

Opiniones sobre las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad

María Antonia Manassero Mas
Ángel Vázquez Alonso

Introducción

Los análisis históricos sobre la ciencia y la tecnología muestran que éstas, lejos de constituir actividades reclusas en una torre de marfil, constituyen un fenómeno intensamente interactivo, entre ellas y con la sociedad (Iranzo, Blanco, González, Torres, y Cotillo, 1994). Los estudios sociales de la ciencia son deudores del trabajo de Thomas S. Kuhn (1962), generador e iniciador de los análisis sociológicos de la ciencia, que algunos consideran un análisis histórico, y otros, en cambio, el primer estudio sociológico de la ciencia. Los análisis sociométricos y bibliométricos de la literatura, la población y los presupuestos científicos ofrecen una idea más exacta de lo que ha constituido la explosión informativa, de recursos humanos y financieros y de penetración social 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). Un aspecto microsocia característico de la Gran

Algunos análisis históricos y sociológicos falsan la visión positivista del conocimiento científico como neutral, objetivo e impermeable a las circunstancias externas, mostrando las complejas relaciones entre la sociedad y la ciencia.

Ciencia es el trabajo colaborativo en grandes equipos multidisciplinares, de científicos e ingenieros, que se traduce en publicaciones con múltiples autores, a diferencia de las contribuciones anteriores, donde predominaba la autoría individual de los trabajos (Sánchez Ron, 1992).

El laboratorio, la fábrica de los hechos científicos, es el contexto más significativo donde se desarrolla la actividad científica. Un conjunto de estudios sociológicos de tipo etnográfico (Latour y Woolgar, 1996) han observado empírica y directamente los procesos de investigación y publicación que acontecen en un laboratorio, evitando que la actividad científica concreta y diaria desaparezca tras las reconstrucciones racionalizadoras y lógicas posteriores. El principal producto del laboratorio son los hechos que se intentan transformar en una verdad aceptada. Para ello, después de un largo proceso para crear orden a partir del desorden y el ruido de fondo, es necesario persuadir a los demás sobre un enunciado científico concreto, mediante estrategias retóricas de persuasión como modalizaciones del lenguaje (términos lingüísticos que permiten aumentar o disminuir el estatus de los enunciados) y donde 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 estudios resaltan 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, demostrando la profunda interacción entre la investigación y la publicación en la producción del conocimiento científico.

La investigación del conocimiento como una manufactura (Knorr-Cetina, 1981) defiende un punto de vista constructivista para entender la génesis del conocimiento científico, compartiendo con los estudios de laboratorio la caracterización de la práctica de los científicos como contingente, oportunista e instrumental, que intenta construir un hecho científico objetivo (descubrimiento) a partir de conjeturas iniciales. Desde esta perspectiva, un hecho científico es un conjunto de mecanismos retórico-sociales 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 del nuevo conocimiento. Estos procesos determinan las diferencias que se observan entre la investigación real del laboratorio y la presentación pública de los hallazgos científicos, donde los esfuerzos idiosincrásicos de reconstrucción se orientan a buscar la consistencia y la formalización de criterios de decisión contingentes, tales como

simplicidad, fertilidad o adaptabilidad a las observaciones, rasgos que no aparecen a los ojos del epistemólogo, ni a veces, del sociólogo. En la construcción de los enunciados científicos, la descontextualización y las sucesivas eliminaciones de incertidumbres hacen desaparecer lentamente las referencias a los contextos sociales, históricos o personales de los protagonistas.

El discurso científico es clave para esta construcción del conocimiento y está constituido por el conjunto de descripciones y representaciones verbales y no verbales (gráficos, tablas, fotografías, etc.) empleadas por los científicos para describir sus actividades y resultados técnicos. 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, a través del cual Gilbert y Mulkay (1984) han identificado dos tipos diferentes de discursos, el empirista y el contingente. 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, presentándose como resultado directo de los datos empíricos. El discurso contingente se usa en contextos informales con el objetivo de dar cuenta de los errores de otros colegas, y en general, se caracteriza por usar términos vagos e imprecisos, asociando la intrusión de factores no científicos

a la distorsión que resulta. Esta asimetría de los discursos, cuando se dirigen a una u otra finalidad, se comprueba especialmente entre grupos en abierta competencia.

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 (además de las ciencias normal y revolucionaria acuñadas por Kuhn) denominada ciencia extraordinaria, cuando se producen resultados que no encajan en el paradigma y generan debates y controversias más frecuentes, asequibles y modestos que una revolución kuhniana del paradigma. El relativismo sociológico (Barnes, 1986) considera que ni la racionalidad ni la naturaleza son universales autoevidentes, de modo que la indeterminación de la lógica y la evidencia empírica, juegan un papel en la construcción del conocimiento, a través de una convención social que le dé consistencia y coherencia (modelo cultural). 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. 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 para establecer la validez del conocimiento se hace necesario abordar el nudo gordiano, que es la resolución de las controversias generadas por la práctica científica.

En base al estudio de casos históricos, Collindridge (1989) ha propuesto tres factores que influyen en el cierre de las controversias científicas: la autonomía, la naturaleza monodisciplinar y el bajo nivel crítico de la cuestión planteada. La falta de autonomía o la dependencia de intereses muy fuertes como la producción de riesgos grandes o fuertes pérdidas a estados, grupos de presión o corporaciones, actúan en contra de la posibilidad de consenso (el ejemplo 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. Mientras un bajo nivel crítico facilita el consenso, si el nivel crítico en la controversia es excesivo el consenso se dificulta. 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, 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.

Un criterio más tradicional sugiere que la causa de finalizar un debate es la superioridad técnica de uno de los grupos en disputa, pero Collins (1985) sostiene que ésta 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. Los procesos de controversia contribuyen también notablemente al borrado de los detalles, de las modificaciones y de los elementos provisionales del conocimiento científico, en suma, de los aspectos sociales que influyen en el conocimiento.

Estos planteamientos subrayan los mecanismos internos de las controversias, pero no abordan 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 (Latour, 1992). Las interacciones entre científicos, factores y sociedad forman una red de relaciones donde existen puntos de paso obligatorio para los participantes y que permiten la acción a distancia y, eventualmente, el control de la red, de modo que los temas de fondo que se están ventilando son las relaciones de poder en la ciencia. Los resultados más tangibles de la teoría del actor-red se refieren a la explicación de los distintos procesos que permiten a un investigador imponerse a los demás. 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). La teoría actor-red considera 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, que se ha denominado tecnociencia. 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).

Las relaciones entre ciencia y tecnología han cambiado a lo largo de la historia, dando lugar a diversas conceptualizaciones de ambas. Una síntesis simple 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 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 artesanos, los arquitectos, los médicos, los ingenieros,

etc. y, en consecuencia, sometidos a las presiones y los condicionamientos de esos contextos. Fourez (1994) las ha denominado "ciencias comprometidas" para diferenciarlas de las ciencias puramente disciplinares aludidas antes.

El análisis histórico revela que durante la mayor parte del tiempo histórico, ciencia y tecnología han sido dos áreas diferenciadas. La ingenua concepción de la tecnología como 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 entre ciencia y tecnología (Habermas, 1984), aunque desde la revolución industrial este modelo pudiera resultar adecuado en ciertos aspectos muy concretos. 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 la carrera espacial, la física de partículas elementales, los semiconductores o la ingeniería genética. La figura del técnico o del científico, como perfiles alejados uno de otro pierde cada vez más sentido. Actualmente, científicos y tecnólogos forman dos comunidades en interacción permanente, hasta el punto que difícilmente se puede hablar de dos comunidades distintas, y la investigación actual progresa gracias a programas de investigación y desarrollo en el que participen grandes equipos multidisciplinarios, cuyos miembros comparten una gran especialización en sus respectivas áreas de

conocimiento, con una carga importante de teoría y de práctica. La tecnificación progresiva de la ciencia y su correlato paralelo de la cientifización de la tecnología, se pueden considerar pasos naturales, dado el protagonismo cada vez mayor de la tecnología 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 (Que-raltó, 1993).

El concepto de tecnociencia resumiría esta situación actual de integración 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. La tecnociencia

integra los elementos propios de la ciencia (conocimientos, colegios invisibles) y la tecnología (aplicaciones, sistemas socio-técnicos de uso y fabricación) en un nuevo sistema con características emergentes; no sólo produce instrumentos materiales para hacer efectivo el 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...), pero paralelamente también pueden ser fuente de efectos indirectos no deseables (contaminación, destrucción de variedad de especies...), las representaciones teóricas, por su autoridad científica, constituyen un discurso simbólico de carácter cultural que ofrece una visión cosmológica al ser humano y tienden a percibirse más neutrales y, por ello, podrían servir para legitimar las prácticas de la tecnociencia. Para ser fieles a la raíz antropológica de la tecnociencia, las visiones cosmológicas deberían ser útiles para proveer a todas las personas una correcta ubicación y tener una conciencia clara ante la naturaleza y la tecnociencia. Entre otras cosas, deberían servir para luchar contra los mitos externos e internos, como que la razón científica o la razón técnica (o ambas, la razón tecnocientífica) pueden constituirse en expresiones únicas de la racionalidad universal, y promover una conciencia clara de que, a pesar de su indudable eficacia

y posición ventajosa en la resolución de muchos problemas, las gestiones tecnocientíficas son siempre 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.

El control y la evaluación de impactos de las tecnologías, la investigación y el desarrollo pasan a ser conceptos cruciales de la realidad tecno-científica actual. Otro aspecto importante de la construcción social de la ciencia son las consecuencias sociales de las decisiones sociocientíficas (construir una central nuclear, adoptar una tecnología genética, etc.), que requieren un conocimiento específico y profundo de los aspectos técnicos implicados en la decisión. 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.

Un modelo tecnocrático se caracteriza porque las decisiones esenciales son dejadas en manos de los expertos o especialistas, en este caso, los tecnocientíficos. En el fondo del modelo tecnocrático está la creencia en la capacidad ilimitada de los expertos y en la neutralidad del conocimiento

tecnocientífico. La principal limitación proviene precisamente de la ausencia de neutralidad: 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 único, o colectivo 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 plurales, crea un paradigma científico más amplio, de modo que puede corregir los defectos de la limitación disciplinar. Sin embargo, 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).

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 y un creciente deseo de participación 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 problematizan las decisiones. 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 (Habermas, 1984) y en un estadio maduro puede alcanzar diversas formas y calidades del modelo democrático. Un modelo democrático se caracteriza porque los criterios técnico-científicos dejan de ser las únicas referencias a considerar para tener en cuenta todos los aspectos socio-políticos implicados en la decisión. A la hora de tomar la decisión es necesaria una auténtica discusión y negociación que englobe todos los criterios y permita tenerlos en cuenta. Así pues, lo más característico del modelo democrático es la negociación continua, recurrente e inacabable entre las distintas

partes implicadas en la decisión (Fourez, 1994, p. 150).

En este marco, este estudio ofrece un análisis de las actitudes y opiniones de sendas muestras de estudiantes y profesorado sobre algunas de las características y problemáticas de la construcción social de la ciencia y la tecnología.

Método

Instrumento

Un conjunto de cuestiones de papel y lápiz referidas a la construcción social de la ciencia y la tecnología y adaptadas de Aikenhead, Ryan y Fleming (1989), formando parte de un banco de cuestiones aplicadas en un estudio más amplio (Vázquez y Manassero, 1997) del que conservan el número de identificación original de cinco cifras (ver texto en las tablas adjuntas) se han aplicado a la muestra. Estas cuestiones versan sobre la lealtad de los científicos a los ideales de la ciencia o a los intereses del equipo (70111), la validación del conocimiento científico por consenso de la comunidad científica (70231), las razones de las publicaciones científicas (70311), ciencia pública y ciencia privada (70811), decisiones sobre las tecnologías (80111) y el control de las tecnologías (80211).

Todas las cuestiones tienen un formato de elección múltiple, que se inicia con un pie de unas pocas líneas, donde se plantea el

problema, seguido de una lista de alternativas, cada una de ellas identificada correlativamente con una letra, que ofrecen todo un abanico de diferentes posiciones sobre el tema planteado, finalizando siempre con tres opciones comunes que recogen tres razones para no elegir respuesta: 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.

En el estudio original el banco de cuestiones total se estructuró en seis cuestionarios diferentes. Cada encuestado sólo contestó un cuestionario, de modo que las cuestiones estudiadas aquí, pertenecientes a diferentes cuestionarios, han sido respondidas por seis muestras diferentes, aunque equivalentes entre sí, por el sistema de aplicación balanceada de cuestionarios dentro de cada aula. Debido a las limitaciones de espacio no se pueden ofrecer tabulados todos los detalles de los resultados que pueden consultarse en otro lugar (Vázquez y Manassero, 1997). El profesorado sólo contestó dos de los seis cuestionarios que contenían tres de las cuestiones (70111, 70311, 80211).

Finalmente, es importante destacar que las cuestiones aplicadas constituyen una nueva forma de prueba de opción múltiple "empíricamente desarrollada", construida sobre las respuestas previas de los propios estudiantes, y no sobre las ideas del investigador, como suele ser habitual en otros

instrumentos (Aikenhead, 1988). Con ello se evita la doctrina de la percepción immaculada, es decir, la hipótesis implícita en todos los estudios basados en cuestionarios de que los respondientes y el investigador entienden y perciben el significado y el texto de las cuestiones exactamente de la misma manera, lo cual evita la ambivalencia y distorsión de los significados en las respuestas. Los procesos metodológicos seguidos en el desarrollo empírico de las cuestiones dotan a las cuestiones de una validez inherente (Aikenhead y Ryan, 1992).

Procedimiento

En cada cuestión, los estudiantes deben seleccionar la opción que más se identifica con su actitud sobre el tema. Los cuestionarios han sido aplicados colectivamente, en los grupos clase de los alumnos que forman la muestra. La aplicación de los seis tipos distintos de cuestionarios se ha balanceado en cada grupo, entre hombres y mujeres, mediante una distribución aleatoria de cada tipo de cuestionario.

Las actitudes relacionadas con los temas científicos dependen de diversas variables, entre las cuales la cantidad de educación científica recibida y el género son algunas de las más usuales (Vázquez y Manassero, 1995, 1996). La cantidad de educación científica recibida se ha operacionalizado en una variable denominada grado de exposición a la ciencia, a través de un sistema de puntuación proporcional a la cantidad

de materias científicas cursadas por cada persona a lo largo de su currículo académico hasta el momento de responder el cuestionario, puntuación que depende del nivel, del curso y de la especialidad de los estudios seguidos por cada participante. Con esta operacionalización, los licenciados y estudiantes del último curso de ingenierías, físicas o químicas alcanzan las puntuaciones más altas, mientras los estudiantes de secundaria obligatoria, que todavía no han realizado la opción entre materias científicas y no científicas tienen la puntuación mínima. En base a estas puntuaciones la muestra total se ha dividido en tres categorías de exposición a la ciencia, baja, media y alta. Además, para el profesorado, se han considerado variables de edad y nivel educativo donde ejercen como docentes. Los resultados más relevantes obtenidos en cada uno de estos grupos no se ofrecen pormenorizados, debido a las limitaciones de espacio, aunque las diferencias no son importantes (Vázquez y Manassero, 1997).

Muestra

La compleja situación de la diversidad de estudios y modalidades en las enseñanzas de secundaria, debido al proceso de implantación anual de los estudios de reforma, provocaban cambios anuales significativos e impredecibles de las poblaciones que impedían ningún diseño muestral previo al momento de aplicación. Las directrices aplicadas en la selección de la muestra han buscado la representatividad de cada uno de

los niveles de enseñanza; la selección de participantes se hizo por grupos-clase (muestreo por cuotas), para facilitar la aplicación de los cuestionarios; la selección de grupos se hizo al azar entre todos los niveles existentes en ese momento y aproximadamente proporcional a la población de cada estrato, ante la inexistencia de datos estadísticos previos seguros (muestreo estratificado con afijación aproximadamente proporcional).

La muestra válida de alumnado está compuesta por 4.132 estudiantes de todos los niveles y modalidades del sistema educativo (titulados superiores, universitarios y secundaria), existentes en el momento de la aplicación de los cuestionarios (años 1995 y 1996), en Mallorca, cuyas edades son superiores a los 14 años (el 95% de la muestra tiene edades entre 14 y 27 años). La muestra en cada uno de los seis cuestionarios no es exactamente igual, debido a la mortalidad experimental (cuestionarios deficientemente contestados o incompletos), y se sitúa en torno a las 700 personas.

La muestra de profesorado está formada por 654 profesores (318 y 336 contestaron cada uno de los dos cuestionarios) de primaria (46%), secundaria (44%) y universidad (10%).

Resultados

Se expone la distribución de las respuestas de alumnado y profesorado seleccionadas

en cada una de las cuestiones acerca de la construcción social del conocimiento científico.

Colectivización

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. 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.

Tabla 1
Respuestas obtenidas para la cuestión 70111

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 está 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.

Gráfico 1. Alumnado N=710
Casos válidos: 706

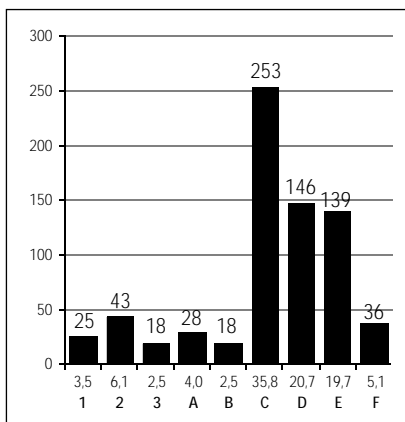
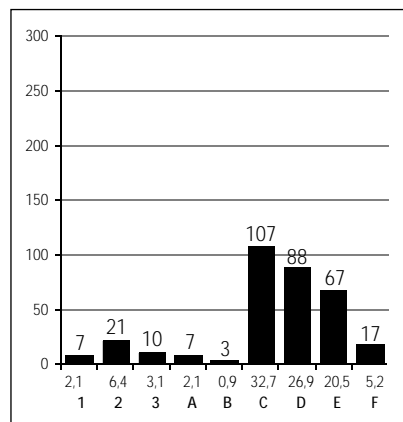


Gráfico 2. Profesorado N=336
Casos válidos: 327



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. La proporción de las opciones que sostienen la lealtad al equipo sustituyendo a la lealtad a los ideales de la ciencia es insignificante y la actitud del profesorado es intermedia, globalmente, pero inclinada significativamente hacia una posición favorable a que la lealtad a los ideales de la ciencia no es perjudicada por la lealtad al equipo.

Controversias científicas

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.

La cuestión plantea la forma consensual, convenciendo a otros científicos, sobre cómo 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 contrarias 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

La función primordial de la comunicación abierta del conocimiento científico es el progreso y avance del conocimiento científico y técnico, basados en el comunismo y universalismo de la ciencia.

Tabla 2
Respuestas obtenidas para la cuestión 70231

70231 Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Los científicos toman esta decisión por consenso: esto es, los que la proponen deben convencer a una gran mayoría de otros científicos para creer en la nueva teoría.

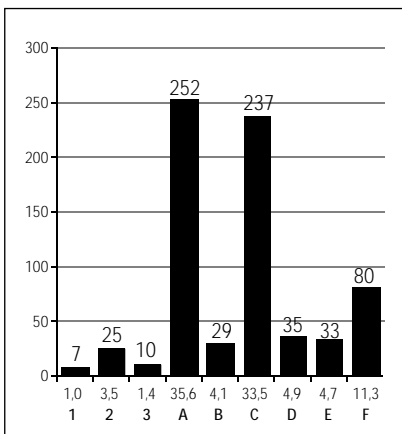
Los científicos que proponen una teoría deben convencer a otros científicos:

- A. Mostrándoles evidencias concluyentes que prueban que la teoría es verdad.
- B. Porque una teoría es útil para la ciencia sólo cuando la mayoría de los científicos creen en ella.
- C. Porque cuando un número de científicos discuten una teoría y sus ideas nuevas, los científicos probablemente revisarán o actualizarán la teoría. En resumen, alcanzando un consenso, los científicos hacen más exacta la teoría.

Los científicos que proponen una teoría NO tienen que convencer a otros científicos:

- D. Porque la evidencia de apoyo habla por sí misma.
- E. Porque los científicos individualmente decidirán por sí mismos si usan la teoría o no.
- F. Porque un científico individualmente puede aplicar la teoría en la medida en que la teoría explica resultados y es útil, independientemente de lo que creen otros científicos.

Gráfico 3. Alumnado N=710
Casos válidos: 708



Sin embargo, 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 profesionales 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 principales 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.

Tabla 3
Respuestas obtenidas para la cuestión 70311

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 los 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.

Gráfico 4. Alumnado N=719
Casos válidos: 717

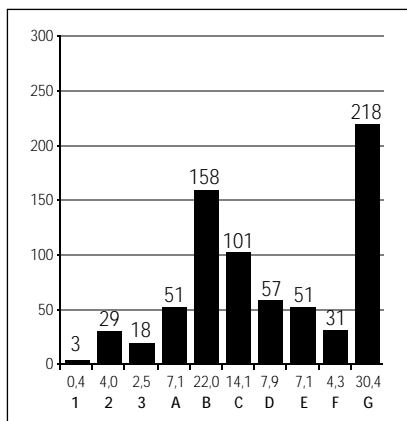
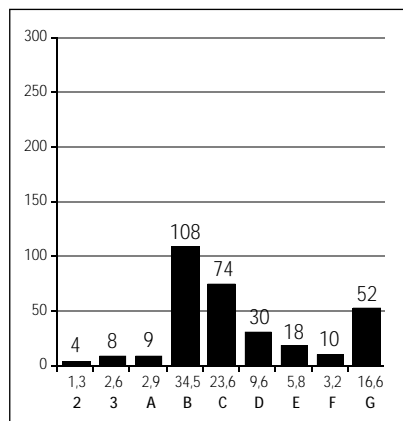


Gráfico 5. Profesorado N=318
Casos válidos: 313



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 social 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.

Competencia profesional

La comunidad científica tiene una serie de recompensas para premiar a sus miembros por sus contribuciones más meritorias.

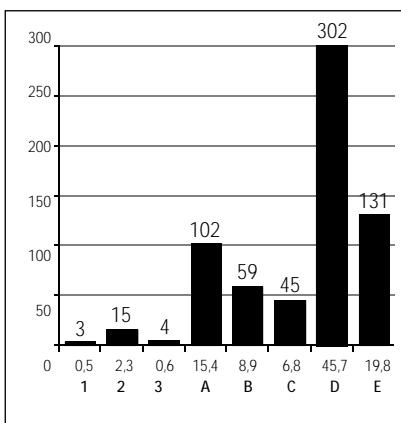
Tabla 4
Respuestas obtenidas para la cuestión 70411

70411 Los científicos compiten por ayudas económicas para la investigación y por quién 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 ésta 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 cómo 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.

Gráfico 6. Alumnado N=666
Casos válidos: 661



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 de 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.

Ciencia pública y ciencia privada

La controversia entre la ciencia pública y privada, reminiscencia de los contextos de justificación y descubrimiento neopositivistas (Reichenbach, 1966), 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) hace depender de cada científico individual 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-ciencia 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.

Tabla 5
Respuestas obtenidas para la cuestión 70811

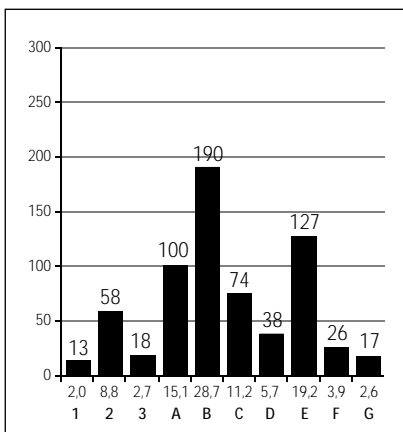
70811 PRÓLOGO: *Un equipo de científicos trabajaron juntos "en privado" en su laboratorio durante tres años y desarrollaron una nueva teoría. El equipo presentará su teoría a un grupo de científicos en una conferencia científica y escribirá un artículo en una revista científica explicando su teoría (o 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).

**Gráfico 7. Alumnado N=666
Casos válidos: 661**



Decisiones tecnológicas

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. 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, pero también se refleja una actitud recelosa, subrayando factores no relacionados directamente con la ayuda o los beneficios para la sociedad (costes, desventajas, efectos sobre empleo, etc.).

Tabla 6
Respuestas obtenidas para la cuestión 80111

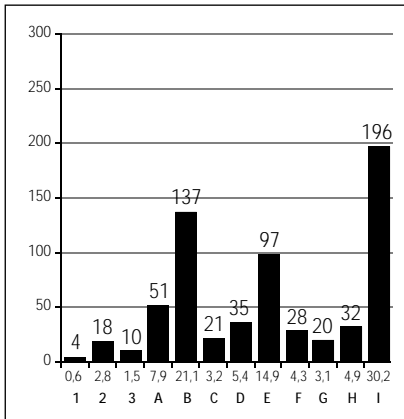
80111 *Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo, un reactor nuclear, un misil o una nueva medicina para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de lo bien que funciona.*

- 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 cuánto 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 de 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.

Gráfico 8. Alumnado N=655
Casos válidos: 649



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

La cuestión del control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos es un candente problema actual, por los efectos indirectos que tiene la tecnología sobre distintos aspectos sociales y ambientales; en la polémica se enfrentan 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. La alternativa mayoritaria del profesorado (casi la mitad) es la expectativa negativa de control que considera tan rápido el avance tecnológico 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 (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 pueden llegar 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.

Tabla 7
Respuestas obtenidas para la cuestión 80211

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 éste 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.

Gráfico 9. Alumnado N=719
Casos válidos: 716

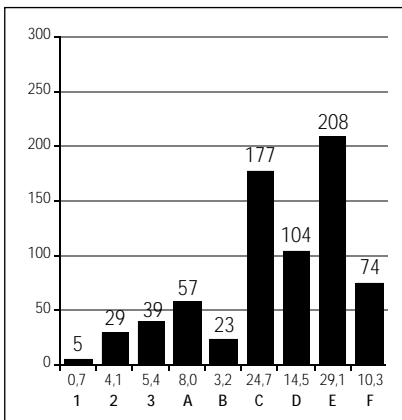
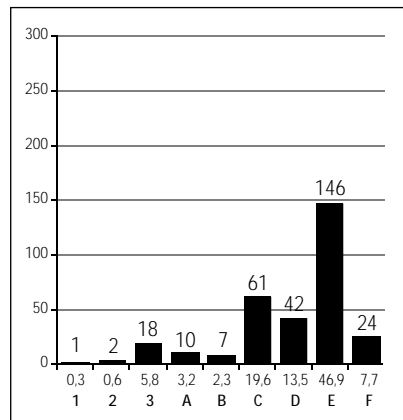


Gráfico 10. Profesorado N=318
Casos válidos: 311



Discusión

La mayoría de los estudios sobre actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología suelen emplear muestras con formación científica, cuyo sesgo resulta evidente por el efecto de homogeneización muestral que puede limitar la validez de los resultados. El interés por la ciencia y la tecnología, debido a su penetrante influencia en la sociedad, interesa a todos los ciudadanos, quienes tendrán una responsabilidad cívica en la toma de decisiones sociotécnicas. De la misma manera, las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología no sólo son transmitidas por el profesor de ciencias, sino por todo el profesorado, implícita o explícitamente. Por ello, en este estudio, las muestras de profesorado y alumnado contienen personas con formación y educación científica y personas no científicas, por lo que las actitudes y opiniones obtenidas son representativas de la población general.

Desde la perspectiva de la educación en ciencias, este estudio es un diagnóstico que puede ser útil al profesorado como una evaluación inicial de las actitudes y opiniones previas del alumnado sobre cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. El profesorado puede utilizarlo, simultáneamente, como guía para conocer las ideas previas de su alumnado a través de los resultados, o aplicar los instrumentos usados aquí para evaluar las ideas de sus propios estudiantes. Estas cuestiones, también pueden servir en la clase como un instrumento de

aprendizaje CTS sobre la influencia de ciencia y tecnología en la sociedad, por ejemplo, discutiendo el significado y las implicaciones de todas las alternativas de respuesta que se proponen para cada cuestión.

Las relaciones entre la sociedad y el sistema de ciencia y tecnología son negadas por el pensamiento positivista al ser consideradas incompatibles con la neutralidad, objetividad e impermeabilidad a las influencias externas del conocimiento científico. Los análisis históricos y sociológicos presentados en la introducción han falsado esta visión, mostrando las complejas relaciones entre la sociedad y la ciencia, pero dada la influencia penetrante del positivismo lógico, especialmente en ambientes científicos y técnicos, donde se han formado la mayoría de los profesores, por ejemplo, y éstos a su vez, pueden influir en las actitudes y opiniones de los alumnos que educan, plantear la construcción social del conocimiento científico supone, a la vez, no sólo un diagnóstico de las actitudes generales sobre esta cuestión sino también una prueba del arraigo del pensamiento positivista.

En este estudio se han analizado las actitudes de una muestra ampliamente representativa de estudiantes jóvenes y profesorado respecto a algunas cuestiones sobre la construcción social del conocimiento científico y tecnológico. La disyuntiva entre fidelidad a los valores de la ciencia o fidelidad al equipo de trabajo produce entre el alumnado una actitud intermedia, aunque

escorada hacia una posición favorable a que la lealtad al equipo no perjudica la lealtad a los ideales de la ciencia. La actitud del profesorado es prácticamente idéntica en esta cuestión al alumnado, globalmente intermedia, pero inclinada significativamente hacia una posición favorable a que la lealtad a los ideales de la ciencia no es perjudicada por la lealtad al equipo. Cuando las reglas de la ciencia se contraponen con la competencia por recompensas, la actitud del alumnado es de ambivalencia, aunque con una tendencia más definida hacia la creencia que los científicos olvidan las reglas de la ciencia por competir por las recompensas, justamente en sentido contrario que cuando se contraponían a los intereses del equipo.

En cuanto a las controversias científicas, la actitud del alumnado es favorable a la necesidad de un proceso de convencimiento para llegar al consenso sobre la aceptación de nuevas teorías. Globalmente, el alumnado reconoce en todas las alternativas mayoritarias la importancia de la comunicación para el avance del conocimiento y el profesorado también, aunque 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.

En el tema de la contraposición entre ciencia pública y privada, la dispersión de las actitudes del alumnado entre todas las alternativas es un indicador claro de desinformación respecto a la forma de producción del

conocimiento científico en sus aspectos privados y públicos.

La actitud del alumnado sobre las causas de las decisiones tecnológicas muestra dos caras, una intuitiva del carácter complejo de estas decisiones que las hace depender de múltiples factores y todos ellos en interacción, y otra cara suspicaz, subrayando las consecuencias indirectas y molestas (costes, desventajas, efectos sobre empleo, etc.).

En cuanto al control de la tecnología, globalmente, las respuestas del alumnado apoyan más las alternativas que reflejan actitudes con expectativas de control positivo (mitad) que las opciones que reflejan la imposibilidad de controlar el desarrollo tecnológico. Sin embargo, entre el profesorado, 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 pueden llegar a controlar el desarrollo tecnológico, ofreciendo una actitud del profesorado más pesimista que la actitud exhibida por el alumnado.

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 son los elementos más característicos del progreso de la ciencia, resolviendo 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 competencia 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. En esta situación de tensión dialéctica, el instrumento principal del progreso científico es la selección crítica que se aplica con tolerancia en la forma de escrutinio minucioso a todas las ideas e informaciones, incluso las desviacionistas y especuladoras (Ziman, 1981), respetando la tensión entre el respeto a la creatividad e imaginación, y la necesidad de referencias estables que permitan el juicio y la crítica. 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. Este control es especialmente facilitado hoy en día a través de las redes de comunicación informáticas y telemáticas.

Desde una perspectiva evolutiva, esta selección es absolutamente cruel, pues el efecto 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, penoso, aparentemente ineficaz, y, según sus más acervos críticos, antieconómico. Sin embargo, sus resultados globales no han sido superados por ningún otro sistema social hasta el momento, aunque tengan también una cara oscura de importantes deformaciones como los plagios fraudulentos y los errores interesados (diTrocchio, 1993), movidos por ambiciones personales de notoriedad, poder y dinero, aunque 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. Inspirada por la epistemología positivista, la enseñanza tradicional de la ciencia, tiende a presentar los hechos, conceptos y principios de la ciencia como verdades incontrovertibles, la metodología científica como un algoritmo repetible cíclicamente, separando artificialmente teoría y práctica, y excluyendo los valores contextuales. Este enfoque produce currículos científicos descontextualizados, dominados por la lógica de la ciencia y por los contenidos factuales, que ignoran las experiencias y conocimientos previos de los

estudiantes y produce una formación abstracta, alejada de la vida diaria de los estudiantes. La excesiva especialización de ciertas áreas de conocimiento tiende a crear espacios de poder excesivamente burocratizados que puedan sustraerse al control general de la comunidad, con el riesgo de desmembración y fragmentación (Campañario, 1999). La formación excesivamente acrítica, concentrada y sintética de los científicos puede llevar a un cierto grado de lavado de cerebro, condicionado 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 (Fourez, 1994).

Para evitar estos defectos en la formación de los científicos, y especialmente en la educación científica de la población general durante la educación básica y obligatoria, el tema educativo de fondo de este trabajo plantea una visión comprensiva de la enseñanza de la ciencia y la tecnología en un contexto social, es decir, interaccionando con la sociedad. El movimiento ciencia-tecnología-sociedad (Aikenhead, 1994) para la innovación en la enseñanza de la ciencia propone un enfoque contextualizado, basado en resaltar las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad y promover una visión global de los problemas como procesos complejos de toma de decisiones, y adaptándose a la personalidad y experiencias sociales de los estudiantes.

La reforma contextualizada o CTS de la enseñanza de la ciencia no es fácil, pues la enseñanza tradicional de la ciencia, a pesar de sus evidentes fracasos, se halla bien implantada en la percepción dominante del público y del profesorado por su simplicidad (Koul y Dana, 1997). Los cambios curriculares de la reforma educativa son complejos, pues no sólo requieren la puesta a punto de materiales nuevos, sino la transformación global del sistema educativo (diseño curricular, evaluación y exámenes, formación del profesorado, etc.).

Los resultados obtenidos aquí constituyen un argumento más a favor de la reforma CTS, en este proceso de cambio, ya que se demuestra que las actitudes de alumnado y profesorado son sensibles a la construcción social del conocimiento científico y tecnológico, a pesar de no haber tenido una educación en ciencias contextualizada, dirigida hacia esta concepción. Este resultado contiene un doble valor contradictorio: por un lado, se diagnostica que las actitudes e ideas previas sobre este tema serían acordes con una concepción contextual de la ciencia y la tecnología, y por tanto una educación CTS sería más respetuosa y coherente con las ideas previas del alumnado. Por otro lado, a pesar de educar en contra de esta concepción previa, se constata que el sistema tradicional de enseñanza de la ciencia sigue siendo aceptable en la opinión pública y en el pensamiento del profesorado. En esta contradicción asumida por el sistema, radican gran

parte de las dificultades de la reforma CTS para la educación en ciencia, y posiblemente, la clave para su afrontamiento y para enseñar en la clase de ciencias las cuestiones sociológicas e históricas, en suma, humanas, sobre cuya enseñanza existe una creciente unanimidad, pero que siguen brillando por su ausencia en nuestros currículos y continúan sin ser enseñadas a nuestros escolares (Campanario, 1999), tales como la naturaleza epistemológica del

conocimiento científico y de la metodología de la ciencia, las interacciones triádicas entre ciencia, tecnología y sociedad, la sociología interna de la ciencia, las características de los científicos, etc. Como afirma Ziman (1994), la debilidad de la ciencia tradicional 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.

Bibliografía

- AIKENHEAD, G. S. (1994). What is STS science teaching? En J. Solomon y G. Aikenhead (eds.), *STS education: International perspectives on reform* (47-59). (Nueva York, Teachers College Press).
- AIKENHEAD, G.S. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 607-627.
- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1989). The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics. Final Report of SSHRCC Grant: Autor.
- AIKENHEAD, G.S. y 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. Y FLEMING, R.G. (1989). *Views on Science-Technology-Society Form* CDN.MC.5. Department of Curriculum Studies College of Education, Autor.
- BARNES, B. (1986). *T. S. Kuhn y las ciencias sociales*. México: Fondo de Cultura Económica.
- CAMPANARIO, J.M. (1999). La ciencia que no enseñamos. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 397-410.
- 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.
- DE SOLLÀ-PRICE, D.J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- DI TROCCHIO, F. (1993). *Las mentiras de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- FOUREZ, G. (1994). *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- GILBERT, G.N. Y MULKAY, M. (1984). *Opening Pandora's box*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HABERMAS, J. (1984). *Ciencia y técnica como "ideología"*. Madrid: Tecnos.
- IRANZO, J.M.; BLANCO, J.R.; GONZÁLEZ, T.; TORRES, C. Y COTILLO, A. (coord.) (1994). *Sociología de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- KNORR-CETINA, K. (1981). *The manufacture of knowledge*. Oxford: Pergamon Press.
- KOUL, R. Y DANA, T. (1997). Contextualized science for teaching science and technology. *Interchange*, 28, 121-144.
- KUHN, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press. (México: Fondo de Cultura Económica, 1978).
- LATOUR, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Labor.
- LATOUR, B. Y WOOLGAR, S. (1996). *La vida en el laboratorio*. Madrid: Alianza.
- QUERALTÓ, R. (1993). *Mundo, tecnología y razón en el fin de la modernidad*. Barcelona. PPU.
- REICHENBACH, H. (1966). *La filosofía científica*. México: FCE.
- SÁNCHEZ RON (1992). *El poder de la ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*. Madrid: Alianza Editorial.
- VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337-346.
- VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A. (1996). Factores determinantes de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Revista Española de Pedagogía*, 203, 43-78.
- VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A. (1997). *Actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad en alumnado y profesorado. Implicaciones para la educación de las actitudes*. Memoria final de investigación. Madrid, MEC-CIDE.
- WOOLGAR, S. (1991). *Ciencia: abriendo la caja negra*. Madrid: Anthropos.
- ZIMAN, J. (1981). *La credibilidad de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- ZIMAN, J. (1994). The rationale of STS. Education is in the approach. En J. Solomon y G. Aikenhead (eds.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 21-31). Nueva York: Teachers College Press.

Resumen

Los análisis históricos y sociológicos falsan la visión positivista del conocimiento científico, neutral, objetivo e impermeable a las influencias externas, mostrando las complejas relaciones entre la sociedad y la ciencia. Se analizan las actitudes de una muestra de estudiantes y profesorado respecto a algunas cuestiones sobre la construcción social del conocimiento científico y tecnológico, la lealtad de los científicos a los ideales de la ciencia o a los intereses del equipo, la validación del conocimiento científico por consenso de la comunidad científica, las motivaciones de las publicaciones científicas, ciencia pública y ciencia privada, decisiones sobre uso de tecnologías y el control de las tecnologías. Las actitudes son frecuentemente ambivalentes, divididas entre los dos polos, aunque en algunos casos existen posiciones más definidas; el profesorado muestra actitudes similares al alumnado en dos temas y es más pesimista respecto al control de las tecnologías. Finalmente, se propone la necesidad de incluir en los currículos escolares de ciencias cuestiones de historia, epistemología y sociología de la ciencia y la tecnología como un instrumento más útil para ofrecer una mejor alfabetización científica del público y mejorar la formación de los futuros científicos.

Palabras clave: conocimiento científico, epistemología de la ciencia.

Abstract

Historical and sociological analysis falsify the positivistic vision of scientific knowledge as being neutral, objective and impermeable to external influence, showing the complex links between society and science.

In this article the authors analyse the attitudes of a sample of teachers and students towards some questions regarding: the social construction of scientific and technological knowledge, the acceptance of scientific knowledge through consensus of the scientific community, the motivations of science publications, public and private science, decisions on the use of technology and its control. Attitudes towards these topics are often ambivalent. In some cases the positions are more defined. Teachers and students hold similar positions on two topics but the teachers are more pessimistic regarding the use of technologies. The authors pose the need to include in the school curriculum questions on history, epistemology and science sociology and also technology as a more useful means to offer the public a better science knowledge and to improve the education of future scientists.

Key words: Science knowledge, science epistemology.

María Antonia Manassero Mas

*Universidad de las Islas Baleares
Departamento de Psicología
Edificio Guillem Cifre de Colonya
Carretera de Valldemossa, km. 7.5
07071 - Palma de Mallorca*

Ángel Vázquez Alonso

*Universidad de las Islas Baleares
Departamento Ciencias de la Educación
Edificio Guillem Cifre de Colonya
Carretera de Valldemossa, km. 7.5
07071 - Palma de Mallorca*