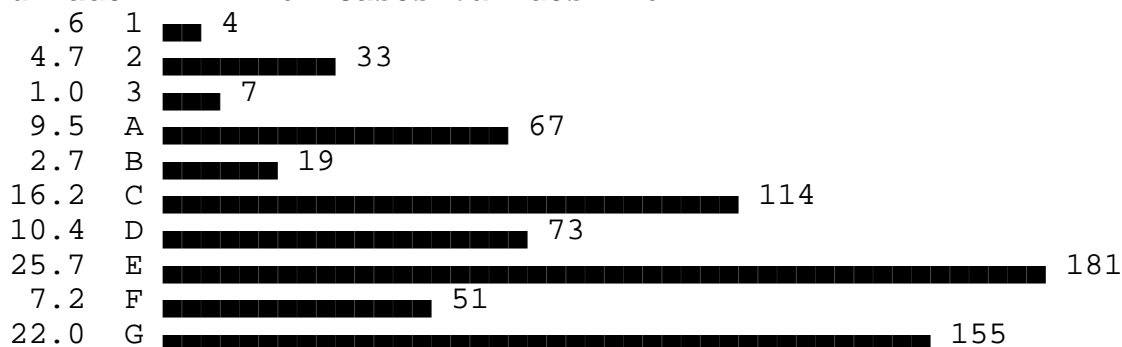
Los científicos hacen sus investigaciones de la misma manera en todo el mundo:

- A. porque la ciencia es universal. Todos los científicos usan el método científico independientemente de donde viven.
- B. porque los científicos comparten sus opiniones e ideas unos con otros.
- C. Cada equipo de científicos tienen sus propios métodos e ideas. Esto no tiene nada que ver con el país donde viven. Cada uno es diferente.

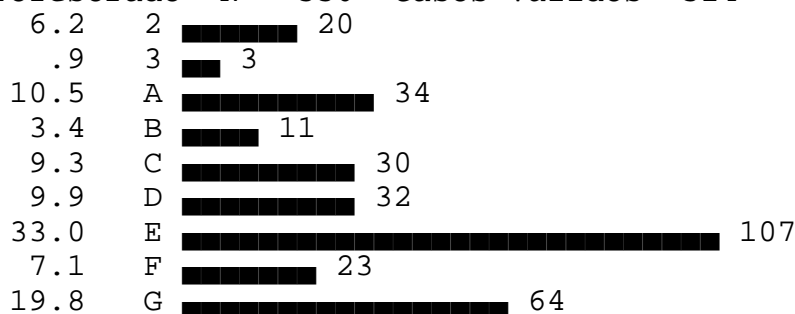
Los científicos de diferentes países hacen sus investigaciones de manera diferente:

- D. porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología disponible.
- E. porque la manera de hacer ciencia depende de la tecnología disponible, pero aún cuando los científicos usen diferente tecnología, todos usan el mismo método científico.
- F. porque la manera de hacer ciencia depende de la educación Y de la tecnología disponible.
- G. porque las diferentes condiciones sociales, recursos, ideas y cultura afectan a todo, incluyendo los métodos usados por los científicos.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 704



Profesorado N = 336 Casos válidos: 324



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | | | 2 | 2 | | | | |
| ... | .9% | | | 1.1% | .7% | | | | |
| 2.... | 25 | 4 | 3 | 7 | 18 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| ... | 5.4% | 2.2% | 5.5% | 3.8% | 6.5% | 2.6% | 1.9% | 6.3% | 4.3% |
| 3.... | 5 | 2 | | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| ... | 1.1% | 1.1% | | 1.6% | .7% | 1.3% | 1.0% | | |
| A.... | 48 | 12 | 6 | 23 | 25 | 5 | 7 | 2 | 4 |
| ... | 10.4% | 6.6% | 10.9% | 12.6% | 9.0% | 6.4% | 6.7% | 6.3% | 17.4% |
| B.... | 15 | 3 | | 9 | 6 | 2 | 1 | | |
| ... | 3.3% | 1.6% | | 4.9% | 2.2% | 2.6% | 1.0% | | |
| C.... | 89 | 15 | 8 | 35 | 54 | 7 | 8 | 6 | 2 |
| ... | 19.3% | 8.2% | 14.5% | 19.1% | 19.4% | 9.0% | 7.7% | 18.8% | 8.7% |
| D.... | 52 | 16 | 4 | 22 | 30 | 6 | 10 | 2 | 2 |
| ... | 11.3% | 8.8% | 7.3% | 12.0% | 10.8% | 7.7% | 9.6% | 6.3% | 8.7% |
| E.... | 88 | 77 | 16 | 33 | 55 | 29 | 48 | 11 | 5 |
| ... | 19.1% | 42.3% | 29.1% | 18.0% | 19.8% | 37.2% | 46.2% | 34.4% | 21.7% |
| F.... | 35 | 14 | 2 | 11 | 24 | 8 | 6 | 2 | 2 |
| ... | 7.6% | 7.7% | 3.6% | 6.0% | 8.6% | 10.3% | 5.8% | 6.3% | |
| G.... | 100 | 39 | 16 | 38 | 62 | 18 | 21 | 7 | 9 |
| ... | 21.7% | 21.4% | 29.1% | 20.8% | 22.3% | 23.1% | 20.2% | 21.9% | 39.1% |
| Total | 461 | 182 | 55 | 183 | 278 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 2.... | 14 | | | 2 | | 2 | | 1 | 1 |
| ... | 10.4% | | | 2.6% | | 4.0% | | 7.7% | 5.6% |
| 3.... | | 1 | | | 1 | | 1 | | |
| ... | | 9.1% | | | 7.7% | | 14.3% | | |
| A.... | 15 | 2 | | 7 | 1 | 6 | 1 | | 2 |
| ... | 11.1% | 18.2% | | 9.2% | 7.7% | 12.0% | 14.3% | | 11.1% |
| B.... | 3 | | | 3 | | 1 | | 1 | 3 |
| ... | 2.2% | | | 3.9% | | 2.0% | | 7.7% | 16.7% |
| C.... | 14 | 1 | | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 10.4% | 9.1% | | 3.9% | 23.1% | 12.0% | 14.3% | 7.7% | 5.6% |
| D.... | 14 | 2 | 1 | 9 | 2 | 2 | | 1 | 1 |
| ... | 10.4% | 18.2% | 100% | 11.8% | 15.4% | 4.0% | | 7.7% | 5.6% |
| E.... | 45 | 3 | | 20 | 3 | 23 | | 7 | 6 |
| ... | 33.3% | 27.3% | | 26.3% | 23.1% | 46.0% | | 53.8% | 33.3% |
| F.... | 7 | | | 9 | 2 | 2 | 1 | | 2 |
| ... | 5.2% | | | 11.8% | 15.4% | 4.0% | 14.3% | | 11.1% |
| G.... | 23 | 2 | | 23 | 1 | 8 | 3 | 2 | 2 |
| ... | 17.0% | 18.2% | | 30.3% | 7.7% | 16.0% | 42.9% | 15.4% | 11.1% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 76 | 13 | 50 | 7 | 13 | 18 |

70811 PRÓLOGO: Un equipo de científicos trabajaron juntos "en privado" en su laboratorio durante tres años y desarrollaron una nueva teoría. El equipo presentará su teoría a un grupo de científicos en una conferencia científica y escribirá un artículo en una revista científica explicando su teoría (o sea, el equipo trabajará "en público" con otros científicos). La frase siguiente compara la ciencia pública y privada.

FRASE: Cuando los científicos hacen su ciencia privada (por ejemplo, cuando trabajan en el laboratorio), su pensamiento es de mentalidad abierta, lógico, imparcial y objetivo; igual que cuando hacen su ciencia pública (por ejemplo, cuando escriben un artículo para presentación).

- A. La ciencia privada es básicamente la misma que la ciencia pública. El pensamiento de un científico es casi siempre abierto, lógico, imparcial y objetivo, tanto en privado como en público.
- B. Depende de cada científico individual. Algunos científicos actúan de manera diferente en su trabajo privado que en su trabajo público, mientras que otros actúan lo mismo.
- C. En su trabajo privado los científicos NO son necesariamente abiertos, lógicos, etc. porque están muy metidos dentro de su trabajo y llegan estar seguros de sus ideas. Por tanto, la ciencia privada puede ser diferente de la pública.
- D. En su trabajo público los científicos NO son necesariamente abiertos, lógicos, etc. porque en el momento de hacerse públicos los científicos están totalmente decididos, y necesitan persuadir a otros científicos. Por lo tanto, la ciencia privada puede ser distinta de la ciencia pública.
- E. El proceso de discutir en público con otros científicos una presentación hace las conclusiones científicas más objetivas, abiertas, etc. puesto que los sesgos serán modificados por las opiniones de otros científicos. Por tanto, la ciencia privada es diferente de la pública.
- F. Los sesgos o celos de los científicos aparecen más cuando están en público que en privado. Por tanto, la ciencia privada es diferente de la pública.
- G. En la ciencia pública hay más presión para seguir "las reglas" de la ciencia pública (aparecer con mentalidad abierta, lógico, imparcial y objetivo).

Alumnado N = 666 Casos válidos: 661

| | | |
|------|---|-----|
| 2.0 | 1 | 13 |
| 8.8 | 2 | 58 |
| 2.7 | 3 | 18 |
| 15.1 | A | 100 |
| 28.7 | B | |
| 11.2 | C | 74 |
| 5.7 | D | 38 |
| 19.2 | E | 127 |
| 3.9 | F | 26 |
| 2.6 | G | 17 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | Alta | |
|-----------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Hombre | Mujer | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 12 | 1 | | 5 | 7 | | 1 |
| ... 2.8% | .6% | | 3.2% | 2.5% | | 1.1% | |
| 2.... | 45 | 10 | 3 | 16 | 29 | 4 | 6 |
| ... 10.3% | 6.1% | 5.9% | 10.4% | 10.3% | 5.4% | 6.6% | 6.3% |
| 3.... | 12 | 5 | 1 | 4 | 8 | 1 | 4 |
| ... 2.8% | 3.0% | 2.0% | 2.6% | 2.8% | 1.4% | 4.4% | 3.1% |
| A.... | 64 | 23 | 12 | 24 | 40 | 12 | 11 |
| ... 14.7% | 13.9% | 23.5% | 15.6% | 14.2% | 16.2% | 12.1% | 12.5% |
| B.... | 128 | 46 | 13 | 37 | 91 | 22 | 24 |
| ... 29.4% | 27.9% | 25.5% | 24.0% | 32.4% | 29.7% | 26.4% | 37.5% |
| C.... | 49 | 21 | 2 | 22 | 27 | 7 | 14 |
| ... 11.3% | 12.7% | 3.9% | 14.3% | 9.6% | 9.5% | 15.4% | 3.1% |
| D.... | 23 | 10 | 4 | 12 | 11 | 7 | 3 |
| ... 5.3% | 6.1% | 7.8% | 7.8% | 3.9% | 9.5% | 3.3% | 3.1% |
| E.... | 73 | 37 | 15 | 20 | 53 | 16 | 21 |
| ... 16.8% | 22.4% | 29.4% | 13.0% | 18.9% | 21.6% | 23.1% | 31.3% |
| F.... | 18 | 8 | | 9 | 9 | 3 | 5 |
| ... 4.1% | 4.8% | | 5.8% | 3.2% | 4.1% | 5.5% | |
| G.... | 11 | 4 | 1 | 5 | 6 | 2 | 2 |
| ... 2.5% | 2.4% | 2.0% | 3.2% | 2.1% | 2.7% | 2.2% | 3.1% |
| Total | 435 | 165 | 51 | 154 | 281 | 74 | 91 |
| | | | | | | | 32 |
| | | | | | | | 19 |

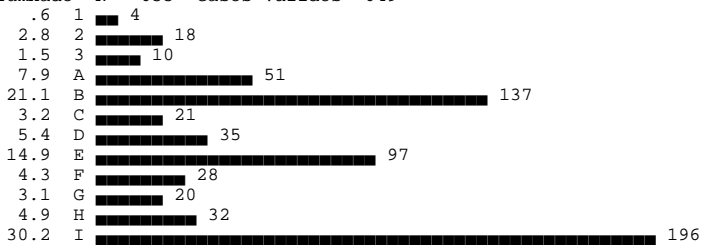
80111 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una nueva medicina para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de lo bien que funciona.

- A. La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de lo bien que funciona. No se usa algo si no funciona bien.
- B. La decisión depende de varias cosas, tales como su coste, su utilidad para la sociedad, y su efecto sobre el empleo.

La decisión NO depende necesariamente de lo bien que funciona:

- C. sino de cuanto cuesta.
- D. sino de lo que quiere o necesita la sociedad.
- E. sino de lo que ayuda al mundo y no tiene efectos negativos. Las nuevas tecnologías no son usadas si resultan perjudiciales.
- F. sino de si el gobierno en el poder lo apoya.
- G. sino de si dará beneficios a la empresa.
- H. porque algunas tecnologías se ponen en práctica antes que funcionen bien. Después, se van mejorando.
- I. depende del tipo de nueva tecnología de que se trate. En unos casos la decisión dependerá de lo bien que funcione y en otros dependerá de otras cosas.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 649



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Exposición | | | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 1 | | 1 | 2 | | | 1 | |
|7% | .6% | | | .6% | .7% | | | 1.1% | |
| 2.... | 12 | 4 | | 2 | 10 | 1 | | 3 | |
| ... 2.8% | 2.5% | | 1.3% | 3.7% | 1.4% | | | 3.4% | |
| 3.... | 8 | 2 | | 3 | 5 | 1 | | 1 | |
| ... 1.9% | 1.3% | | 1.9% | 1.9% | 1.4% | | | 1.1% | |
| A.... | 43 | 7 | 1 | 21 | 22 | 3 | | 4 | 1 |
| ... 10.0% | 4.5% | 1.9% | 13.1% | 8.1% | 4.3% | 4.6% | | 2.9% | |
| B.... | 77 | 40 | 18 | 30 | 47 | 20 | | 11 | 7 |
| ... 17.9% | 25.5% | 34.0% | 18.8% | 17.4% | 28.6% | 23.0% | | 32.4% | 36.8% |
| C.... | 13 | 6 | 2 | 9 | 4 | 3 | | 3 | 1 |
| ... 3.0% | 3.8% | 3.8% | 5.6% | 1.5% | 4.3% | 3.4% | | 2.9% | 5.3% |
| D.... | 28 | 5 | 2 | 10 | 18 | 5 | | 2 | |
| ... 6.5% | 3.2% | 3.8% | 6.3% | 6.7% | 7.1% | | | 5.9% | |
| E.... | 71 | 20 | 4 | 30 | 41 | 5 | 15 | 3 | 1 |
| ... 16.5% | 12.7% | 7.5% | 18.8% | 15.2% | 7.1% | 17.2% | 8.8% | 5.3% | |
| F.... | 18 | 8 | 2 | 5 | 13 | 5 | | 3 | 1 |
| ... 4.2% | 5.1% | 3.8% | 3.1% | 4.8% | 7.1% | 3.4% | | 2.9% | 5.3% |
| G.... | 10 | 6 | 3 | 4 | 6 | 2 | | 4 | 3 |
| ... 2.3% | 3.8% | 5.7% | 2.5% | 2.2% | 2.9% | 4.6% | | 8.8% | |
| H.... | 19 | 9 | 2 | 10 | 9 | 3 | | 6 | 2 |
| ... 4.4% | 5.7% | 3.8% | 6.3% | 3.3% | 4.3% | 6.9% | | 5.9% | |
| I.... | 128 | 49 | 19 | 35 | 93 | 22 | | 27 | 10 |
| ... 29.8% | 31.2% | 35.8% | 21.9% | 34.4% | 31.4% | 31.0% | | 29.4% | 47.4% |
| Total | 430 | 157 | 53 | 160 | 270 | 70 | 87 | 34 | 19 |

80121 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una nueva medicina para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de si los científicos han sido capaces de explicar porqué funciona.

La decisión de usar una nueva tecnología depende PRINCIPALMENTE de si los científicos han sido capaces de explicar porque funciona:

- A. porque así se pueden saber qué problemas aparecerán.
- B. porque así la sociedad podrá decidir si usarla o no; si la usa, sabrá como usarla adecuadamente y sin miedo.
- C. porque un desarrollo tecnológico tienen que funcionar en la teoría antes de que funcione en la práctica.

La decisión de usar una nueva tecnología NO depende de si los científicos pueden explicar porque funciona:

- D. porque la decisión depende de lo segura que es.
- E. porque la decisión depende de un cierto número de cosas: lo bien que funciona, su coste, su eficiencia, su utilidad para la sociedad y sus efectos sobre el empleo.
- F. porque una tecnología puede funcionar bien sin que un científico explique porque funciona.
- G. depende del tipo de nueva tecnología que se trate. En unos casos la decisión dependerá de saber como funciona y en otros casos dependerá de otras cosas.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 662

| | | |
|------|---|-----|
| 1.8 | 1 | 12 |
| 4.5 | 2 | 30 |
| 3.2 | 3 | 21 |
| 8.5 | A | 56 |
| 21.0 | B | 139 |
| 17.4 | C | 115 |
| 4.2 | D | 28 |
| 25.2 | E | 167 |
| 3.2 | F | 21 |
| 11.0 | G | 73 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 11 | 1 | | 6 | 5 | | | 1 | |
| ... 2.4% | 2.4% | .7% | | 3.3% | 1.8% | | | 1.2% | |
| 2.... | 22 | 7 | | 9 | 13 | | | 7 | |
| ... 4.8% | 4.8% | 4.7% | | 5.0% | 4.7% | | | 8.3% | |
| 3.... | 14 | 7 | | 7 | 7 | 4 | | 3 | |
| ... 3.1% | 3.1% | 4.7% | | 3.9% | 2.5% | 6.1% | | 3.6% | |
| A.... | 41 | 11 | 4 | 21 | 20 | 7 | | 4 | 3 |
| ... 9.0% | 9.0% | 7.3% | 8.7% | 11.7% | 7.3% | 10.6% | | 4.8% | 12.5% |
| B.... | 108 | 20 | 8 | 36 | 72 | 8 | | 12 | 2 |
| ... 23.7% | 23.7% | 13.3% | 17.4% | 20.0% | 26.2% | 12.1% | | 14.3% | 8.3% |
| C.... | 79 | 25 | 8 | 31 | 48 | 7 | | 18 | 7 |
| ... 17.4% | 17.4% | 16.7% | 17.4% | 17.2% | 17.5% | 10.6% | | 21.4% | 29.2% |
| D.... | 19 | 6 | 2 | 11 | 8 | 4 | | 2 | 1 |
| ... 4.2% | 4.2% | 4.0% | 4.3% | 6.1% | 2.9% | 6.1% | | 2.4% | 4.2% |
| E.... | 103 | 45 | 16 | 40 | 63 | 23 | | 22 | 7 |
| ... 22.6% | 22.6% | 30.0% | 34.8% | 22.2% | 22.9% | 34.8% | | 26.2% | 29.2% |
| F.... | 11 | 6 | 4 | 4 | 7 | 3 | | 3 | 2 |
| ... 2.4% | 2.4% | 4.0% | 8.7% | 2.2% | 2.5% | 4.5% | | 3.6% | 8.3% |
| G.... | 47 | 22 | 4 | 15 | 32 | 10 | | 12 | 2 |
| ... 10.3% | 10.3% | 14.7% | 8.7% | 8.3% | 11.6% | 15.2% | | 14.3% | 8.3% |
| Total | 455 | 150 | 46 | 180 | 275 | 66 | | 84 | 24 |

80131 Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una medicina nueva para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de si las ventajas para la sociedad compensan las desventajas.

- A. La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede desanimar su desarrollo posterior.
- B. La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de su coste y de su eficiencia.
- C. Depende del punto de vista que se tenga. Lo que es una ventaja para unos puede ser una desventaja para otros.
- D. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero o alcanzar poder, aún cuando sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas.
- E. depende del tipo de nueva tecnología que se trate. En unos casos la decisión dependerá de las ventajas o desventajas y en otros casos dependerá de otras cosas.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 699

| | | | |
|------|---|--|-----|
| .6 | 1 | █ | 4 |
| 3.1 | 2 | ██ | 22 |
| 1.0 | 3 | ██ | 7 |
| 15.2 | A | ████████████████████ | 106 |
| 31.5 | B | ██ | 220 |
| 10.4 | C | ████████████████ | 73 |
| 16.0 | D | ████████████████████ | 112 |
| 22.2 | E | ████████████████████████████ | 155 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | | | 3 | 1 | | | | |
| ... | .8% | | | 1.7% | .3% | | | | |
| 2.... | 19 | 2 | 1 | 8 | 11 | | 2 | | 1 |
| ... | 4.0% | 1.3% | 2.1% | 4.5% | 3.7% | | 2.2% | | 5.6% |
| 3.... | 7 | | | 1 | 6 | | | | |
| ... | 1.5% | | | .6% | 2.0% | | | | |
| A.... | 79 | 18 | 7 | 38 | 41 | 9 | 9 | 4 | 3 |
| ... | 16.6% | 11.5% | 14.6% | 21.2% | 13.8% | 13.2% | 10.1% | 13.3% | 16.7% |
| B.... | 131 | 60 | 24 | 43 | 88 | 22 | 38 | 15 | 9 |
| ... | 27.5% | 38.2% | 50.0% | 24.0% | 29.5% | 32.4% | 42.7% | 50.0% | 50.0% |
| C.... | 54 | 16 | 2 | 25 | 29 | 9 | 7 | 1 | 1 |
| ... | 11.3% | 10.2% | 4.2% | 14.0% | 9.7% | 13.2% | 7.9% | 3.3% | 5.6% |
| D.... | 70 | 31 | 7 | 23 | 47 | 14 | 17 | 5 | 2 |
| ... | 14.7% | 19.7% | 14.6% | 12.8% | 15.8% | 20.6% | 19.1% | 16.7% | 11.1% |
| E.... | 113 | 30 | 7 | 38 | 75 | 14 | 16 | 5 | 2 |
| ... | 23.7% | 19.1% | 14.6% | 21.2% | 25.2% | 20.6% | 18.0% | 16.7% | 11.1% |
| Total | 477 | 157 | 48 | 179 | 298 | 68 | 89 | 30 | 18 |

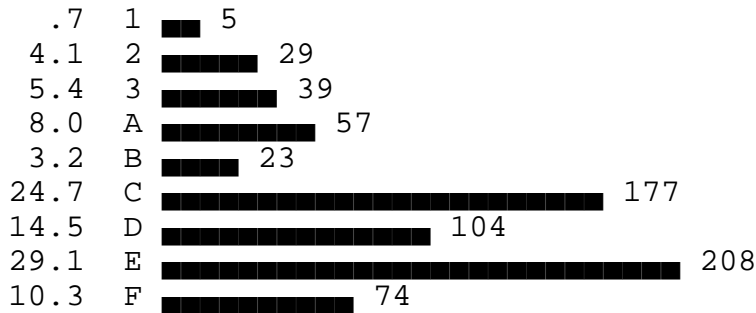
80211 *El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos.*

- A. Sí, porque cada generación de científicos y tecnólogos que desarrollarán la tecnología sale de la población de ciudadanos. Por tanto, los ciudadanos controlan un poco los avances en tecnología.
- B. Sí, porque los avances tecnológicos son patrocinados por el gobierno. Al elegir el gobierno, los ciudadanos controlan lo que este patrocina.
- C. Sí, porque la tecnología sirve a las necesidades de los consumidores. El desarrollo tecnológico tendrá lugar en áreas de alta demanda y donde se pueden tener beneficios en el mercado.
- D. Sí, pero sólo cuando los ciudadanos están unidos y se hacen oír, bien a favor o bien en contra de un nuevo desarrollo. La gente organizada puede cambiar prácticamente todo.

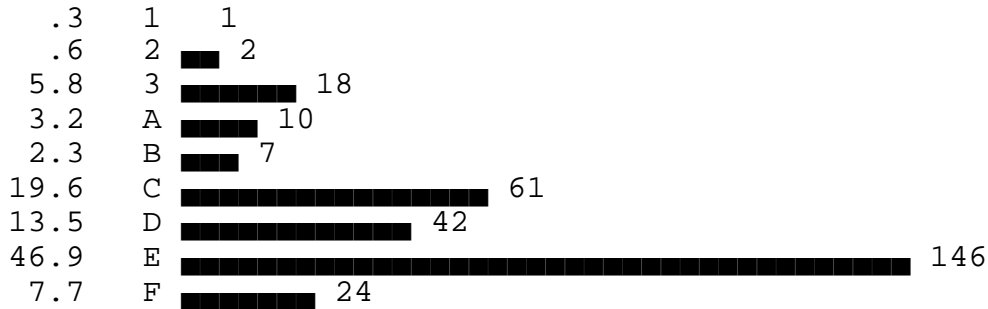
No, los ciudadanos NO están implicados en controlar el desarrollo tecnológico:

- E. porque la tecnología avanza tan rápido que el ciudadano medio se mantiene ignorante del desarrollo.
- F. porque se evita que los ciudadanos hagan eso por quienes tienen el poder de desarrollar la tecnología.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 716



Profesorado N = 318 Casos válidos: 311



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 2 | | 3 | | | 2 | | |
| ... | .6% | 1.1% | | 1.6% | | | 1.9% | | |
| 2.... | 25 | 4 | | 9 | 16 | 2 | 2 | | |
| ... | 5.2% | 2.3% | | 4.9% | 5.4% | 2.8% | 1.9% | | |
| 3.... | 24 | 7 | 5 | 11 | 13 | 6 | 1 | 3 | 2 |
| ... | 5.0% | 4.0% | 11.6% | 6.0% | 4.4% | 8.3% | 1.0% | 12.5% | 10.5% |
| A.... | 42 | 13 | 1 | 15 | 27 | 4 | 9 | 1 | |
| ... | 8.8% | 7.3% | 2.3% | 8.2% | 9.1% | 5.6% | 8.6% | 4.2% | |
| B.... | 17 | 4 | | 10 | 7 | 1 | 3 | | |
| ... | 3.5% | 2.3% | | 5.5% | 2.4% | 1.4% | 2.9% | | |
| C.... | 108 | 57 | 11 | 35 | 73 | 24 | 33 | 5 | 6 |
| ... | 22.5% | 32.2% | 25.6% | 19.1% | 24.7% | 33.3% | 31.4% | 20.8% | 31.6% |
| D.... | 69 | 28 | 4 | 26 | 43 | 17 | 11 | 3 | 1 |
| ... | 14.4% | 15.8% | 9.3% | 14.2% | 14.5% | 23.6% | 10.5% | 12.5% | 5.3% |
| E.... | 135 | 47 | 21 | 49 | 86 | 15 | 32 | 11 | 10 |
| ... | 28.2% | 26.6% | 48.8% | 26.8% | 29.1% | 20.8% | 30.5% | 45.8% | 52.6% |
| F.... | 56 | 15 | 1 | 25 | 31 | 3 | 12 | 1 | |
| ... | 11.7% | 8.5% | 2.3% | 13.7% | 10.5% | 4.2% | 11.4% | 4.2% | |
| Total | 479 | 177 | 43 | 183 | 296 | 72 | 105 | 24 | 19 |

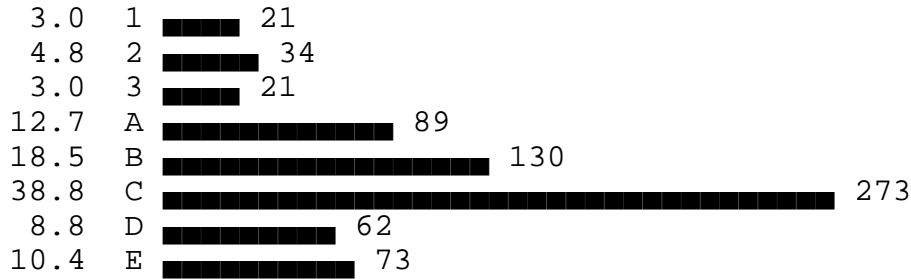
Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | | | | | | | | 1 |
| ... | | | | | | | | | 5.6% |
| 2.... | | | | | | | | | 2 |
| ... | | | | | | | | | 11.1% |
| 3.... | 6 | | | 4 | 1 | 4 | | | 3 |
| ... | 4.4% | | | 6.6% | 5.6% | 6.9% | | | 16.7% |
| A.... | 4 | | | 4 | | 1 | | | 1 |
| ... | 2.9% | | | 6.6% | | 1.7% | | | 5.6% |
| B.... | 4 | | | 2 | | | | | 1 |
| ... | 2.9% | | | 3.3% | | | | | 16.7% |
| C.... | 26 | 1 | 1 | 6 | 8 | 14 | 1 | 1 | 3 |
| ... | 19.1% | 16.7% | 20.0% | 9.8% | 44.4% | 24.1% | 33.3% | 16.7% | 16.7% |
| D.... | 18 | 1 | | 9 | 1 | 10 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 13.2% | 16.7% | | 14.8% | 5.6% | 17.2% | 33.3% | 16.7% | 5.6% |
| E.... | 67 | 2 | 4 | 34 | 6 | 24 | 1 | 3 | 5 |
| ... | 49.3% | 33.3% | 80.0% | 55.7% | 33.3% | 41.4% | 33.3% | 50.0% | 27.8% |
| F.... | 11 | 2 | | 2 | 2 | 5 | | | 2 |
| ... | 8.1% | 33.3% | | 3.3% | 11.1% | 8.6% | | | 11.1% |
| Total | 136 | 6 | 5 | 61 | 18 | 58 | 3 | 6 | 18 |

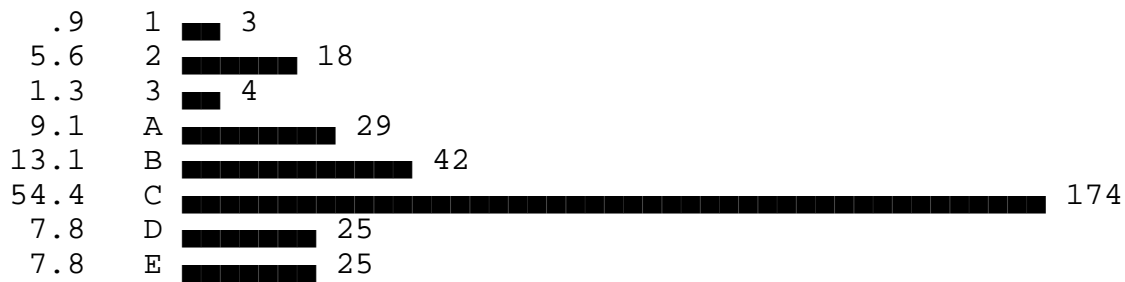
90111 *Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán diferentes si los científicos creen en diferentes teorías.*

- A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas diferentes.
- B. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.
- C. Las observaciones científicas no diferirán mucho aún cuando los científicos creen en teorías diferentes. Si los científicos son realmente competentes sus observaciones serán similares.
- D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.
- E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 703



Profesorado N = 336 Casos válidos: 320



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 19 | 1 | 1 | 8 | 11 | 1 | | | 1 |
| ... | 4.1% | .6% | 1.8% | 4.4% | 4.0% | 1.3% | | | 3.1% |
| 2.... | 26 | 8 | | 9 | 17 | 3 | 5 | | |
| ... | 5.6% | 4.4% | | 4.9% | 6.1% | 3.9% | 4.8% | | |
| 3.... | 14 | 6 | 1 | 4 | 10 | 2 | 4 | | 1 |
| ... | 3.0% | 3.3% | 1.8% | 2.2% | 3.6% | 2.6% | 3.8% | | 3.1% |
| A.... | 63 | 17 | 9 | 30 | 33 | 4 | 13 | | 7 |
| ... | 13.7% | 9.4% | 16.4% | 16.4% | 11.9% | 5.2% | 12.5% | | 21.9% |
| B.... | 86 | 35 | 8 | 39 | 47 | 17 | 18 | | 3 |
| ... | 18.7% | 19.3% | 14.5% | 21.3% | 16.9% | 22.1% | 17.3% | | 9.4% |
| C.... | 164 | 83 | 24 | 53 | 111 | 35 | 48 | | 13 |
| ... | 35.6% | 45.9% | 43.6% | 29.0% | 39.9% | 45.5% | 46.2% | | 40.6% |
| D.... | 46 | 11 | 5 | 20 | 26 | 4 | 7 | | 3 |
| ... | 10.0% | 6.1% | 9.1% | 10.9% | 9.4% | 5.2% | 6.7% | | 9.4% |
| E.... | 43 | 20 | 7 | 20 | 23 | 11 | 9 | | 4 |
| ... | 9.3% | 11.0% | 12.7% | 10.9% | 8.3% | 14.3% | 8.7% | | 12.5% |
| Total | 461 | 181 | 55 | 183 | 278 | 77 | 104 | | 32 |
| | | | | | | | | | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 2 | | | | | | | | 1 |
| ... | 1.5% | | | | | | | | 2.0% |
| 2.... | 12 | | | 5 | | | | | 1 |
| ... | 8.9% | | | 6.8% | | | | | 2.0% |
| 3.... | 2 | | | | | | | | 1 |
| ... | 1.5% | | | | | | | | 2.0% |
| A.... | 10 | 2 | | 9 | 1 | | 1 | | 4 |
| ... | 7.4% | 20.0% | | 12.2% | 7.7% | | 14.3% | | 11.1% |
| B.... | 7 | 3 | 1 | 18 | 3 | | 6 | 3 | 1 |
| ... | 5.2% | 30.0% | 100% | 24.3% | 23.1% | | 12.2% | 23.1% | 5.6% |
| C.... | 77 | 5 | | 36 | 7 | | 30 | 6 | 6 |
| ... | 57.0% | 50.0% | | 48.6% | 53.8% | | 61.2% | 85.7% | 46.2% |
| D.... | 13 | | | 3 | 1 | | 3 | | 5 |
| ... | 9.6% | | | 4.1% | 7.7% | | 6.1% | | 27.8% |
| E.... | 12 | | | 3 | 1 | | 3 | | 3 |
| ... | 8.9% | | | 4.1% | 7.7% | | 6.1% | 23.1% | 16.7% |
| Total | 135 | 10 | 1 | 74 | 13 | | 49 | 7 | 13 |
| | | | | | | | | | 18 |

90211 Muchos modelos científicos usados en los laboratorios de investigación (tales como el modelo del calor, de las neuronas, el DNA o el átomo) son copias de la realidad.

Los modelos científicos SON copias de la realidad:

- A. porque los científicos dicen que son verdaderos, por tanto deben serlo.
- B. porque hay muchas evidencias científicas que prueban que son verdaderos.
- C. porque son verdaderos para la vida. Su objetivo es mostrarnos la realidad o enseñarnos algo sobre ella.
- D. Los modelos científicos son muy aproximadamente copias de la realidad, porque están basados en observaciones científicas e investigación.

Los modelos científicos NO son copias de la realidad:

- E. porque simplemente son útiles para aprender y explicar, dentro de sus limitaciones.
- F. porque cambian con el tiempo y con el estado del conocimiento, como lo hacen las teorías.
- G. porque estos modelos deben ser ideas o conjeturas bien informadas, ya que el objeto real no se puede ver.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 657

| | | |
|------|---|-----|
| 3.0 | 1 | 20 |
| 9.3 | 2 | 61 |
| 2.1 | 3 | 14 |
| 1.8 | A | 12 |
| 9.0 | B | 59 |
| 15.7 | C | 103 |
| 33.6 | D | 221 |
| 7.9 | E | 52 |
| 12.3 | F | 81 |
| 5.2 | G | 34 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 17 | 3 | | 5 | 12 | 2 | 1 | | |
| ... 3.9% | | 1.8% | | 3.3% | 4.3% | 2.7% | 1.1% | | |
| 2.... | 52 | 7 | 2 | 13 | 39 | 3 | 4 | 1 | 1 |
| ... 12.0% | | 4.3% | 3.9% | 8.6% | 13.9% | 4.1% | 4.4% | 3.1% | 5.3% |
| 3.... | 7 | 4 | 2 | 3 | 4 | | 4 | 2 | |
| ... 1.6% | | 2.4% | 3.9% | 2.0% | 1.4% | | 4.4% | 6.3% | |
| A.... | 11 | 1 | | 8 | 3 | 1 | | | |
| ... 2.5% | | .6% | | 5.3% | 1.1% | 1.4% | | | |
| B.... | 40 | 15 | 3 | 14 | 26 | 6 | 9 | | 3 |
| ... 9.3% | | 9.1% | 5.9% | 9.2% | 9.3% | 8.2% | 9.9% | | 15.8% |
| C.... | 70 | 23 | 7 | 27 | 43 | 12 | 11 | 4 | 3 |
| ... 16.2% | | 14.0% | 13.7% | 17.8% | 15.4% | 16.4% | 12.1% | 12.5% | 15.8% |
| D.... | 129 | 72 | 19 | 35 | 94 | 28 | 44 | 11 | 8 |
| ... 29.9% | | 43.9% | 37.3% | 23.0% | 33.6% | 38.4% | 48.4% | 34.4% | 42.1% |
| E.... | 33 | 10 | 7 | 16 | 17 | 7 | 3 | 6 | 1 |
| ... 7.6% | | 6.1% | 13.7% | 10.5% | 6.1% | 9.6% | 3.3% | 18.8% | 5.3% |
| F.... | 53 | 21 | 5 | 21 | 32 | 8 | 13 | 4 | 1 |
| ... 12.3% | | 12.8% | 9.8% | 13.8% | 11.4% | 11.0% | 14.3% | 12.5% | 5.3% |
| G.... | 20 | 8 | 6 | 10 | 10 | 6 | 2 | 4 | 2 |
| ... 4.6% | | 4.9% | 11.8% | 6.6% | 3.6% | 8.2% | 2.2% | 12.5% | 10.5% |
| Total | 432 | 164 | 51 | 152 | 280 | 73 | 91 | 32 | 19 |

90511 *Las ideas científicas se desarrollan desde hipótesis hasta teorías, y finalmente, si son suficientemente buenas, hasta constituir leyes.*

Las hipótesis pueden conducir a teorías que pueden llevar a leyes:

- A. porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si se prueba que es correcta, llega a ser una teoría. Después que una teoría se ha probado verdadera varias veces por diferentes personas y que se maneja durante largo tiempo, se convierte en ley.
- B. porque una hipótesis se comprueba con experimentos. Si existe evidencia que la apoya, es una teoría. Después que una teoría se ha comprobado muchas veces y parecer ser esencialmente correcta, es suficiente para llegar a ser una ley.
- C. porque es una manera lógica para desarrollar las ideas científicas.
- D. Las teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase. Las teorías se basan en ideas científicas que son ciertas en menos del 100%, y por eso no se puede probar que las teorías sean verdaderas. Las leyes, sin embargo, están sólo basadas en hechos y son seguras al 100%.
- E. Las teorías no pueden convertirse en leyes porque ambas son ideas de distinta clase. Las leyes describen fenómenos naturales. Las teorías explican fenómenos naturales. Por tanto las teorías no pueden convertirse en leyes; sin embargo, con evidencias que las apoyen, las hipótesis pueden convertirse en teorías (explicaciones) o leyes (descripciones).

Alumnado N = 710 Casos válidos: 700

| | | | |
|------|---|-----|--|
| 2.9 | 1 | 20 | |
| 11.1 | 2 | 78 | |
| 2.4 | 3 | 17 | |
| 29.4 | A | 206 | |
| 21.3 | B | 149 | |
| 9.6 | C | 67 | |
| 10.4 | D | 73 | |
| 12.9 | E | 90 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 18 | 2 | | 8 | 10 | 1 | 1 | | |
| ... 3.8% | 1.3% | | | 4.4% | 3.4% | 1.5% | 1.1% | | |
| 2.... | 62 | 15 | 1 | 20 | 42 | 4 | 11 | | 1 |
| ... 13.0% | 9.6% | 2.1% | 11.0% | 14.1% | 6.0% | 12.2% | | 5.6% | |
| 3.... | 13 | 3 | 5 | 8 | | | | 2 | 1 |
| ... 2.7% | | 6.3% | 2.8% | 2.7% | | | | 6.7% | 5.6% |
| A.... | 142 | 43 | 18 | 52 | 90 | 16 | 27 | 14 | 4 |
| ... 29.7% | 27.4% | 37.5% | 28.7% | 30.3% | 23.9% | 30.0% | 46.7% | 22.2% | |
| B.... | 94 | 42 | 9 | 43 | 51 | 18 | 24 | 5 | 4 |
| ... 19.7% | 26.8% | 18.8% | 23.8% | 17.2% | 26.9% | 26.7% | 16.7% | 22.2% | |
| C.... | 37 | 21 | 4 | 13 | 24 | 13 | 8 | 2 | 2 |
| ... 7.7% | 13.4% | 8.3% | 7.2% | 8.1% | 19.4% | 8.9% | 6.7% | 11.1% | |
| D.... | 55 | 13 | 5 | 24 | 31 | 5 | 8 | 2 | 3 |
| ... 11.5% | 8.3% | 10.4% | 13.3% | 10.4% | 7.5% | 8.9% | 6.7% | 16.7% | |
| E.... | 57 | 21 | 8 | 16 | 41 | 10 | 11 | 5 | 3 |
| ... 11.9% | 13.4% | 16.7% | 8.8% | 13.8% | 14.9% | 12.2% | 16.7% | 16.7% | |
| Total | 478 | 157 | 48 | 181 | 297 | 67 | 90 | 30 | 18 |

90521 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 adecuadamente.

Las suposiciones TIENEN QUE SER verdaderas para que la ciencia progrese:

- A. porque se necesitan suposiciones correctas para tener teorías y leyes correctas. En caso contrario los científicos perderían mucho tiempo y esfuerzo empleando teorías y leyes erróneas.
- B. en caso contrario la sociedad tendría serios problemas, como una inadecuada tecnología y productos químicos peligrosos.
- C. porque los científicos hacen investigación para probar que sus suposiciones son verdaderas antes de continuar con su trabajo.
- D. Depende. A veces la ciencia necesita suposiciones verdaderas para progresar. Pero a veces la historia ha demostrado que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus suposiciones falsas.
- E. Los científicos no hacen suposiciones. Investigan una idea para averiguar si la idea es verdadera. No suponen que sea verdad.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 713

| | | |
|------|---|-----|
| .6 | 1 | 4 |
| 3.8 | 2 | 27 |
| 1.1 | 3 | 8 |
| 14.3 | A | 102 |
| 5.8 | B | 41 |
| 10.0 | C | 71 |
| 46.7 | D | 333 |
| 17.8 | E | 127 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 311

| | | |
|------|---|----|
| .3 | 1 | 1 |
| 2.6 | 2 | 8 |
| 3.5 | 3 | 11 |
| 4.5 | A | 14 |
| 1.9 | B | 6 |
| 9.6 | C | 30 |
| 60.8 | D | |
| 16.7 | E | 52 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 3 | 1 | | 2 | 1 | | 1 | | |
|6% | .6% | .6% | | 1.1% | .3% | | 1.0% | | |
| 2.... | 21 | 4 | | 4 | 17 | 2 | 2 | | |
| ... 4.4% | 4.4% | 2.3% | | 2.2% | 5.8% | 2.8% | 1.9% | | |
| 3.... | 7 | 1 | | 5 | 2 | | 1 | | |
| ... 1.5% | 1.5% | .6% | | 2.7% | .7% | | 1.0% | | |
| A.... | 78 | 18 | 3 | 29 | 49 | 8 | 10 | 1 | 2 |
| ... 16.4% | 16.4% | 10.2% | 7.0% | 15.8% | 16.7% | 11.3% | 9.5% | 4.2% | 10.5% |
| B.... | 36 | 4 | | 20 | 16 | 1 | 3 | | |
| ... 7.5% | 7.5% | 2.3% | | 10.9% | 5.4% | 1.4% | 2.9% | | |
| C.... | 49 | 15 | 5 | 22 | 27 | 7 | 8 | 4 | 1 |
| ... 10.3% | 10.3% | 8.5% | 11.6% | 12.0% | 9.2% | 9.9% | 7.6% | 16.7% | 5.3% |
| D.... | 193 | 105 | 28 | 62 | 131 | 42 | 63 | 14 | 14 |
| ... 40.5% | 40.5% | 59.7% | 65.1% | 33.9% | 44.6% | 59.2% | 60.0% | 58.3% | 73.7% |
| E.... | 90 | 28 | 7 | 39 | 51 | 11 | 17 | 5 | 2 |
| ... 18.9% | 18.9% | 15.9% | 16.3% | 21.3% | 17.3% | 15.5% | 16.2% | 20.8% | 10.5% |
| Total | 477 | 176 | 43 | 183 | 294 | 71 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | | | | | | | | 1 |
|6% | | | | | | | | | 5.6% |
| 2.... | 5 | | | 3 | | | | | |
| ... 3.6% | 3.6% | | | 4.9% | | | | | |
| 3.... | 1 | 1 | | 2 | | 4 | | | 3 |
|7% | .7% | 16.7% | | 3.3% | | 7.0% | | | 16.7% |
| A.... | 7 | | | 5 | | 1 | | 1 | |
| ... 5.1% | 5.1% | | | 8.2% | | 1.8% | | 16.7% | |
| B.... | 4 | | | 1 | | 1 | | | |
| ... 2.9% | 2.9% | | | 1.6% | | 1.8% | | | |
| C.... | 19 | 1 | | 6 | 1 | 2 | | | 1 |
| ... 13.9% | 13.9% | 16.7% | | 9.8% | 5.6% | 3.5% | | | 5.6% |
| D.... | 73 | 4 | 5 | 35 | 14 | 40 | 2 | 3 | 13 |
| ... 53.3% | 53.3% | 66.7% | 100% | 57.4% | 77.8% | 70.2% | 66.7% | 50.0% | 72.2% |
| E.... | 28 | | | 9 | 3 | 9 | 1 | 2 | |
| ... 20.4% | 20.4% | | | 14.8% | 16.7% | 15.8% | 33.3% | 33.3% | |
| Total | 137 | 6 | 5 | 61 | 18 | 57 | 3 | 6 | 18 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 40 | 6 | | 18 | 22 | 2 | 4 | | |
| ... 8.7% | 3.3% | | 9.8% | 7.9% | 2.6% | 3.8% | | | |
| 2.... | 33 | 8 | | 12 | 21 | 1 | 7 | | |
| ... 7.2% | 4.4% | | 6.6% | 7.6% | 1.3% | 6.7% | | | |
| 3.... | 22 | 15 | 2 | 7 | 15 | 9 | 6 | 1 | 1 |
| ... 4.8% | 8.2% | 3.6% | 3.8% | 5.4% | 11.5% | 5.8% | 3.1% | 4.3% | |
| A.... | 27 | 4 | | 14 | 13 | 3 | 1 | | |
| ... 5.9% | 2.2% | | 7.7% | 4.7% | 3.8% | 1.0% | | | |
| B.... | 94 | 53 | 21 | 27 | 67 | 19 | 34 | 12 | 9 |
| ... 20.4% | 29.1% | 38.2% | 14.8% | 24.1% | 24.4% | 32.7% | 37.5% | 39.1% | |
| C.... | 72 | 27 | 7 | 29 | 43 | 13 | 14 | 3 | 4 |
| ... 15.6% | 14.8% | 12.7% | 15.8% | 15.5% | 16.7% | 13.5% | 9.4% | 17.4% | |
| D.... | 39 | 25 | 12 | 14 | 25 | 12 | 13 | 8 | 4 |
| ... 8.5% | 13.7% | 21.8% | 7.7% | 9.0% | 15.4% | 12.5% | 25.0% | 17.4% | |
| E.... | 50 | 18 | 9 | 20 | 30 | 10 | 8 | 5 | 4 |
| ... 10.8% | 9.9% | 16.4% | 10.9% | 10.8% | 12.8% | 7.7% | 15.6% | 17.4% | |
| F.... | 84 | 26 | 4 | 42 | 42 | 9 | 17 | 3 | 1 |
| ... 18.2% | 14.3% | 7.3% | 23.0% | 15.1% | 11.5% | 16.3% | 9.4% | 4.3% | |
| Total | 461 | 182 | 55 | 183 | 278 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| ... 3.7% | | | 4.1% | 7.7% | 6.0% | 28.6% | 7.7% | | |
| 2.... | 13 | | | 4 | 2 | 2 | | 1 | |
| ... 9.6% | | | 5.4% | 15.4% | 4.0% | | 7.7% | | |
| 3.... | 3 | 1 | | 7 | | 5 | 1 | 2 | |
| ... 2.2% | 9.1% | | 9.5% | | 10.0% | 14.3% | 7.7% | 11.1% | |
| A.... | 9 | 1 | | 1 | 1 | 4 | | | |
| ... 6.7% | 9.1% | | 1.4% | 7.7% | 8.0% | | | | |
| B.... | 27 | 6 | | 16 | 2 | 11 | 2 | 1 | |
| ... 20.0% | 54.5% | | 21.6% | 15.4% | 22.0% | 28.6% | 7.7% | 11.1% | |
| C.... | 8 | | | 5 | 1 | 2 | | 2 | |
| ... 5.9% | | | 6.8% | 7.7% | 4.0% | | 15.4% | 5.6% | |
| D.... | 24 | | 1 | 13 | 3 | 13 | | 1 | |
| ... 17.8% | | 100% | 17.6% | 23.1% | 26.0% | | 7.7% | 38.9% | |
| E.... | 21 | 2 | | 9 | 2 | 5 | 1 | 3 | |
| ... 15.6% | 18.2% | | 12.2% | 15.4% | 10.0% | 14.3% | 23.1% | 22.2% | |
| F.... | 25 | 1 | | 16 | 1 | 5 | 1 | 3 | |
| ... 18.5% | 9.1% | | 21.6% | 7.7% | 10.0% | 14.3% | 23.1% | 11.1% | |
| Total | 135 | 11 | 1 | 74 | 13 | 50 | 7 | 13 | |

90541 *Las buenas teorías científicas explican bien las observaciones. Pero las buenas teorías son más bien simples que complicadas.*

- A. Las buenas teorías son simples. El mejor lenguaje para usar en ciencia es simple, corto y directo.
- B. Depende de cuán profundamente se quiera llegar en la explicación. Una buena teoría puede explicar algo bien de forma simple o de forma complicada.
- C. Depende de la teoría. Algunas buenas teorías son simples y otras son complicadas.
- D. Las buenas teorías pueden ser complicadas, pero debe ser posible traducirlas a un lenguaje sencillo si tienen que ser usadas.
- E. Las teorías son normalmente complicadas. Algunas cosas no pueden simplificarse si están implicados muchos detalles.
- F. La mayoría de las buenas teorías son complicadas. Si el mundo fuera más sencillo, las teorías podrían ser más sencillas.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 659

| | | |
|------|---|-----|
| 1.9 | 1 | 6 |
| 2.0 | 2 | 13 |
| 1.8 | 3 | 12 |
| 12.6 | A | 83 |
| 16.5 | B | 109 |
| 29.9 | C | |
| 23.7 | D | 156 |
| 7.9 | E | 52 |
| 4.7 | F | 31 |

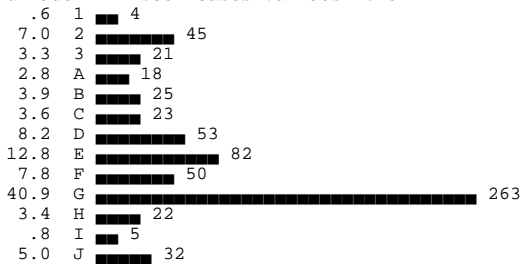
Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | | | | | | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 5 | 1 | | 1 | 4 | 1 | | | |
| ... | 1.2% | .6% | | .6% | 1.4% | 1.4% | | | |
| 2.... | 12 | | | 5 | 7 | | | | |
| ... | 2.8% | | | 3.2% | 2.5% | | | | |
| 3.... | 7 | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | |
| ... | 1.6% | 2.4% | 2.0% | 1.9% | 1.4% | 4.1% | 1.1% | 3.1% | |
| A.... | 49 | 25 | 8 | 23 | 26 | 9 | 16 | 7 | 1 |
| ... | 11.3% | 15.2% | 16.0% | 14.9% | 9.3% | 12.2% | 17.6% | 21.9% | 5.6% |
| B.... | 74 | 26 | 8 | 25 | 49 | 15 | 11 | 6 | 2 |
| ... | 17.1% | 15.8% | 16.0% | 16.2% | 17.5% | 20.3% | 12.1% | 18.8% | 11.1% |
| C.... | 142 | 31 | 22 | 47 | 95 | 14 | 17 | 15 | 7 |
| ... | 32.7% | 18.8% | 44.0% | 30.5% | 33.9% | 18.9% | 18.7% | 46.9% | 38.9% |
| D.... | 93 | 52 | 7 | 27 | 66 | 18 | 34 | 2 | 5 |
| ... | 21.4% | 31.5% | 14.0% | 17.5% | 23.6% | 24.3% | 37.4% | 6.3% | 27.8% |
| E.... | 31 | 17 | 3 | 9 | 22 | 8 | 9 | | 3 |
| ... | 7.1% | 10.3% | 6.0% | 5.8% | 7.9% | 10.8% | 9.9% | | 16.7% |
| F.... | 21 | 9 | 1 | 14 | 7 | 6 | 3 | | 1 |
| ... | 4.8% | 5.5% | 2.0% | 9.1% | 2.5% | 8.1% | 3.3% | | 3.1% |
| Total | 434 | 165 | 50 | 154 | 280 | 74 | 91 | 32 | 18 |

90611 Cuando los científicos investigan, se dice que siguen el método científico. El método científico es:

- A. procedimientos o técnicas de laboratorio; con frecuencia escritas en un libro o revista, normalmente por un científico.
- B. registrar datos muy cuidadosamente.
- C. controlar variables experimentales cuidadosamente, sin dejar lugar para la interpretación.
- D. obtener hechos, teorías o hipótesis eficientemente.
- E. comprobar y volver a comprobar, demostrando que algo es verdadero o falso de una manera válida.
- F. postular una teoría y después crear un experimento para probarla.
- G. plantear preguntas, hacer hipótesis, recoger datos y sacar conclusiones.
- H. una manera lógica y ampliamente aceptada de resolver problemas.
- I. una actitud que guía a los científicos en su trabajo.
- J. considerar lo que los científicos realmente hacen; no existe verdaderamente una cosa llamada método científico.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 643



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | Alta | |
|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Hombre | Mujer | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 4 | | | 3 | 1 | | |
| ... | .9% | | | 1.9% | .4% | | |
| 2.... | 33 | 11 | 1 | 14 | 19 | 6 | 5 |
| ... | 7.7% | 7.1% | 1.9% | 8.8% | 7.1% | 8.7% | 5.8% |
| 3.... | 11 | 7 | 3 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| ... | 2.6% | 4.5% | 5.7% | 3.8% | 1.9% | 5.8% | 3.5% |
| A.... | 17 | 1 | | 11 | 6 | | 1 |
| ... | 4.0% | .6% | | 6.9% | 2.2% | | 1.2% |
| B.... | 20 | 2 | 3 | 7 | 13 | 1 | 1 |
| ... | 4.7% | 1.3% | 5.7% | 4.4% | 4.9% | 1.4% | 1.2% |
| C.... | 15 | 8 | | 6 | 9 | 4 | 4 |
| ... | 3.5% | 5.2% | | 3.8% | 3.4% | 5.8% | 4.7% |
| D.... | 42 | 7 | 4 | 15 | 27 | 4 | 3 |
| ... | 9.9% | 4.5% | 7.5% | 9.4% | 10.1% | 5.8% | 3.5% |
| E.... | 61 | 18 | 2 | 20 | 41 | 5 | 13 |
| ... | 14.3% | 11.6% | 3.8% | 12.6% | 15.4% | 7.2% | 15.1% |
| F.... | 35 | 9 | 5 | 16 | 19 | 4 | 5 |
| ... | 8.2% | 5.8% | 9.4% | 10.1% | 7.1% | 5.8% | 5.8% |
| G.... | 154 | 76 | 29 | 49 | 105 | 32 | 44 |
| ... | 36.2% | 49.0% | 54.7% | 30.8% | 39.3% | 46.4% | 51.2% |
| H.... | 11 | 8 | 2 | 4 | 7 | 5 | 3 |
| ... | 2.6% | 5.2% | 3.8% | 2.5% | 2.6% | 7.2% | 3.5% |
| I.... | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ... | .2% | 1.3% | 3.8% | .6% | | 1.4% | 1.2% |
| J.... | 22 | 6 | 2 | 7 | 15 | 3 | 3 |
| ... | 5.2% | 3.9% | 3.8% | 4.4% | 5.6% | 4.3% | 3.5% |
| Total | 426 | 155 | 53 | 159 | 267 | 69 | 86 |

90621 *Los mejores científicos son los que siguen las etapas del método científico.*

- A. El método científico asegura resultados válidos, claros, lógicos y exactos. Por tanto, la mayoría de los científicos seguirán las etapas del método científico.
- B. el método científico debería funcionar bien para la mayoría de los científicos, basado en lo que se aprende en la escuela.
- C. El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también usarán originalidad y creatividad.
- D. Los mejores científicos son aquellos que no usan ningún método que pudiera dar resultados favorables (incluyendo el método de imaginación y creatividad).
- E. Muchos descubrimientos científicos fueron hechos por casualidad, y no siguiendo el método científico.

Alumnado N = 672 Casos válidos: 658

| | | | |
|------|---|--|-----|
| 2.3 | 1 | █ | 15 |
| 6.4 | 2 | ██████ | 42 |
| 3.5 | 3 | ████ | 23 |
| 20.7 | A | ████████████████████ | 136 |
| 4.3 | B | ██████ | 28 |
| 36.0 | C | ██ | 237 |
| 3.0 | D | ██████ | 20 |
| 23.9 | E | ████████████████████████████████ | 157 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 14 | 1 | | 7 | 7 | 1 | | | |
| ... 3.1% | .7% | | 3.9% | 2.6% | 1.5% | | | | |
| 2.... | 33 | 9 | | 12 | 21 | | 9 | | |
| ... 7.3% | 6.0% | | 6.7% | 7.7% | | 10.8% | | | |
| 3.... | 16 | 7 | | 9 | 7 | 3 | 4 | | |
| ... 3.5% | 4.7% | | 5.0% | 2.6% | 4.5% | 4.8% | | | |
| A.... | 96 | 30 | 4 | 37 | 59 | 11 | 19 | 1 | 3 |
| ... 21.2% | 20.1% | 8.7% | 20.7% | 21.6% | 16.7% | 22.9% | 4.2% | 13.6% | |
| B.... | 22 | 6 | | 9 | 13 | 2 | 4 | | |
| ... 4.9% | 4.0% | | 5.0% | 4.8% | 3.0% | 4.8% | | | |
| C.... | 142 | 66 | 26 | 53 | 89 | 38 | 28 | 15 | 11 |
| ... 31.4% | 44.3% | 56.5% | 29.6% | 32.6% | 57.6% | 33.7% | 62.5% | 50.0% | |
| D.... | 17 | 2 | 1 | 10 | 7 | 2 | | | 1 |
| ... 3.8% | 1.3% | 2.2% | 5.6% | 2.6% | 3.0% | | | | 4.5% |
| E.... | 112 | 28 | 15 | 42 | 70 | 9 | 19 | 8 | 7 |
| ... 24.8% | 18.8% | 32.6% | 23.5% | 25.6% | 13.6% | 22.9% | 33.3% | 31.8% | |
| Total | 452 | 149 | 46 | 179 | 273 | 66 | 83 | 24 | 22 |

90631 Los descubrimientos científicos ocurren como resultado de una serie de investigaciones, cada una apoyada sobre la anterior, y cada una llevando lógicamente a la siguiente, hasta que se hace el descubrimiento.

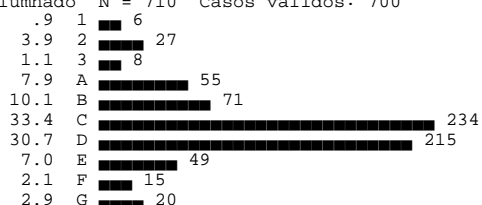
Los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones:

- A. porque los experimentos (por ejemplo, los experimentos que condujeron al modelo del átomo, o los descubrimientos sobre el cáncer) son como colocar ladrillos para hacer una pared.
- B. porque la investigación comienza comprobando los resultados de un experimento anterior para ver si es verdad. La gente que sigue adelante comprobará un nuevo experimento.
- C. Habitualmente, los descubrimientos científicos resultan de una serie lógica de investigaciones. Pero la ciencia no es tan absolutamente lógica; en el proceso, también hay una parte de ensayo y error, de acertar y fallar.
- D. Algunos descubrimientos científicos son casuales o son un producto inesperado de la intención real del científico. Sin embargo, la mayoría de descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.
- E. La mayoría de los descubrimientos científicos son casuales o son un producto inesperado de la intención real del científico. Algunos descubrimientos resultan de una serie de investigaciones construidas lógicamente una sobre la otra.

Los descubrimientos científicos no ocurren como resultado de una serie lógica de investigaciones:

- F. porque los descubrimientos con frecuencia resultan de juntar piezas de información previamente no relacionadas entre sí.
- G. porque los descubrimientos ocurren como consecuencia de una amplia variedad de estudios, que originalmente no tenían nada que ver, pero que resultó que estaban relacionados unos con otros de formas inesperadas.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 700



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | Alta | |
|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Hombre | Mujer | Total | Hombre | | Mujer | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | | | | | | | |
| ... | 5 | 1 | 6 | 2 | 3 | 1 | |
| ... | 1.0% | .6% | 1.1% | 1.1% | 1.0% | 1.1% | |
| 2.... | | | | | | | |
| ... | 26 | 1 | 27 | 8 | 18 | 1 | |
| ... | 5.4% | 2.1% | 4.4% | 4.4% | 6.1% | 5.6% | |
| 3.... | | | | | | | |
| ... | 6 | 1 | 7 | 1 | 5 | 1 | |
| ... | 1.3% | .6% | 1.3% | .6% | 1.7% | 1.5% | |
| A.... | | | | | | | |
| ... | 43 | 7 | 50 | 21 | 22 | 4 | 4 |
| ... | 9.0% | 4.4% | 8.5% | 11.6% | 7.4% | 5.9% | 3.3% |
| B.... | | | | | | | |
| ... | 56 | 12 | 68 | 24 | 32 | 2 | 10 |
| ... | 11.7% | 7.6% | 10.4% | 13.3% | 10.8% | 2.9% | 11.1% |
| C.... | | | | | | | |
| ... | 155 | 55 | 210 | 58 | 97 | 25 | 30 |
| ... | 32.4% | 34.8% | 40.4% | 32.0% | 32.7% | 36.8% | 33.3% |
| D.... | | | | | | | |
| ... | 124 | 67 | 191 | 39 | 85 | 31 | 36 |
| ... | 25.9% | 42.4% | 40.4% | 21.5% | 28.6% | 45.6% | 40.0% |
| E.... | | | | | | | |
| ... | 37 | 10 | 47 | 20 | 17 | 3 | 7 |
| ... | 7.7% | 6.3% | 7.0% | 11.0% | 5.7% | 4.4% | 7.8% |
| F.... | | | | | | | |
| ... | 11 | 2 | 13 | 5 | 6 | 1 | 1 |
| ... | 2.3% | 1.3% | 2.1% | 2.8% | 2.0% | 1.5% | 1.1% |
| G.... | | | | | | | |
| ... | 15 | 3 | 18 | 3 | 12 | 1 | 2 |
| ... | 3.1% | 1.9% | 2.1% | 1.7% | 4.0% | 1.5% | 2.2% |
| Total | 478 | 158 | 636 | 181 | 297 | 68 | 90 |

90641 Los científicos publican los resultados de su trabajo en revistas científicas. Cuando los científicos escriben un artículo para una revista organizan su informe de una manera muy ordenada y lógica. Sin embargo, los científicos hacen su trabajo realmente de una manera mucho menos ordenada y lógica.

Los artículos se escriben de una manera más lógica que el trabajo real:

- A. porque los científicos pueden pensar y trabajar siguiendo un plan establecido. Consecuentemente, si lees el orden real de sus pensamientos y procedimientos, sería confuso. Por tanto, los científicos escriben lógicamente de manera que otros científicos entiendan los resultados.
- B. porque las hipótesis son opiniones o conjeturas personales, y por tanto, no son lógicas. Por ello, los científicos escriben lógicamente de manera que otros científicos entiendan sus resultados.
- C. Habitualmente, los científicos no quieren dar "la receta" sino que quieren explicar al mundo sus resultados. Por tanto, escriben lógicamente pero de una manera que no revela como fue realmente hecho.
- D. Depende. A veces los descubrimientos científicos ocurren por casualidad. Pero otras veces los descubrimientos ocurren de una forma ordenada y lógica, justo como aparecen escritos en los artículos.

Los artículos se escriben de una manera lógica mostrando como se hizo realmente el trabajo:

- E. porque el trabajo de un científico se realiza lógicamente; en caso contrario, no sería útil para la ciencia y la tecnología.
- F. porque los científicos trabajan de una manera lógica, para que su informe publicado sea más fácil de escribir de una manera lógica.
- G. Los artículos NO se escriben necesariamente de una manera lógica. Se escriben de la misma manera en que se hizo el trabajo. Esto puede ser complicado o sencillo.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 714

| | | |
|------|---|-----|
| 1.8 | 1 | 13 |
| 8.8 | 2 | 63 |
| 3.4 | 3 | 24 |
| 15.1 | A | 108 |
| 5.9 | B | 42 |
| 20.2 | C | 144 |
| 15.4 | D | 110 |
| 14.3 | E | 102 |
| 3.6 | F | 26 |
| 11.5 | G | 82 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 309

| | | |
|------|---|----|
| 1.3 | 1 | 4 |
| 10.4 | 2 | 32 |
| 5.8 | 3 | 18 |
| 15.9 | A | 49 |
| 6.8 | B | 21 |
| 7.1 | C | 22 |
| 28.5 | D | 88 |
| 12.0 | E | 37 |
| 2.6 | F | 8 |
| 9.7 | G | 30 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 12 | 1 | | 6 | 6 | | 1 | | |
| ... 2.5% | .6% | | 3.3% | 2.0% | | 1.0% | | | |
| 2.... | 44 | 15 | 1 | 16 | 28 | 4 | 11 | 1 | |
| ... 9.2% | 8.5% | 2.3% | 8.7% | 9.5% | 5.6% | 10.5% | 4.2% | | |
| 3.... | 12 | 9 | 2 | 4 | 8 | 1 | 8 | | 2 |
| ... 2.5% | 5.1% | 4.7% | 2.2% | 2.7% | 1.4% | 7.6% | | 10.5% | |
| A.... | 69 | 29 | 10 | 28 | 41 | 11 | 18 | 5 | 5 |
| ... 14.5% | 16.4% | 23.3% | 15.3% | 13.9% | 15.3% | 17.1% | 20.8% | 26.3% | 1 |
| B.... | 28 | 7 | 4 | 9 | 19 | 2 | 5 | 3 | 1 |
| ... 5.9% | 4.0% | 9.3% | 4.9% | 6.5% | 2.8% | 4.8% | 12.5% | 5.3% | |
| C.... | 105 | 31 | 6 | 39 | 66 | 16 | 15 | 4 | 2 |
| ... 22.0% | 17.5% | 14.0% | 21.3% | 22.4% | 22.2% | 14.3% | 16.7% | 10.5% | |
| D.... | 59 | 40 | 6 | 21 | 38 | 24 | 16 | 2 | 4 |
| ... 12.4% | 22.6% | 14.0% | 11.5% | 12.9% | 33.3% | 15.2% | 8.3% | 21.1% | |
| E.... | 69 | 23 | 8 | 24 | 45 | 5 | 18 | 4 | 4 |
| ... 14.5% | 13.0% | 18.6% | 13.1% | 15.3% | 6.9% | 17.1% | 16.7% | 21.1% | |
| F.... | 16 | 6 | 4 | 13 | 3 | 4 | 2 | 4 | |
| ... 3.4% | 3.4% | 9.3% | 7.1% | 1.0% | 5.6% | 1.9% | 16.7% | | |
| G.... | 63 | 16 | 2 | 23 | 40 | 5 | 11 | 1 | 1 |
| ... 13.2% | 9.0% | 4.7% | 12.6% | 13.6% | 6.9% | 10.5% | 4.2% | 5.3% | |
| Total | 477 | 177 | 43 | 183 | 294 | 72 | 105 | 24 | 19 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 3 | | | 1 | | | | | |
| ... 2.2% | | | | 1.6% | | | | | |
| 2.... | 20 | | | 6 | 1 | 2 | | 2 | 1 |
| ... 14.9% | | | | 9.8% | 5.6% | 3.4% | | 33.3% | 5.6% |
| 3.... | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 6 | | | 4 |
|7% | 16.7% | 20.0% | | 6.6% | 5.6% | 10.3% | | | 22.2% |
| A.... | 15 | 1 | | 11 | 2 | 18 | | | 2 |
| ... 11.2% | 16.7% | | | 18.0% | 11.1% | 31.0% | | | 11.1% |
| B.... | 8 | | | 6 | 2 | 3 | | 1 | 1 |
| ... 6.0% | | | | 9.8% | 11.1% | 5.2% | | 16.7% | 5.6% |
| C.... | 11 | | 1 | 5 | 2 | 2 | | 1 | |
| ... 8.2% | | 20.0% | | 8.2% | 11.1% | 3.4% | | 16.7% | |
| D.... | 38 | 4 | 2 | 15 | 4 | 14 | 2 | 1 | 8 |
| ... 28.4% | 66.7% | 40.0% | 24.6% | 22.2% | 24.1% | 66.7% | 16.7% | 44.4% | |
| E.... | 17 | | 1 | 7 | 4 | 7 | | 1 | |
| ... 12.7% | | 20.0% | 11.5% | 22.2% | 12.1% | | 16.7% | | |
| F.... | 3 | | | 1 | 2 | | | | 2 |
| ... 2.2% | | | | 5.6% | 3.4% | | | | 11.1% |
| G.... | 18 | | | 6 | 1 | 4 | 1 | | |
| ... 13.4% | | | 9.8% | 5.6% | 6.9% | 33.3% | | | |
| Total | 134 | 6 | 5 | 61 | 18 | 58 | 3 | 6 | 18 |

90651 *Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque estos errores retrasan el avance de la ciencia.*

- A. Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.
- B. Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la ciencia avanzará más de prisa.

Los errores NO PUEDEN evitarse:

- C. luego los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta que se alcanza un acuerdo.
- D. algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.
- E. En la mayoría de casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. La ciencia avanza detectando y corrigiendo los errores del pasado.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 703

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .4 | 1 | 3 | |
| 1.1 | 2 | 8 | |
| .4 | 3 | 3 | |
| 3.4 | A | 24 | |
| 4.6 | B | 32 | |
| 7.3 | C | 51 | |
| 55.5 | D | | |
| 27.3 | E | 192 | |

Profesorado N = 336 Casos válidos: 322

| | | | |
|------|---|-----|--|
| .6 | 3 | 2 | |
| 1.6 | A | 5 | |
| 2.5 | B | 8 | |
| 4.7 | C | 15 | |
| 66.1 | D | 213 | |
| 24.5 | E | 79 | |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 |
| ... | .4% | | 1.8% | .5% | .4% | | | | 4.3% |
| 2.... | 5 | 1 | 1 | 2 | 3 | | 1 | | 1 |
| ... | 1.1% | .5% | 1.8% | 1.1% | 1.1% | | 1.0% | | 4.3% |
| 3.... | 3 | | | | 3 | | | | |
| ... | .7% | | | | 1.1% | | | | |
| A.... | 19 | 4 | 1 | 12 | 7 | 3 | 1 | 1 | |
| ... | 4.1% | 2.2% | 1.8% | 6.6% | 2.5% | 3.8% | 1.0% | 3.1% | |
| B.... | 25 | 5 | 2 | 12 | 13 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 5.4% | 2.7% | 3.6% | 6.6% | 4.7% | 5.1% | 1.0% | 3.1% | 4.3% |
| C.... | 44 | 3 | 2 | 22 | 22 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 9.6% | 1.6% | 3.6% | 12.0% | 7.9% | 2.6% | 1.0% | 3.1% | 4.3% |
| D.... | 231 | 123 | 35 | 79 | 152 | 45 | 78 | 19 | 16 |
| ... | 50.2% | 67.6% | 63.6% | 43.2% | 54.9% | 57.7% | 75.0% | 59.4% | 69.6% |
| E.... | 131 | 46 | 13 | 55 | 76 | 24 | 22 | 10 | 3 |
| ... | 28.5% | 25.3% | 23.6% | 30.1% | 27.4% | 30.8% | 21.2% | 31.3% | 13.0% |
| Total | 460 | 182 | 55 | 183 | 277 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 3.... | 1 | | | | | 1 | | | |
| ... | .7% | | | | | 2.0% | | | |
| A.... | 1 | | | 2 | | 1 | | | 1 |
| ... | .7% | | | 2.7% | | 2.0% | | | 5.6% |
| B.... | 3 | | | 2 | 2 | 1 | | | |
| ... | 2.2% | | | 2.7% | 15.4% | 2.0% | | | |
| C.... | 8 | | | 2 | | 4 | | | 1 |
| ... | 5.9% | | | 2.7% | | 8.2% | | | 5.6% |
| D.... | 93 | 5 | | 57 | 7 | 30 | 4 | 6 | 11 |
| ... | 68.9% | 45.5% | | 76.0% | 53.8% | 61.2% | 57.1% | 46.2% | 61.1% |
| E.... | 29 | 6 | 1 | 12 | 4 | 12 | 3 | 7 | 5 |
| ... | 21.5% | 54.5% | 100% | 16.0% | 30.8% | 24.5% | 42.9% | 53.8% | 27.8% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 75 | 13 | 49 | 7 | 13 | 18 |

90711 Aún cuando hacen predicciones basadas en conocimientos exactos, los científicos e ingenieros sólo pueden decirnos lo que probablemente podría ocurrir. No pueden decirnos con total seguridad lo que ocurrirá.

Las predicciones NUNCA son seguras:

- A. porque siempre hay lugar para el error y sucesos imprevistos que afectarán a un resultado. Nadie puede predecir el futuro con seguridad.
- B. porque los conocimientos exactos cambian a medida que se hacen nuevos descubrimientos, y por tanto, las predicciones cambiarán siempre.
- C. porque una predicción no es una declaración o un hecho. Es una conjetura bien informada.
- D. porque los científicos nunca tienen todos los hechos. Siempre hay algunos datos que faltan.
- E. Depende. Las predicciones son seguras sólo en la medida que existen conocimientos exactos e información suficiente.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 658

| | | | |
|------|---|-----|-----|
| .5 | 1 | 3 | |
| 1.7 | 2 | 11 | |
| .9 | 3 | 6 | |
| 42.4 | A | | 279 |
| 16.7 | B | 110 | |
| 12.2 | C | 80 | |
| 5.3 | D | 35 | |
| 20.4 | E | | 134 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

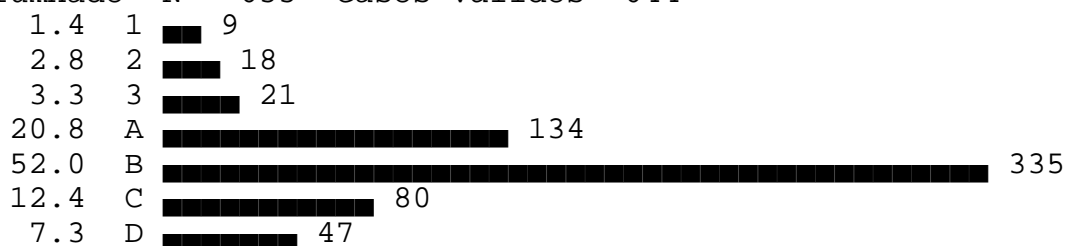
| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 2 | | | 1 | 1 | | | | |
|5% | | | | .6% | .4% | | | | |
| 2.... | 10 | | 1 | 3 | 7 | | | 1 | |
| ... 2.3% | | | | 1.9% | 2.5% | | | 3.1% | |
| 3.... | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
|7% | 1.2% | 2.0% | .6% | .7% | 1.4% | 1.1% | 3.1% | | |
| A.... | 195 | 66 | 15 | 68 | 127 | 30 | 36 | 9 | 6 |
| ... 45.0% | 40.0% | 30.0% | 44.2% | 45.5% | 40.5% | 39.6% | 28.1% | 33.3% | |
| B.... | 73 | 25 | 10 | 24 | 49 | 9 | 16 | 4 | 6 |
| ... 16.9% | 15.2% | 20.0% | 15.6% | 17.6% | 12.2% | 17.6% | 12.5% | 33.3% | |
| C.... | 44 | 29 | 6 | 12 | 32 | 16 | 13 | 4 | 2 |
| ... 10.2% | 17.6% | 12.0% | 7.8% | 11.5% | 21.6% | 14.3% | 12.5% | 11.1% | |
| D.... | 23 | 9 | 3 | 11 | 12 | 2 | 7 | 3 | |
| ... 5.3% | 5.5% | 6.0% | 7.1% | 4.3% | 2.7% | 7.7% | 9.4% | | |
| E.... | 83 | 34 | 14 | 34 | 49 | 16 | 18 | 10 | 4 |
| ... 19.2% | 20.6% | 28.0% | 22.1% | 17.6% | 21.6% | 19.8% | 31.3% | 22.2% | |
| Total | 433 | 165 | 50 | 154 | 279 | 74 | 91 | 32 | 18 |

90721 Aún cuando la gente use las matemáticas exactamente en ciencia e ingeniería, sólo se puede predecir lo que probablemente ocurrirá. Nunca se puede predecir con el 100% de seguridad.

Las predicciones nunca tienen el 100% de seguridad:

- A. porque siempre hay un error en las medidas o un error humano.
- B. porque siempre hay sucesos desconocidos o imprevistos que afectarán al resultado.
- C. Las predicciones con matemáticas son habitualmente 100% seguras, porque se basan en resultados comprobados.
- D. Las predicciones con matemáticas son habitualmente 100% seguras, porque las matemáticas son seguras, por sí mismas.

Alumnado N = 655 Casos válidos: 644



Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 7 | 2 | | 7 | 1 | 1 | | | |
| ... 1.6% | 1.3% | | | 2.6% | 1.4% | 1.2% | | | |
| 2.... | 14 | 2 | 2 | 5 | 9 | 2 | | 2 | |
| ... 3.3% | 1.3% | 3.8% | 3.1% | 3.4% | 2.9% | | | 5.9% | |
| 3.... | 11 | 8 | 2 | 4 | 7 | 6 | 2 | 2 | |
| ... 2.6% | 5.1% | 3.8% | 2.5% | 2.6% | 8.6% | 2.3% | 5.9% | | |
| A.... | 80 | 39 | 14 | 38 | 42 | 18 | 21 | 6 | 8 |
| ... 18.8% | 25.0% | 26.4% | 23.8% | 15.8% | 25.7% | 24.4% | 17.6% | 42.1% | |
| B.... | 217 | 85 | 26 | 74 | 143 | 35 | 50 | 17 | 9 |
| ... 50.9% | 54.5% | 49.1% | 46.3% | 53.8% | 50.0% | 58.1% | 50.0% | 47.4% | |
| C.... | 65 | 11 | 3 | 25 | 40 | 4 | 7 | 3 | |
| ... 15.3% | 7.1% | 5.7% | 15.6% | 15.0% | 5.7% | 8.1% | 8.8% | | |
| D.... | 32 | 9 | 6 | 14 | 18 | 4 | 5 | 4 | 2 |
| ... 7.5% | 5.8% | 11.3% | 8.8% | 6.8% | 5.7% | 5.8% | 11.8% | 10.5% | |
| Total | 426 | 156 | 53 | 160 | 266 | 70 | 86 | 34 | 19 |

91011 *Suponga que un buscador de oro "descubre" oro y que un artista "inventa" una escultura. Algunas personas piensan que los científicos "descubren" las LEYES, HIPÓTESIS y TEORÍAS científicas; otros piensan que los científicos las "inventan". ¿Qué piensa Vd.?*

Los científicos descubren las leyes, hipótesis y teorías científicas:

- A. porque las leyes, hipótesis y teorías están ahí afuera, en la naturaleza, y los científicos sólo tienen que encontrarlas.
- B. porque las leyes, hipótesis y teorías están basadas en hechos experimentales.
- C. pero los científicos inventan los métodos para encontrar esas leyes, hipótesis y teorías.
- D. algunos científicos se tropiezan con una ley por casualidad, por tanto la descubren. Pero otros científicos inventan la ley de los hechos que ya conocen.
- E. los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque los científicos interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.
- F. depende en cada caso; las leyes y teorías se descubren y las hipótesis se inventan.

Alumnado N = 719 Casos válidos: 704

| | | |
|------|---|-----|
| 1.8 | 1 | 13 |
| 4.0 | 2 | 28 |
| 2.7 | 3 | 19 |
| 14.6 | A | 103 |
| 16.5 | B | 116 |
| 9.2 | C | 65 |
| 6.3 | D | 44 |
| 27.0 | E | |
| 17.9 | F | 126 |

Profesorado N = 318 Casos válidos: 311

| | | |
|------|---|-----|
| .3 | 1 | 1 |
| 1.3 | 2 | 4 |
| 2.6 | 3 | 8 |
| 10.0 | A | 31 |
| 14.5 | B | 45 |
| 8.0 | C | 25 |
| 4.2 | D | 13 |
| 38.9 | E | 121 |
| 20.3 | F | 63 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | | | Media | | | Alta | | |
|-----------|-------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 11 | 2 | | 4 | 7 | | 2 | | |
| ... 2.4% | 1.1% | | | 2.2% | 2.4% | | 1.9% | | |
| 2.... | 24 | 2 | | 10 | 14 | | 2 | | |
| ... 5.1% | 1.1% | | | 5.6% | 4.8% | | 1.9% | | |
| 3.... | 13 | 4 | | 6 | 7 | 1 | 3 | | |
| ... 2.8% | 2.3% | | | 3.4% | 2.4% | 1.4% | 2.9% | | |
| A.... | 64 | 29 | 6 | 35 | 29 | 15 | 14 | 4 | 2 |
| ... 13.7% | 16.4% | 14.3% | | 19.6% | 10.0% | 20.8% | 13.3% | 16.7% | 11.1% |
| B.... | 72 | 34 | 9 | 16 | 56 | 7 | 27 | 4 | 5 |
| ... 15.4% | 19.2% | 21.4% | | 8.9% | 19.4% | 9.7% | 25.7% | 16.7% | 27.8% |
| C.... | 51 | 11 | 2 | 23 | 28 | 6 | 5 | 1 | 1 |
| ... 10.9% | 6.2% | 4.8% | | 12.8% | 9.7% | 8.3% | 4.8% | 4.2% | 5.6% |
| D.... | 31 | 7 | 4 | 14 | 17 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| ... 6.6% | 4.0% | 9.5% | | 7.8% | 5.9% | 5.6% | 2.9% | 8.3% | 11.1% |
| E.... | 109 | 62 | 15 | 34 | 75 | 30 | 32 | 7 | 8 |
| ... 23.3% | 35.0% | 35.7% | | 19.0% | 26.0% | 41.7% | 30.5% | 29.2% | 44.4% |
| F.... | 93 | 26 | 6 | 37 | 56 | 9 | 17 | 6 | 6 |
| ... 19.9% | 14.7% | 14.3% | | 20.7% | 19.4% | 12.5% | 16.2% | 25.0% | |
| Total | 468 | 177 | 42 | 179 | 289 | 72 | 105 | 24 | 18 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-----------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | | | 1 | | | | | |
| ... 1.6% | | | | 1 | | | | | |
| 2.... | 3 | | | 1 | | | | | |
| ... 2.2% | | | | 1 | | | | | |
| 3.... | 2 | | 1 | 1 | | 2 | | | 2 |
| ... 1.5% | | 20.0% | | 1.6% | | 3.4% | | | 11.1% |
| A.... | 15 | | | 7 | 1 | 5 | | 2 | 1 |
| ... 11.0% | | | | 11.5% | 5.6% | 8.6% | | 33.3% | 5.6% |
| B.... | 24 | | | 5 | 3 | 9 | 2 | | 2 |
| ... 17.6% | | | | 8.2% | 16.7% | 15.5% | 66.7% | | 11.1% |
| C.... | 11 | 1 | 1 | 2 | 2 | 5 | | 1 | 2 |
| ... 8.1% | 16.7% | 20.0% | | 3.3% | 11.1% | 8.6% | | 16.7% | 11.1% |
| D.... | 5 | | | 5 | 2 | 1 | | | |
| ... 3.7% | | | | 8.2% | 11.1% | 1.7% | | | |
| E.... | 43 | 3 | 3 | 25 | 9 | 27 | | 2 | 9 |
| ... 31.6% | 50.0% | 60.0% | | 41.0% | 50.0% | 46.6% | | 33.3% | 50.0% |
| F.... | 33 | 2 | | 14 | 1 | 9 | 1 | 1 | 2 |
| ... 24.3% | 33.3% | | | 23.0% | 5.6% | 15.5% | 33.3% | 16.7% | 11.1% |
| Total | 136 | 6 | 5 | 61 | 18 | 58 | 3 | 6 | 18 |

91111 Los científicos en diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H^+ hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto hace difícil para los científicos en diferentes campos entender el trabajo de unos y otros.

Es difícil para los científicos en diferentes campos entenderse unos a otros:

- A. porque las ideas científicas dependen del punto de vista del científico o de aquello a lo que está acostumbrado el científico.
- B. porque los científicos tienen que hacer un esfuerzo para entender el lenguaje de otros campos que se superponen con su propio campo.

Es bastante fácil para los científicos en diferentes campos entenderse unos a otros:

- C. porque los científicos son inteligentes y pueden encontrar formas de aprender los diferentes lenguajes y puntos de vista de otro campo.
- D. porque han estudiado probablemente los diversos campos alguna vez.
- E. porque las ideas científicas se superponen de campo a campo. Los hechos son los hechos independientemente del campo científico que sea.

Alumnado N = 710 Casos válidos: 700

| | | |
|------|---|-----|
| 1.6 | 1 | 11 |
| 8.0 | 2 | 56 |
| 4.6 | 3 | 32 |
| 15.0 | A | 105 |
| 15.3 | B | 107 |
| 7.0 | C | 49 |
| 17.0 | D | 119 |
| 31.6 | E | 221 |

Profesorado N = 336 Casos válidos: 323

| | | |
|------|---|-----|
| .3 | 1 | 1 |
| 6.5 | 2 | 21 |
| 5.9 | 3 | 19 |
| 9.0 | A | 29 |
| 19.8 | B | 64 |
| 10.8 | C | 35 |
| 6.8 | D | 22 |
| 40.9 | E | 132 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | 11 | | | 1 | 10 | | | | |
| ... | 2.4% | | | .5% | 3.6% | | | | |
| 2.... | 49 | 4 | 3 | 15 | 34 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| ... | 10.7% | 2.2% | 5.5% | 8.2% | 12.4% | 1.3% | 2.9% | 6.3% | 4.3% |
| 3.... | 23 | 7 | 2 | 7 | 16 | 1 | 6 | 2 | |
| ... | 5.0% | 3.8% | 3.6% | 3.8% | 5.8% | 1.3% | 5.8% | 6.3% | |
| A.... | 77 | 20 | 8 | 37 | 40 | 11 | 9 | 5 | 3 |
| ... | 16.8% | 11.0% | 14.5% | 20.3% | 14.5% | 14.1% | 8.7% | 15.6% | 13.0% |
| B.... | 75 | 25 | 5 | 32 | 43 | 10 | 15 | 4 | 1 |
| ... | 16.4% | 13.7% | 9.1% | 17.6% | 15.6% | 12.8% | 14.4% | 12.5% | 4.3% |
| C.... | 31 | 13 | 3 | 20 | 11 | 7 | 6 | 2 | 1 |
| ... | 6.8% | 7.1% | 5.5% | 11.0% | 4.0% | 9.0% | 5.8% | 6.3% | 4.3% |
| D.... | 78 | 32 | 8 | 29 | 49 | 18 | 14 | 4 | 4 |
| ... | 17.1% | 17.6% | 14.5% | 15.9% | 17.8% | 23.1% | 13.5% | 12.5% | 17.4% |
| E.... | 113 | 81 | 26 | 41 | 72 | 30 | 51 | 13 | 13 |
| ... | 24.7% | 44.5% | 47.3% | 22.5% | 26.2% | 38.5% | 49.0% | 40.6% | 56.5% |
| Total | 457 | 182 | 55 | 182 | 275 | 78 | 104 | 32 | 23 |

Respuestas del profesorado según nivel educativo y grado de exposición a la ciencia.

| | Primaria | | | Secundaria | | | Universidad | | |
|-------|----------|-------|------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta | Baja | Media | Alta |
| | | | | | | | | | |
| 1.... | | | | 1 | | | | | |
| ... | | | | 1.3% | | | | | |
| 2.... | 15 | | | 3 | 1 | 1 | | 1 | |
| ... | 11.1% | | | 4.0% | 7.7% | 2.0% | | 7.7% | |
| 3.... | 5 | 1 | | 4 | | 6 | 1 | 1 | 1 |
| ... | 3.7% | 9.1% | | 5.3% | | 12.0% | 14.3% | 7.7% | 5.6% |
| A.... | 9 | 2 | | 10 | | 4 | 1 | 2 | 1 |
| ... | 6.7% | 18.2% | | 13.3% | | 8.0% | 14.3% | 15.4% | 5.6% |
| B.... | 15 | 2 | | 19 | 7 | 6 | 2 | 6 | 7 |
| ... | 11.1% | 18.2% | | 25.3% | 53.8% | 12.0% | 28.6% | 46.2% | 38.9% |
| C.... | 22 | | | 6 | | 5 | | | 2 |
| ... | 16.3% | | | 8.0% | | 10.0% | | | 11.1% |
| D.... | 10 | | | 6 | 1 | 4 | | 1 | |
| ... | 7.4% | | | 8.0% | 7.7% | 8.0% | | 7.7% | |
| E.... | 59 | 6 | 1 | 26 | 4 | 24 | 3 | 2 | 7 |
| ... | 43.7% | 54.5% | 100% | 34.7% | 30.8% | 48.0% | 42.9% | 15.4% | 38.9% |
| Total | 135 | 11 | 1 | 75 | 13 | 50 | 7 | 13 | 18 |

91121 *Los científicos en diferentes campos ven una misma cosa desde diferentes puntos de vista (por ejemplo, H⁺ hace que los químicos piensen en acidez y los físicos piensen en protones). Esto quiere decir que una idea científica tiene diferentes significados, dependiendo del campo en que trabaja el científico.*

Las ideas científicas pueden tener DIFERENTES significados en diversos campos:

- A. porque las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente en un campo que en otro.
- B. porque las ideas científicas pueden ser interpretadas de manera diferente, dependiendo del punto de vista de cada científico individual o de lo que el científico ya conoce.

Las ideas científicas tienen el MISMO significado en todos los campos:

- C. porque la idea se refiere al mismo objeto real de la naturaleza, independientemente del punto de vista que tome el científico.
- D. porque todos los campos de la ciencia están estrechamente relacionados unos con otros.
- E. para permitir a la gente en diferentes campos comunicarse unos con otros. Los científicos deben estar de acuerdo para usar los mismos significados.

Alumnado N = 666 Casos válidos: 651

| | | |
|------|---|-----|
| 1.4 | 1 | 9 |
| 7.2 | 2 | 47 |
| 3.5 | 3 | 23 |
| 29.2 | A | |
| 21.2 | B | 138 |
| 13.1 | C | 85 |
| 11.2 | D | 73 |
| 13.2 | E | 86 |

Respuestas del alumnado por grupos de exposición a la ciencia (baja, media, alta) y género.

| | Baja | Media | Alta | Baja | | Media | | Alta | |
|-----------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | | | | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer | Hombre | Mujer |
| 1.... | 9 | | | 4 | 5 | | | | |
| ... 2.1% | | | | 2.6% | 1.8% | | | | |
| 2.... | 41 | 2 | 2 | 11 | 30 | 1 | 1 | 2 | |
| ... 9.6% | 1.2% | 4.0% | 7.2% | 10.9% | 1.4% | 1.1% | 6.3% | | |
| 3.... | 11 | 10 | 1 | 4 | 7 | 6 | 4 | 1 | |
| ... 2.6% | 6.1% | 2.0% | 2.6% | 2.5% | 8.1% | 4.5% | 3.1% | | |
| A.... | 121 | 48 | 18 | 41 | 80 | 20 | 28 | 8 | 10 |
| ... 28.3% | 29.4% | 36.0% | 26.8% | 29.1% | 27.0% | 31.5% | 25.0% | 55.6% | |
| B.... | 107 | 23 | 8 | 37 | 70 | 10 | 13 | 7 | 1 |
| ... 25.0% | 14.1% | 16.0% | 24.2% | 25.5% | 13.5% | 14.6% | 21.9% | 5.6% | |
| C.... | 42 | 28 | 14 | 23 | 19 | 15 | 13 | 8 | 6 |
| ... 9.8% | 17.2% | 28.0% | 15.0% | 6.9% | 20.3% | 14.6% | 25.0% | 33.3% | |
| D.... | 41 | 27 | 4 | 13 | 28 | 10 | 17 | 3 | 1 |
| ... 9.6% | 16.6% | 8.0% | 8.5% | 10.2% | 13.5% | 19.1% | 9.4% | 5.6% | |
| E.... | 56 | 25 | 3 | 20 | 36 | 12 | 13 | 3 | |
| ... 13.1% | 15.3% | 6.0% | 13.1% | 13.1% | 16.2% | 14.6% | 9.4% | | |
| Total | 428 | 163 | 50 | 153 | 275 | 74 | 89 | 32 | 18 |