

Actitudes sobre la naturaleza de ciencia y tecnología en profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos.

Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con Ciencia, Tecnología y Sociedad

Andoni Garritz,¹ Cristina Rueda,¹ César Robles² y Ángel Vázquez-Alonso³

ABSTRACT (Attitudes on Nature of Science and technology by public high school and college's Mexican teachers and students. Iberian-American Evaluation Project on Science, Technology and Society Attitudes)

The authors have participated in the Iberian-American Evaluation Project on Science, Technology and Society Attitudes (Spanish acronym, PIEARCTS), and have delivered their results (Garritz, Rueda y Robles, 2011) to the Iberian-American States Organization (Spanish acronym, OEI). We have decided to give an extended diffusion to these results by including them in this Journal—now that the celebration of the International Year of Chemistry contemplates a section especially dedicated to attitudes—giving a full description of some of the questions of the Questionnaire of Opinions on Science, Technology and Society (Spanish acronym COCTS by Manassero y Vázquez, 1998), critically those in which there is an statistical meaningful difference between students of high school and college or between students and teachers of both levels.

The general conclusion is the alarming poorness of beliefs on Science-Technology-Society (STS) issues of the great majority of the participants, revealing a deficient knowledge on the present conception of the Nature of Science and Technology (NoS&T).

If these groups, belonging to the highest level of education, show these kinds of results, they cannot be a factor of change that allows Mexican people—surely with more deformed visions on NoS&T—take convenient decisions about public policies on important topics of science and technology for their everyday life. We conclude that it is necessary to actualize and improve high school and university teachers on this theme, and put those contents nearer to teachers and students of basic education.

In this way, the objective of science education could be achieved, that is: to develop autonomous persons that use scientific and technological knowledge as a norm, conscious of the impact of those activities on society, trusting in their capacity to face novelties and assuming ethic responsibility for their actions, as individuals, as citizens as well as professionals. We have to realize that to educate people it is necessary to contemplate not only knowledge—to know concepts—but also skills—how to think and to do—and attitudes—to know how to be and live with others. And to evaluate the last mentioned factor in relation to science, technology and society this work is dedicated to.

KEYWORDS: Science-Technology-Society, Nature of Science and Technology, beliefs and attitudes, teachers and students high school and college

¹ Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad Universitaria, Avenida Universidad 3000, 04510 México, Distrito Federal, México.

Correos electrónicos: andoni@unam.mx y cristina@unam.mx

² Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, Calzada de los Remedios número 10, 53400, Colonia Los Remedios, Naucalpan, Estado de México, México.

Correo electrónico: masterns86@yahoo.com

³ Departamento de Pedagogía Aplicada y Psicología Educativa, Universidad de las Islas Baleares, España.

Correo electrónico: angel.vazquez@uib.es

Introducción: cts y NdC&T, dos acrónimos importantes

Los autores hemos participado en el Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con Ciencia-Tecnología-Sociedad (PIEARCTS), y hemos entregado un resultado de nuestra investigación (Garritz, Rueda y Robles, 2011) a la Organización de Estados Iberoamericanos. En este proyecto han participado investigadores de siete países de habla hispana o portuguesa: Argentina, Brasil, Colombia, España, México, Panamá y Portugal; de verdad ha sido un proyecto colaborativo iberoamericano.

Nos ha parecido conveniente dar mayor difusión a estos resultados, incorporándolos en la sección dedicada a actitudes de la revista *Educación Química*, dando una descripción extensa que incorpore algunas de las preguntas de los dos cuestionarios aplicados (tomados del Cuestionario de Opinión sobre CTS de Manassero y Vázquez, 1998), sobre todo aquellas en las que hay diferencias estadísticamente significativas entre alumnos de bachillerato y de licenciatura o entre estudiantes y profesores.

Según los autores, de lo que se trata en el terreno educativo de la ciencia es lograr el desarrollo de individuos autónomos que empleen el razonamiento científico como norma, que revelen un conocimiento sólido acerca de la tecnología y que tengan consciencia del impacto de la ciencia y la técnica sobre la sociedad, capaces de pensar por sí mismos, de tomar decisiones, confiados en su capacidad para enfrentar lo nuevo y asumir la responsabilidad ética de sus acciones, tanto en el ámbito individual como en el profesional y ciudadano. Es necesaria la formación de los individuos de manera integral e ininterrumpida en tres grandes áreas: el conjunto de conocimientos —el saber—, habilidades —saber pensar, saber hacer— y actitudes —saber ser y vivir con otros. Pero no es suficiente con la labor de formar si esta formación no es evaluable —crítica por cierto muy recurrente por cuanto al asunto de las actitudes se refiere— éste es el caso precisamente de las actitudes hacia la ciencia y la tecnología, las que pretendemos evaluar en este trabajo.

En el caso de éstas, la novedad es mayor y su evaluación un problema adicional, pues al ser dependientes del contexto y carecer de un cuerpo de conocimientos de referencia, como en el caso de los conocimientos o procedimientos tradicionales, su evaluación resulta ser aún más difícil. Las actitudes relacionadas con la ciencia no reflejan leyes demostradas empíricamente sino sistemas de valores, cuya evaluación no puede objetivarse ni calificarse con la misma sencillez que las respuestas a un examen de ciencia (Lederman, 1986). Por ello, resulta necesario dar una evaluación adecuada a estos aspectos de actitudes estudiantiles y del profesorado, lo cual puede realizarse con el instrumento utilizado en este estudio.

La formación en materia de NdC&T es motivo relativamente reciente de debate en las discusiones sobre el currículo escolar, de manera que es un tema francamente novedoso para la mayoría de los docentes y supone en algunos casos el romper con ciertas formas de entender la ciencia y sus propósitos, el mejorar el conocimiento de la NdC&T debe ser una asignatura a tomar en cuenta en el corto plazo si se espera que se formen ciudadanos que utilicen de manera consciente, informada y no dogmática el conocimiento científico. Por ello se ha vuelto necesaria la formación de profesores con un conocimiento amplio de la visión externa sobre la ciencia, es decir, una que contemple sus aspectos filosóficos, sociológicos, históricos, económicos, psicológicos, etcétera; es decir, ese cúmulo de saberes meta-científicos que se ha dado en llamar Naturaleza de la Ciencia (NdC). Recientemente se conceptualizan como NdC los aspectos epistemológicos, sociológi-

cos y psicológicos relativos, tanto a la ciencia como a la tecnología; de ahí que el concepto se pueda extender, de una manera natural, como Naturaleza de Ciencia y Tecnología (NdC&T).

Emparentado en propósitos con la NdC&T —como el desarrollo de las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el alumnado— el movimiento didáctico ciencia-tecnología-sociedad (CTS) también propone como referencia para su evaluación el cuerpo de conocimientos que emerge de los análisis históricos, filosóficos y sociológicos sobre la ciencia (Aikenhead, 1994a, 1994b; Bybee, 1987; 2004). Podríamos definir este movimiento didáctico de la siguiente forma:

La toma de decisiones sobre aspectos sociales del mundo real que tienen un contenido importante de ciencia y de técnica. El contenido científico se construye sobre una base de necesidad-de-conocer, que también provee al alumno de la capacidad de razonamiento crítico para considerar otros aspectos que serán de importancia en el siglo XXI. (Archer, 1994; en el prefacio de la obra *Chemistry in Context*)

Por su parte, la Asociación Nacional de profesores de Ciencia de los Estados Unidos [National Science Teachers Association] (NSTA, 1990; pp. 47-48) ha definido al enfoque CTS como “la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia en el contexto de la experiencia humana”.

El enfoque CTS actual es una propuesta curricular que, centrada en los saberes de los expertos, persigue varios propósitos relacionados entre sí (Aikenhead 2005, p. 388):

- 1) Buscar y reconocer que los aspectos humanos y culturales de la ciencia y la tecnología sean más accesibles y relevantes para los estudiantes (por ejemplo, la sociología, la filosofía y la historia de la ciencia, así como sus interrelaciones con la sociedad);
- 2) Ayudar a los estudiantes a ser mejores pensadores, críticos, creativos y solucionadores de problemas, y especialmente incrementar su capacidad de tomar decisiones, en un contexto cotidiano relacionado con la ciencia y la tecnología;
- 3) Aumentar las capacidades de los estudiantes para comunicarse entre sí y con la comunidad científica y tecnológica o sus portavoces (es decir, escuchar, leer, responder, etc.);
- 4) Aumentar el compromiso de los estudiantes con su responsabilidad social, y
- 5) Generar interés, y por lo tanto, aumentar la capacidad de aprender los contenidos específicos que se encuentra en los currículos de ciencias e ingenierías.

En cuanto a la comprensión de NdC&T por el profesorado de ciencias no es enteramente adecuada, conclusión ya fue formulada hace casi dos décadas por Lederman (1992).

Entre el profesorado son frecuentes las creencias que sostienen que la tecnología es una aplicación de la ciencia, que la ciencia describe la naturaleza, o que la ciencia ofrece beneficios materiales, dando así lugar a una perspectiva antropocéntrica.

céntrica e instrumentalista de la ciencia y la tecnología, así como de sus relaciones con la naturaleza. Análogamente, parte del profesorado no termina de asumir los componentes subjetivos de la ciencia, el carácter tentativo y provisional del poder explicativo del conocimiento científico, que es establecido por consenso de la comunidad científica. Asimismo, no tienen una comprensión adecuada de las diferencias entre hipótesis, leyes, modelos y teorías científicas, los rasgos del método científico o el estatus epistemológico de las observaciones y las evidencias empíricas (Bennassar-Roig, García-Carmona, Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2011a).

Estos saberes han sido incorporados con distinta relevancia en los currículos escolares, de modo que resulta entonces importante evaluar si estos objetivos son alcanzados por los estudiantes y sus profesores de los diversos niveles educativos en los que se encara una educación media superior y superior que debe fundamentarse en las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. Lo cual es el objetivo de este estudio.

El tratamiento de la ciencia y la tecnología en los planes y programas de estudios de México

Tradicionalmente ha habido una falta de integración entre los tres niveles de la educación básica: la educación preescolar (3 a 6 años de edad), la educación primaria (6 a 12 años de edad) y la educación secundaria (12 a 15 años de edad). Debido a las deficiencias en la preparación de los estudiantes; a la descontextualización y mala aplicación de sus conocimientos; al desconocimiento de las características más relevantes del conocimiento científico, se han hecho dos reformas en los planes y programas de estudio, en los años 1993 y 2003 para la educación básica y una última reforma con carácter integrador para la escolaridad obligatoria que comprende la educación preescolar hasta la educación secundaria (15 años de edad) que se encuentra en proceso de articulación total desde el año 2009.

El currículo actual de la reforma curricular mexicana hace énfasis tanto en las actitudes —valores y normas— como en los contenidos conceptuales y procedimentales del currículo escolar, así como en las competencias que se desean formar en los estudiantes.

En la educación mexicana, muchas actitudes y valores tienen preferentemente un sentido moral y ético general —solidaridad, democracia, tolerancia, libertad, justicia, legalidad, pacifismo, igualdad, etc. Además, en las diferentes áreas de conocimiento también se definen contenidos actitudinales propios de cada una, aunque éstos son comúnmente percibidos por el profesorado más bien como instrumentos o causas que favorecen el aprendizaje —actitudes positivas— o que dificultan o impiden los aprendizajes —actitudes negativas— y, frecuentemente, se identifican con (des)motivación, (des)interés y esfuerzo mayor y menor de los estudiantes. Pero también las actitudes propias de cada área puede ser planteada como una consecuencia o efecto de la educación, es decir, como objetivos y contenidos específicos de la educación del

área, que requieren planificación, aplicación y evaluación (Manassero & Vázquez, 2001).

La enseñanza de las ciencias en la educación preescolar

Considerando como aspectos importantes la curiosidad, la socialización (la apertura a nuevos círculos sociales diferentes de la familia) y el juego, se ha propuesto para este momento más que una enseñanza rigurosa de ciencias, la exploración del entorno inmediato de los niños, promoviendo como un primer contacto aquellas capacidades y actitudes, dado que éste es el primer momento en el cual el niño tiene contacto con el mundo exterior a su círculo familiar. Durante este ciclo se articula y construye buena parte del lenguaje, y también se desarrolla la curiosidad por conocer el mundo que le rodea. Con esto en mente la reforma ha pensado en un campo formativo denominado “exploración y conocimiento del mundo” que constituye el primer contacto con la ciencia. Se busca promover las capacidades y actitudes que propicien en las niñas y los niños un pensamiento reflexivo y se propone para ello usar la curiosidad natural que poseen y se expresa al formular preguntas y al hacer exploraciones por su cuenta, para desarrollar la observación, resolver problemas por experimentación o indagación, o de otras formas, y elaborar explicaciones e inferencias y aprender a construir argumentos. También se desea que los niños puedan reconocer la diversidad de formas de pensar al comparar sus costumbres con las de otros niños de sus grupos y de sus comunidades.

La enseñanza de ciencias en la educación primaria

Para el tratamiento de los contenidos y buscando desarrollar competencias básicas o para la vida, en el currículo se han considerado campos formativos, como es el caso de Lenguaje y comunicación, pensamiento matemático, desarrollo personal para la convivencia y en el caso de las ciencias: “exploración y comprensión del mundo natural y social”. Este campo formativo contempla las asignaturas “exploración de la naturaleza y la sociedad” (6 a 7 años) y “ciencias naturales” (8 a 12 años).

El tiempo destinado para el mismo en los primeros dos años (que además contempla temas de historia y geografía) es de 80 horas anuales, y si se considera un reparto equitativo para cada tema deja a las ciencias naturales con aproximadamente 26 horas anuales. Para el caso de la asignatura de “ciencias naturales” el tiempo marcado es de 120 horas anuales.

El propósito de la enseñanza de ciencias naturales en la educación primaria según se consigna en el plan de estudios 2009 es construir una cultura científica básica, lo que se traduce según el mismo plan en:

...desarrollar las capacidades intelectuales, éticas y afectivas que les preparen para opinar, decidir y actuar en asuntos concernientes al mundo natural y el mundo sociotecnológico. La intención es formar personas con actitudes más científicas, con aproximaciones más razonadas y obje-

tivas ante los problemas de la naturaleza y de la vida personal y social.

(SEP, 2008, p. 95)

La selección de los contenidos para las ciencias naturales atendió a seis ámbitos: 1) La vida, 2) El ambiente y la salud, 3) Los materiales, 4) El cambio y las interacciones, 5) El conocimiento científico y 6) La tecnología. Siendo estos temas considerados medulares en la articulación de los contenidos, por su contribución en la mejora de la calidad de vida de los habitantes del país, así como por su inmediatez con problemáticas de los alumnos.

La enseñanza de ciencias en la educación secundaria

Como seguimiento y colofón en la construcción de una cultura científica básica, en la educación secundaria el tratamiento de los temas CyT están orientados de manera cuasi-disciplinar. Esto es, que a pesar de que en la letra se habla de la asignatura de ciencias, en la práctica se continúa con una tradición de desarrollar asignaturas como la biología (1er año, 12 a 13 años de edad), física (2º año, 13 a 14) y química (3er año, 14 a 15).

Sin embargo, es justo decir que el estudio de las ciencias en la escuela secundaria está orientado a consolidar la formación científica básica, meta iniciada en los niveles educativos anteriores, y que implica potenciar el desarrollo cognitivo, afectivo, de los valores y social de los adolescentes, ayudándoles a comprender más, a reflexionar mejor, a ejercer la curiosidad, la crítica y el escepticismo, a investigar, opinar de manera argumentada, decidir y actuar. También contribuye a incrementar la conciencia intercultural reconociendo que el conocimiento científico es producto del trabajo y la reflexión de mujeres y hombres de diferentes culturas.

Puede decirse que al término de la educación secundaria los alumnos han tenido contacto rutinario con los temas técnico-científicos por casi seis años.

En el programa mexicano de la secundaria se hace énfasis, por ejemplo, en varias actitudes que intentan formarse en los estudiantes:

En cuanto a las actitudes asociadas al estudio de los fenómenos naturales y procesos técnicos, sobresalen el pensamiento crítico y flexible, la creatividad y la imaginación en la búsqueda de nuevas explicaciones, puntos de vista y soluciones, así como la participación comprometida, la colaboración, la responsabilidad, la empatía y el respeto hacia las personas y el ambiente. Además de las anteriores, están las actitudes de iniciativa, interés, curiosidad, previsión, escepticismo informado y perseverancia, que favorecen el aprendizaje a lo largo de la vida con autonomía. El desarrollo y fortalecimiento de habilidades y actitudes comienza al fomentar el interés y la curiosidad de los alumnos para explorar el entorno natural, analizar técnicas y realizar investigaciones cualitativas y cuantitativas. La intención es

que progresivamente incorporen nuevos elementos a las representaciones e interpretaciones iniciales, o que inicien el cambio de aquellas que no están de acuerdo con la visión actual de la ciencia, siempre orientándolas a favorecer una mayor comprensión de los fenómenos y procesos, así como a la consolidación de una cultura para la prevención, el mantenimiento de la salud y la conservación del ambiente.

La nueva construcción curricular, en principio, se basa menos en la concepción positivista de la ciencia y más en su visión de tecno-ciencia, con su naturaleza éticamente no neutral y pluralista, con sus daños justificables, sin una noción de verdad y quizá basada en la sustentabilidad como arma de cohesión. El conocimiento sobre la ciencia construido desde la perspectiva de la reflexión filosófica y la investigación histórica y sociológica ha cuestionado ampliamente la concepción positivista y ha construido una visión más realista, diversa, dialéctica y cargada de valores de la ciencia. De esta manera, debe buscarse que la química quede conectada con los actores que la han desarrollado a través de la historia, así como con la indagación y la resolución de problemas como principales estrategias didácticas para alcanzar una enseñanza basada en la investigación, como forma efectiva de transmitir a los estudiantes la naturaleza de esta ciencia (Chamizo y Garritz, en prensa).

La enseñanza de ciencias en la educación media superior

Cada vez más planteles de la educación media superior se incorporan a la corriente CTS, desde que en los años 1996 y 1998 los dos sistemas de este nivel dependientes de la Universidad Nacional Autónoma de México lo adoptaron.

Por ejemplo, desde 1996 en el currículum del Colegio de Ciencias y Humanidades se menciona:

Los programas de estas asignaturas consideran a la química como ciencia que contribuye a la satisfacción de necesidades sociales y que forma parte de la cultura básica del estudiante, al aportarle información y procedimientos para interactuar de manera fundada y crítica con su medio natural y social.

(Currículum Química I y II, CCH, 2003, p. 3)

Como otro ejemplo, en el de la Escuela Nacional Preparatoria se indica:

Tomando en cuenta que este curso, para la mayoría de los alumnos, representa la última oportunidad dentro de la educación formal para adquirir una cultura científica básica, se considera indispensable incluir los conocimientos fundamentales de química y se opta por un enfoque disciplinario en el que se enfatiza el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual. Esta relación innovadora entre ciencia, tecnología y sociedad, permite promover en el alumno una ética de responsabilidad individual y social que lo llevará a colaborar en la construcción de una relación armónica entre la sociedad y el ambiente, además de

tener el reto de poner en práctica sus conocimientos de química y su capacidad crítica para comprobar la coherencia y viabilidad de sus afirmaciones al confrontarlas con su vida cotidiana.

(Currículum Química III, ENP, 2005, p. 2)

Por su parte, el Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal (IEMSDF) es una alternativa educativa para la población del Distrito Federal, que considera muy importante que el desarrollo de las actividades de aprendizaje se lleve a cabo de manera contextualizada y socialmente situada. Destaca la propuesta de formación científica con el tratamiento de los contenidos disciplinarios referido a la construcción histórica de los mismos, de manera consistente con una propuesta que integra el conocimiento de la naturaleza de la ciencia en el tratamiento de los temas disciplinarios.

La enseñanza de NdC&T en la educación superior

Como un ejemplo de este apartado, acaba de renovarse el plan de estudios de la asignatura 'Ciencia y Sociedad' en la Facultad de Química de la UNAM, con los elementos que se expresan a continuación y que dan una idea de su carácter:

El curso ciencia y sociedad permitirá preparar a los alumnos para conocer y formar parte de las dinámicas internacionales en la generación y profesionalización del quehacer científico y tecnológico contemporáneo.

Con una base conceptual epistemológica, histórica y sociológica sólida, se pretende desarrollar en los alumnos las habilidades y los conocimientos necesarios para el análisis de los casos diversos, considerando como prioritaria la incorporación de perspectivas sociales, económicas, políticas, éticas y de desarrollo sustentable, sin perder de vista que ello les permitirá un ejercicio de su profesión enfocado a la resolución de problemas vinculados a las actividades químicas.

(Facultad de Química, 2009)

Evaluación de las actitudes hacia la ciencia, la tecnología y la sociedad

La meta de la enseñanza de las actitudes relacionadas con la ciencia no debe ser sólo promover un punto de vista particular sobre ella, sino abrir la formación a las distintas alternativas que aún son objeto de estudio, debate y, si cabe, elección, reconociendo la existencia de respuestas plurales a cuestiones importantes sobre la ciencia. De hecho, como muestran algunos estudios, la omisión de la enseñanza de las actitudes y valores de la ciencia, la falta de elección, están produciendo, por defecto, un tipo de profesorado y alumnado principalmente tradicional y positivista (Blanco y Niaz, 1997; Mellado, 1998).

Durante buena parte del siglo pasado las propuestas educativas sobre la enseñanza de la ciencia se orientaron con esa perspectiva positivista, en la que el conocimiento se desarro-

llaba de manera progresiva y acumulativa. El conocimiento se entendía como un conjunto de hechos incontrovertibles descubiertos por científicos heroicos.

En esta visión acerca de la ciencia y sus productos jugó especial importancia la presentación rutinaria desde el inicio de los estudios (enseñanza primaria) hasta los estudios universitarios del método de la ciencia, el método científico, como una receta en la que basta con seguir una serie de pasos para encontrar conocimiento certero; sin embargo esta manera de presentar a la ciencia dio como resultado una serie de malos entendidos en varios aspectos importantes referentes a sus procesos y sus productos. Algunos muy importantes encontrados en estudiantes de bachillerato son:

- La ciencia es objetiva y neutra culturalmente.
- Las Teorías son conjeturas que tras ser puestas a prueba se convierten en leyes.
- Las leyes y las teorías son descubrimientos científicos.

(Robles, 2007)

En esa mentalidad positivista, que cree en una ciencia neutral, objetiva, lógica, empírica, en la cual no queda lugar para factores distintos de la racionalidad y los hechos, es frecuente encontrar la conclusión de que las actitudes no tienen cabida en la educación y, en consecuencia, tampoco se pueden evaluar, pues por su propio carácter —sesgadas, subjetivas, ilógicas, etc.— son opuestas a la visión moderna de la NdC&T.

Veamos brevemente cómo ha evolucionado la estructura del instrumento aplicado en este estudio para evaluar las actitudes hacia la ciencia y la tecnología.

Como en cualquier ámbito de la investigación educativa, la comprensión de NdC&T es indagada a través de diversas metodologías (cualitativas y cuantitativas) e instrumentos (entrevistas, observaciones, informes, notas de campo, cuestionarios, etc.). En las últimas décadas la mayor parte de la investigación se realizó con instrumentos de papel y lápiz. Además de las limitaciones para obtener información relevante sobre NdC&T, sus defectos metodológicos han generado críticas importantes, entre ellas la hipótesis de la percepción inmaculada, según la cual se supone que investigador y persona encuestada perciben y comprenden el texto de un cuestionario de la misma manera (Bennassar-Roig, *et al.*, 2011b).

El dilema entre métodos cualitativos y cuantitativos fue abordado por Aikenhead (1988) comparando la validez de diversos instrumentos (escalas Likert, cuestionarios de elección múltiple, cuestionarios empíricamente desarrollados y entrevistas). Concluyó que los cuestionarios empíricamente desarrollados a partir de preguntas abiertas y entrevistas previas constituyen una tercera vía muy valiosa, pues combinan las ventajas de los instrumentos cerrados, con la riqueza de las entrevistas y métodos cualitativos, al tiempo que evitan las objeciones de los cuestionarios (percepción inmaculada o imposición de esquemas previos). Después de analizar los variados intentos existentes para obtener las actitudes con relación al tema CTS, Aikenhead concluyó que las entrevistas se-

miestructuradas exigen gran cantidad de tiempo para recoger y analizar los datos, de modo que los cuestionarios de elección múltiple derivados empíricamente son el método más operativo para reducir la ambigüedad.

Aikenhead y Ryan (1992) desarrollaron el cuestionario VOSTS (Views on Science-Technology-Society), que contiene un conjunto de 114 cuestiones de opción múltiple construido a partir del análisis empírico de las respuestas escritas y las entrevistas de los estudiantes, cuyo objetivo principal es superar las deficiencias metodológicas de los instrumentos tradicionales. De éste se derivaron muchos otros cuestionarios basados en el mismo principio. Estos cuestionarios desarrollan una visión sólida sobre la NdC&T, que incluye aspectos epistemológicos, las relaciones internas y externas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, e incluso actitudes hacia la inclusión de cuestiones de NdC&T en la educación científica.

A partir de VOSTS, Vázquez y Manassero (1997) y Manassero y Vázquez (1998) generaron el COCTS (Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad), que es el instrumento que aplicamos en este estudio, con el método de evaluación seguido por Manassero y Vázquez (2001).

Metodología

Se aplicaron treinta preguntas del cuestionario COCTS en dos formatos, 1 y 2, a cuatro muestras de profesores y alumnos (Benássar-Roig *et al.*, 2011b):

- Profesores del Nivel Medio Superior, NMS, (que atienden a estudiantes entre 15 y 18 años), de los siguientes tres sistemas de bachillerato público:
 - Escuela Nacional del Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, UNAM.
 - Escuela Nacional Preparatoria, ENP, UNAM.
 - Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal, IEMSDF.
- Profesores de licenciatura de la Facultad de Química de la UNAM.
- Estudiantes del bachillerato en los sistemas CCH y ENP.
- Estudiantes de primer año de licenciatura de la Facultad de Química de la UNAM.

La disposición de los profesores y estudiantes participantes en la prueba se presenta en la tabla 1.

Cada una de las preguntas del cuestionario tiene varios incisos (entre cuatro y diez; siguen varios ejemplos de preguntas más adelante) los cuales deben calificarse con un número del 1 al 9 (con 1, 2 o 3, si el acuerdo es bajo; 4, 5 o 6 si el acuerdo es medio y 7, 8 o 9 si el acuerdo es alto). Por ello, se trata de un instrumento de respuesta múltiple. Las mismas preguntas fueron pasadas a un grupo de dieciséis “jueces” o “expertos”, quienes clasifican las alternativas en tres categorías, de acuerdo con el promedio:

- Adecuadas (A, con un acuerdo promedio entre 7 a 9 por el panel de expertos): Si la frase expresa una opinión adecua-

Tabla 1. Composición de la muestra de este estudio.

Nivel Medio Superior	Forma 1		Forma 2		Total
	Hom-bres	Mujeres	Hom-bres	Mujeres	
Prof. CCH-ENP	3	3	2	1	9
Prof. IEMSDF	6	13	4	31	54
Alumnos del NMS	52	77	66	81	276
<i>Licenciatura</i>					
Prof. F. Q.	2	5	2	12	21
Alumnos de Licenciatura	178	211	139	138	666

da sobre el tema (coherente con los conocimientos de historia, epistemología y sociología de la ciencia).

- Plausibles (P, con un acuerdo entre 4 a 6 por el panel de expertos): Aunque no totalmente adecuada, la frase expresa algún aspecto adecuado.
- Ingenuas (I, con un acuerdo entre 1 a 3 por el panel de expertos): La frase expresa un punto de vista que no es ni adecuado ni plausible.

Para completar el modelo de respuesta múltiple se sugiere una métrica que permite obtener una valoración global y sintética de la actitud en cada cuestión a través de índices escalados de creencias actitudinales globales homogéneas (con un rango entre -1 y +1), cuyo significado representa la distancia o proximidad entre el estado del arte de la filosofía, la historia y la sociología de la C&T (representado por las respuestas del mencionado panel de expertos) y que es construido sobre la base de índices parciales del carácter adecuado, plausible o ingenuo de cada una de las posiciones (Manassero y Vázquez, 2001). Estos índices globales permiten la estadística inferencial y la prueba de hipótesis aplicadas a la comparación de grupos.

Características de aplicación de la muestra

Se solicitó a varios profesores de los sistemas IEMSDF, CCH y ENP que contestaran alguno de los dos formatos del cuestionario PIEARCTS, siendo el único criterio de selección que estuvieran impartiendo clases al momento de la aplicación del cuestionario e impartieran alguna asignatura del área de ciencias experimentales.

Los alumnos de bachillerato se eligieron por grupo con la única condición el estar cursando una asignatura como mínimo del área de ciencias experimentales. Los alumnos de la Facultad de Química se eligieron por grupo correspondiendo a las asignaturas de Ciencia y Sociedad o Química General.

Comparaciones entre muestras

Se compararon los resultados entre medias de los índices globales actitudinales para cada pregunta por formato para las siguientes parejas:

- I. Estudiantes de Licenciatura *vs.* Estudiantes de Bachillerato
- II. Profesores CCH- ENP *vs.* Estudiantes de Bachillerato del CCH
- III. Profesores CCH-ENP *vs.* Profesores IEMSDF

- IV. Profesores de CCH-ENP vs. Profesores de Licenciatura
 V. Profesores de Licenciatura vs. Alumnos de Licenciatura

Para aquellos valores del índice global actitudinal que resultaron en diferencias mayores a 0.12 (se tomó este valor porque resulta representar al 20% de las diversas comparaciones entre medias de las diferentes muestras; es decir, por ser la diferencia más significativa en la quinta parte de los casos), se realizaron las pruebas F, en caso de que los valores resultantes supusieran cierta diferencia que pudiera ser significativa se desarrolló una prueba t. El tratamiento de los resultados se realizó con el programa Excel en su versión 2007.

Resultados

A continuación hemos encontrado interesante comparar las medias de dos universos de respondientes, sean profesores o estudiantes, del nivel bachillerato o licenciatura. Ofrecemos disculpas a los lectores por hacer la transcripción completa de algunas de las preguntas de los cuestionarios, pero nos ha parecido conveniente para que el lector tenga un conocimiento claro de ellas y no hablemos en el vacío.

I. Comparación entre estudiantes de licenciatura y de bachillerato:

Se entrevistó y se aplicó alguno de dos cuestionarios de 15 preguntas a 276 estudiantes de bachillerato y a 666 estudiantes de licenciatura.

En este caso solamente en cinco de las preguntas (tres del cuestionario 1 y dos del cuestionario 2) la diferencia de medias de los índices globales actitudinales superó los 0.12 puntos (ver la tabla 2). Aplicamos la prueba F para certificar que la diferencia de medias es estadísticamente significativa, y cuando F nos dio un valor pequeño aplicamos una prueba t de varianzas diferentes.

Vamos a analizar más detenidamente aquellas preguntas donde existe mayor diferencia de medias en los índices de ambos universos de estudiantes. Con ello pretendemos atar cabos en los puntos que hacen diferencia de actitudes en ellos.

Por ejemplo, la pregunta 30111 tiene que ver con las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad y tiene el siguiente enunciado:

Tabla 2. Diferencia de medias mayor a 0.12 de las preguntas de los dos cuestionarios para la comparación de estudiantes de los dos niveles analizados.

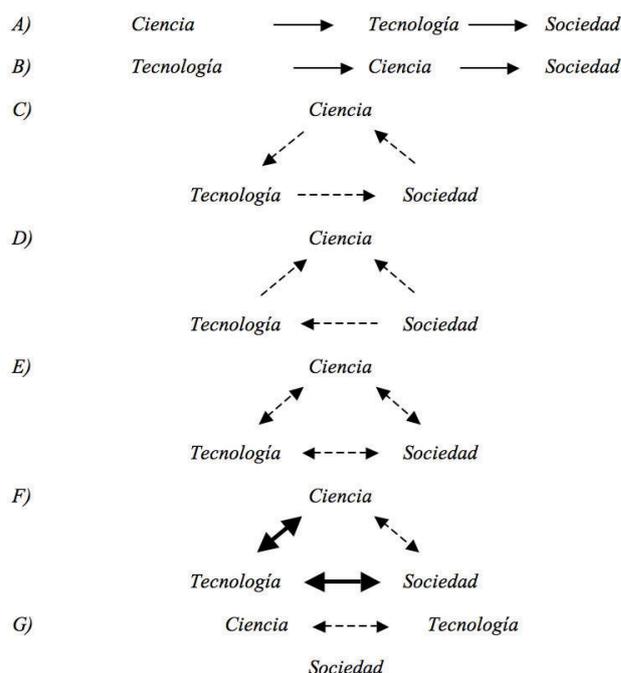
Preguntas	Diferencia de medias	Prueba F	Prueba t
<i>Cuestionario 1</i>			
30111	0.177	0.2683	5.189E-10
40161	0.131	9.141E-4	1.013E-4
40221	0.177	4.378E-3	6.621E-9
<i>Cuestionario 2</i>			
10421	0.144	0.353	3.303E-8
50111	0.127	0.775	1.005E-4

¿Cuál de los siguientes diagramas representaría mejor las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad?:

Los incisos (A), (B), (C), (D) y (G) están calificados por los expertos como ingenuos y los (E) y (F) como adecuados. La media de los estudiantes de licenciatura tiene un índice global actitudinal de 0.300, mientras que la de los estudiantes de bachillerato tuvo 0.123. Por ello, es evidente que marcan más frecuentemente los incisos adecuados (E) y (F) los estudiantes de licenciatura, quienes piensan en una relación interconectada entre las tres cuestiones.

En segundo término, la pregunta 40161 tiene que ver con el aspecto ético de la responsabilidad social frente a la contaminación y tiene el siguiente enunciado:

La industria pesada ha contaminado enormemente los países industriales. Por tanto, es una decisión responsable trasladarla 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 decidir. Trasladar la industria ayudaría a los países pobres a prosperar y también a reducir la contaminación de nuestro país. Pero no tenemos derecho a contaminar el medio ambiente de otros lugares.
- 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.*

El inciso (A) ha sido marcado por los expertos como ingenuo, el (B) y el (E) como plausibles, y los (C), (D) y (F) como adecuados. Como el índice global actitudinal para los estudiantes del bachillerato promedia 0.151 y el de los de licenciatura 0.282, como se ve tiene una mejor tendencia a reproducir las calificaciones de los expertos en el caso de estos últimos estudiantes.

Con relación a la pregunta 40221, tiene que ver con decisiones morales y es la siguiente:

La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, decidir cómo debe actuar una persona o un grupo respecto a otras personas).

La ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar algunas decisiones morales:

- A. *haciendo que nuestra información sobre las personas 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 las personas.*
- 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 ciencia y tecnología no tienen nada que ver con decisiones morales; sólo descubren, explican e inventan cosas. Lo que las personas hacen 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 persona.*
- F. *porque si las decisiones morales se basaran en información científica, a menudo las decisiones conducirían al racismo, suponiendo que un grupo de gente es mejor que otro grupo.*

Los incisos (C), (D) y (F) han sido marcado por los expertos como ingenuos, el (A) y el (E) como plausibles y el (B) como el único adecuado. En este caso el promedio del índice global actitudinal de los estudiantes de bachillerato es negativo (-0.024), por lo que hay una desviación ligera contraria con relación a las opiniones de los expertos (como si se calificaran eventualmente como ingenuos algunos de los incisos calificados por los expertos como adecuados, y viceversa). Mientras tanto, en el caso de los de licenciatura el promedio es positivo e igual a 0.154.

En el segundo cuestionario, la pregunta 10421 es la siguiente y tiene que ver en torno a la decisión social de invertir en investigación científica o tecnológica:

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 es mejor porque mejorará la producción, el crecimiento económico y el empleo. Todo*

esto es mucho más importante que cualquier cosa que ofrezca la investigación científica.

- B. *Invertir en ambas: porque no hay realmente diferencias entre ciencia y tecnología.*
- C. *Invertir en ambas: porque el conocimiento científico es necesario para hacer avances tecnológicos.*
- D. *Invertir en ambas: porque ambas interaccionan y se complementan entre sí por igual. La tecnología da a la ciencia tanto como la ciencia da a la tecnología.*
- E. *Invertir en ambas: porque cada una a su manera ofrece ventajas a la sociedad. Por ejemplo, la ciencia da avances médicos y en el medio ambiente, mientras que la tecnología da más eficiencia y comodidad.*
- F. *Invertir en investigación científica, esto es, investigación médica o sobre medio ambiente, porque éstas son más importantes que hacer mejores aplicaciones, ordenadores u 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 y automatización).*
- 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, cultura y ayudas de otros países).*

En este caso los incisos (A), (F), (G) y (H) han sido marcados por los expertos como ingenuos, (B), (C) y (E) como plausibles y únicamente (D) como adecuado. Nuevamente el índice global actitudinal promedio de los estudiantes del bachillerato es inferior (0.083) con relación al de los estudiantes de licenciatura (0.226), quienes han respondido de forma más atinada.

Finalmente, con relación a la pregunta 50111, que es la siguiente, relacionada con las dos culturas de Charles P. Snow:

Parece que existen dos clases de personas, las que entienden de ciencias y las que entienden de letras (por ejemplo, literatura, historia, economía, leyes). Pero si todos estudiassen más ciencias, entonces todos las comprenderían.

- A. *EXISTEN estos dos tipos de personas. Si las personas de letras estudiassen más ciencias llegarían a comprenderlas también, porque cuanto más estudias algo, más llega a gustarte y lo comprendes mejor.*
EXISTEN estos dos tipos de personas, pero aunque las personas de letras estudiassen más ciencias, NO llegarían necesariamente a comprenderlas mejor:
- B. *porque pueden no tener la capacidad o el talento para comprender la ciencia. Estudiar más ciencia no les dará esa facultad.*
- C. *porque pueden no estar interesados por la ciencia. Estudiar más ciencias no cambiará su interés.*
- D. *porque pueden no estar orientados o inclinados hacia la*

ciencia. Estudiar más ciencias 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 las que entiende ambas, las ciencias y las letras.

En este caso, los expertos marcan como ingenuo el inciso (B), como plausibles los (A), (C) y (D) y como único adecuado el (E). No obstante, los estudiantes de bachillerato tienen un promedio bastante cercano al cero (0.051), mientras que el promedio para los estudiantes de licenciatura es pobre, pero ligeramente superior: 0.178.

Concluimos de este análisis que las respuestas de los alumnos de licenciatura revelan, como tendencia, unas creencias más adecuadas de la relación ciencia, tecnología y sociedad que los del bachillerato, aunque tienen unos índices promedios también bajos con relación al estado del arte de dicha relación.

II. Comparación entre docentes de bachillerato (CCH-UNAM) y estudiantes del mismo nivel

Se aplicaron los dos cuestionarios a una muestra de seis docentes del CCH de la UNAM y a otra de 129 estudiantes del mismo bachillerato. Es realmente penoso contar con respuestas de seis docentes, nada más.

Hubo una buena cantidad de preguntas (14; la mitad en el cuestionario 1 y la otra mitad en el cuestionario 2) en las cuales la diferencia de medias superó 0.14. Sin embargo, debido a la pequeña muestra de profesores, los resultados estadísticos nos forzaron a quedarnos solamente dos preguntas del cuestionario 1 y con ninguna del cuestionario 2 (ver la tabla 3). Seguramente parte del problema en esta comparación se deba al pequeño número de docentes del CCH. En ambas preguntas se tiene una diferencia de medias bastante grande (superior a 0.3), por lo que sí marcan el contraste entre las actitudes de los estudiantes con las de sus docentes.

En este caso las dos preguntas que van a analizarse son la 90211 y la 90411, con los siguientes enunciados, que se refieren a la modelación y al carácter cambiante de la ciencia. En ambos casos las actitudes de los estudiantes son menos adecuadas que las de sus profesores, por tener éstos más idea sobre modelación en ciencia y sobre el carácter tentativo de los conocimientos científicos. Los alumnos piensan en una ciencia que representa verdades sin discusión posible, acabada y sólida.

90211. Muchos modelos usados en los laboratorios de investigación (tales como el modelo del calor, el de las neuronas, del DNA o del 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 pruebas científicas que demuestran 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

Tabla 3. Diferencia de medias mayor a 0.12, con pruebas F y t valederas, de las preguntas del cuestionario 1 para la comparación de los docentes vs. los estudiantes del nivel bachillerato.

Preguntas	Diferencia de medias	Prueba F	Prueba t
Cuestionario 1			
90211	0.325	0.877	8.465E-3
90411	0.385	0.873	3.281E-3

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.

En este caso, los expertos califican como ingenuos los incisos (A), (B) y (C), como plausibles (D) y (G) y como adecuados (E) y (F). Las respuestas de los docentes siguen mejor ese patrón, con un promedio de 0.215, mientras que las de los estudiantes resultan negativas, con un promedio de -0.109.

90411. Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro.

El conocimiento científico cambia:

- A. porque los científicos más jóvenes desapruueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes, o para detectar errores en la investigación original "correcta".
 B. porque el conocimiento viejo antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.
 C. El conocimiento científico PARECE cambiar porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.
 D. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.

Ahora, los expertos califican como ingenuos los incisos (C) y (D), como plausible el (A) y el (B) como adecuado. Nuevamente, las respuestas de los docentes siguen mejor ese patrón, con un promedio de 0.292, mientras que las de los estudiantes resultan negativas, con un promedio de -0.094. Las respuestas de una cantidad notable de los estudiantes califican como adecuadas las situadas como ingenuas por los expertos y por eso piensan más frecuentemente en una ciencia que "parece" cambiar.

III. Comparación entre docentes de bachillerato del CCH-UNAM contra docentes de bachillerato del IEMS

Se aplicaron los dos cuestionarios a una muestra de seis docentes del CCH de la UNAM y a otra de 19 docentes del Instituto de Educación Media Superior.

Hubo una buena cantidad de preguntas (11; seis en el cuestionario 1 y cinco en el cuestionario 2) en las cuales la diferencia de medias superó 0.12. No obstante, en ninguno de los casos se obtuvieron pruebas F y t apropiadas para establecer una diferencia significativa en las medias de los índices, por lo que esta comparación no pudo llevarse a cabo. Seguramente y de nuevo, puede ser que el tamaño de ambas muestras fue demasiado pequeño e inapropiado, por lo tanto.

IV. Comparación entre docentes de bachillerato del CCH-UNAM contra docentes de licenciatura de la Facultad de Química

Hubo una buena cantidad de preguntas (9 en total; 6 en el cuestionario 1 y 3 en el cuestionario 2) en las cuales la diferencia de medias superó 0.12. Sin embargo, en varios casos la prueba F resultó pequeña y una prueba t de varianzas diferentes no resolvió el problema. Por ello nos quedamos con solamente dos preguntas del cuestionario 1 y con una del cuestionario 2 (ver la tabla 4). En los tres casos la diferencia de medias es sustancial, o sea que estas preguntas sí nos permiten clasificar como diferentes las concepciones de ambos tipos de profesores.

Las tres preguntas analizadas con diferencia significativa tienen que ver, la 40221 con aspectos éticos: con temas morales, la 40531, con la preferencia de la tecnología sobre la ciencia, la 70211, y nuevamente con cuestiones morales, la 70211. Resulta curioso que dos de las preguntas en donde existe mayor diferencia sean de tipo ético. Analicemos primero ambas preguntas:

40221. *La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, decidir cómo debe actuar una persona o un grupo respecto a otras personas).*

La ciencia y la tecnología pueden ayudar a tomar algunas decisiones morales:

A. *haciendo que nuestra información sobre las personas 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 las personas.*

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 ciencia y tecnología no tienen nada que ver con decisiones morales; sólo descubren, explican e inventan cosas. Lo que las personas hacen 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 persona.*

Tabla 4. Diferencia de medias mayor a 0.12, con pruebas F y t valederas, de las preguntas de los dos cuestionarios para la comparación de los docentes de los dos niveles educativos en la UNAM.

Preguntas	Diferencia de medias	Prueba F	Prueba t
Cuestionario 1			
40211	0.259	0.290	1.026E-4
40531	0.315	0.804	8.730E-3
Cuestionario 2			
70211	0.674	0.369	8.427E-3

F. *porque si las decisiones morales se basaran en información científica, a menudo las decisiones conducirían al racismo, suponiendo que un grupo de gente es mejor que otro grupo.*

Son calificadas por los expertos como ingenuos los incisos C), D) y F), como plausibles los A) y E) y solamente hay un inciso adecuado, el B). En este caso, la media para los docentes del bachillerato CCH resulta ser menor (0.111) que la de los docentes de la licenciatura (0.370) y la distancia entre ambas medias es bastante significativa, aunque la menor entre las tres cuestiones.

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 (buena o mala conducta) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agrandar a los trabajadores o a las instituciones que dan dinero).*

Los desacuerdos entre científicos pueden suceder:

A. *porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.*

B. *porque distintos científicos conocen diferentes hechos. La opinión científica se basa completamente en el conocimiento de los hechos por los científicos.*

C. *porque diferentes científicos interpretan los hechos o su significado de manera diferente. Esto sucede a causa de las diferentes teorías científicas, NO por 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 como cualquier combinación de las siguientes: ausencia 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 su significado) de manera diferente, principalmente a causa de distintas opiniones personales, valores morales, prioridades personales o política. (Con frecuencia el desacuerdo elimina riesgos y beneficia a la sociedad).*

G. Porque han sido influidos por las empresas o el gobierno.

Son calificadas por los expertos como ingenuos los incisivos (A) y (B), como plausibles los (C), (D), (F) y (G) y solamente hay un inciso adecuado, el (E). Nuevamente la media para los docentes del CCH es negativa y notablemente grande (-0.569) mientras que la de los docentes de la licenciatura es positiva, aunque pequeña (0.104). Puede observarse que esta pregunta es una en la que las concepciones de los profesores resultan contrastantes con las de los expertos, ya que dan mayor importancia a los ítems considerados ingenuos o plausibles por éstos. Es decir, no conciben del todo que los científicos puedan tener desacuerdos.

La pregunta 40531 tiene que ver con el tema de "bienestar" y tiene el enunciado:

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 cuidar 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; como ejemplos podemos citar la desmedida producción de armas y el uso abusivo de los recursos naturales.*

En esta ocasión los expertos califican como ingenuos los incisivos (A) y (C), como plausibles los (B) y (F) y ahora hay dos incisivos adecuados, el (D) y el (E). Otra vez la media para los docentes del CCH es negativa, aunque casi cero (-0.028) mientras que la de los docentes de la licenciatura es positiva, aunque bastante mayor (0.287). No cabe duda de que hay una diferencia señalada entre las actitudes alrededor de la tecnología para ambos tipos de profesor.

Vemos como conclusión de este análisis que en las tres preguntas donde sí existe una diferencia significativa puede notarse una actitud más adecuada de los docentes de licenciatura frente a los del bachillerato, tanto en lo que se refiere a cuestiones éticas dentro de la ciencia como a la naturaleza de la tecnología.

V. Comparación entre estudiantes de licenciatura contra docentes de la misma licenciatura en la Facultad de Química de la UNAM:

Se entrevistó y se aplicó alguno de dos cuestionarios de 15 preguntas a 9 docentes de la licenciatura y a 389 estudiantes

de licenciatura. Los docentes imparten las asignaturas 'Ciencia y Sociedad' y 'Química general'.

En este caso, en 15 de las preguntas (11 del cuestionario 1 y cuatro del cuestionario 2) la diferencia de medias de los índices superó los 0.12 puntos. Aplicamos la prueba F para certificar que la diferencia de medias es estadísticamente significativa, y cuando F nos dio un valor pequeño aplicamos una prueba t de variancias diferentes. Eso nos dejó con siete preguntas donde hubo una diferencia significativa del promedio de índices, con dicha diferencia superando 0.3 casi en todos los casos y en todos ellos favorable a las actitudes de los docentes frente a las de los estudiantes. Seguramente se debe esta alta diferencia en la media de los índices al conocimiento de filosofía, historia y sociología de la ciencia por parte de los profesores de 'Ciencia y Sociedad'.

La pregunta 30111 ya colocamos la calificación de los expertos en cada inciso anteriormente. Lo único que vale la pena decir ahora es que la media de los docentes de licenciatura es poco más del doble (0.610) que la de los estudiantes de licenciatura (0.300). Este valor superior a 0.6 habla de una gran coincidencia entre los profesores de licenciatura y los expertos. Puede decirse que los docentes son expertos en este tema.

Igualmente, la pregunta 40531 ya fue mencionada. Sólo agregaremos que el promedio del índice global actitudinal de los docentes es 0.287, mientras que el de los estudiantes es -0.0838.

La 90211 también ya fue referida. En esta ocasión el promedio del índice de los docentes es 0.231, mientras que el de los estudiantes es -0.0850.

La 90411 también está ya señalada, y los promedios de los índices para docentes (0.301) y estudiantes (-0.0197) siguen mostrando mayor congruencia en las respuestas de los profesores.

Las otras tres preguntas donde existe una diferencia significativa entre las respuestas de los estudiantes y los docentes son la 60111, la 80131 y la 90621, la primera tiene que ver con la motivación de los científicos para hacer ciencia, con una componente de género, la segunda sobre ventajas para la sociedad, en particular los factores para echar a andar un des-

Tabla 5. Diferencia de medias mayor a 0.12 en los índices de las preguntas de los dos cuestionarios para la comparación de estudiantes de los dos niveles analizados.

Preguntas	Diferencia de medias	Prueba F	Prueba t
Cuestionario 1			
30111	0.310	0.747	6.992E-04
40531	0.327	0.393	1.645E-04
60111	0.224	0.844	3.004E-03
80131	0.289	0.482	6.533E-04
90211	0.317	0.507	6.791E-04
90411	0.321	0.438	1.077E-03
90621	0.322	0.942	3.420E-04

cubrimiento tecnológico y la tercera sobre el método científico y su plausibilidad. En los tres casos las actitudes del profesorado de licenciatura supera a la de los estudiantes de la misma. Sus enunciados son los siguientes:

60111. *La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse muchos en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia 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; éstas 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 más hombres lleguen a ser científicos, aunque 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 y se esperaba que la mayoría de las mujeres trabajasen en casa o en trabajos tradicionales; por tanto, la imagen pública del científico ha desanimado a las mujeres, mientras ha animado más a los hombres para hacerse científicos. Pero esto está cambiando hoy día: la ciencia se está convirtiendo una vocación de mujeres y se espera que éstas 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 por la ciencia y son tan capaces como los hombres; pero los científicos establecidos (que son hombres) tienden a desanimar o intimidar a las posibles científicas.*
- H. *NO existen razones para tener más científicos que científicas. Ambos son igualmente capaces de ser buenos en ciencia y hoy día las oportunidades son similares.*

Los expertos marcan como ingenuos los incisos (B), (F) y (G), como plausibles los (C), (D) y (E) y como adecuados los (A) y (H). Las respuestas son prácticamente iguales, salvo por el hecho de que los estudiantes de licenciatura tiene un promedio negativo (-0.122) y los docentes positivo (0.102), en valor absoluto son pequeñas ambas, por lo que podrían clasificarse como respuestas neutras, donde se desperdigan las respuestas, seguramente debido a la componente de género en esta pregunta.

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 que las ventajas para la sociedad compensen 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 frenar 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 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, aunque 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, dependerá de otras cosas.*

Los expertos marcan como ingenuo el inciso (A), como plausible el (C), y como adecuados los (B), (D) y (E). Los estudiantes licenciatura tienen una media un poco negativa (-0.0666) y los docentes de licenciatura un promedio de 0.222.

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, tal como se enseña en las clases, debería funcionar bien para la mayoría de los científicos.*
- C. *El método científico es útil en muchos casos, pero no asegura resultados. Por tanto, los mejores científicos también tendrán originalidad y creatividad.*
- D. *Los mejores científicos son aquellos que usan cualquier método para obtener resultados favorables (incluyendo la imaginación y la creatividad).*
- E. *Muchos descubrimientos científicos fueron hechos por casualidad, y no siguiendo el método científico.*

Los expertos marcan como ingenuos los incisos (A) y (B), como plausibles los (D) y (E) y como adecuado el (C). Nuevamente los estudiantes de licenciatura tienen un promedio ligeramente negativo (-0.0762) y los docentes de licenciatura un valor positivo y mayor (0.245). Tienen una mejor idea de lo limitado de la idea del 'método científico'.

Conclusiones

Observaciones de orden general

Hemos calificado como de una "pobreza alarmante" los resultados de la aplicación del cuestionario COCTS a los estudiantes y docentes mexicanos. La razón es que las 30 preguntas aplicadas en los dos cuestionarios tienen índices promedio por debajo de 0.5 en la mayoría de los casos, con la excepción de dos preguntas aplicadas a docentes de la Facultad de Química, profesores de la asignatura "Ciencia y Sociedad", y una más aplicada a los docentes del Instituto de Educación Media Superior del D. F., en las que se supera el 0.5. Esto no quiere decir que los profesores se salven de la calificación dada de

“pobreza alarmante”, porque sólo tuvieron lugar en dos de las cuestiones entre las 30 de los dos cuestionarios.

Es más, hay una pregunta dirigida a profesores del Bachillerato del CCH-UNAM que tiene un promedio negativo de -0.569 .

Conclusiones particulares

Al analizar todos los resultados de las distintas muestras escogidas podemos obtener algunas conclusiones:

- I. De la comparación de las muestras de estudiantes de licenciatura y de bachillerato se observa que, aunque en prácticamente todos los casos la diferencias de índices globales actitudinales promedio es sólo un poco mayor al 0.12, ya que no se llega en ningún caso al 0.18, los estudiantes de licenciatura tienen mejores resultados, ya que sus índices promedio son el doble a los de bachillerato. Podemos afirmar que poseen una mayor claridad sobre la relación que hay entre la ciencia, la tecnología y la sociedad y sobre la importancia de los efectos contaminantes de la industria, que ésta tiene un efecto global que nace las políticas aplicadas en las naciones más avanzadas que sus compañeros de bachillerato. Podemos además inferir de manera provisional, que los estudiantes de licenciatura han mejorado su visión de la perspectiva CTS y posiblemente se deba a la influencia de haber transitado por la asignatura ‘Ciencia y Sociedad’, ya que la muestra de los estudiantes de bachillerato a los que se les aplicó el cuestionario sólo se diferencian de los de licenciatura por haber cursado éstos una parte de sus cursos de licenciatura y una diferencia de edad aproximada de 18 meses.
- II. De la comparación de las muestras de profesores de bachillerato y sus estudiantes, en los dos casos escogidos por sus resultados se tienen valores superiores de diferencia de índices mayores a 0.12, ambos superiores a 0.3 y sus índices promedio son tres veces mayores que los de sus estudiantes. Por ello parece que los docentes de este nivel tienen una noción más adecuada del significado de la modelización en ciencia y del carácter cambiante y no acabado de la ciencia.
- III. Para las muestras entre docentes del bachillerato, se requiere aumentar el número de la muestra o aplicar otro tipo de pruebas para poder contar con respuestas más concluyentes.
- IV. De la comparación de las muestras entre docentes de licenciatura y de bachillerato en los tres casos escogidos por sus valores de pruebas F y t aceptables, los profesores de licenciatura obtienen índices promedio muy superiores a los de bachillerato. Cabe mencionar que un buen número de los profesores de licenciatura encuestados tienen una mejor formación sobre NC, ya que imparten la asignatura ‘Ciencia y Sociedad’ y en algunos casos tienen un posgrado en el área. Como estas preguntas se refieren a valores éticos y a la relación entre la ciencia y la tecnología, podemos afirmar de manera provisional que los docentes de bachillerato tienen una visión más ingenua sobre el valor de la ciencia y además una visión deformada so-

- bre la relación que existe entre la ciencia y la tecnología.
- V. Para las muestras entre estudiantes y docentes de licenciatura, es necesario señalar que todos los estudiantes estarían cursando la asignatura ‘Ciencia y Sociedad’ y los docentes en su mayoría tienen conocimientos de temas sobre NdC&T. Aunque por lo general la diferencia de índices es superior a 0.12, ya que ronda alrededor de 0.3, los índices para el caso de los profesores sólo rebasa el 0.5 en un caso, y para los estudiantes tenemos sólo un valor positivo, lo que es altamente alarmante. Si revisamos la naturaleza de las preguntas podemos observar que ambos grupos muestran uno de los más altos índices sobre la relación —aunque sea de manera esquemática— entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, aunque por supuesto con mayor claridad en los docentes, que parecen tener visiones más adecuadas sobre el campo. Para los demás incisos los estudiantes de licenciatura tienen visiones bastante alarmantes de la NdC&T y sus docentes tampoco presentan visiones muy adecuadas sobre el tema.

A partir de estas conclusiones podemos afirmar la pobreza alarmante que tienen buena parte de los profesores y estudiantes de ciencias sobre la NdC&T.

Estos resultados no ayudan a que este grupo de estudiantes y profesores puedan tomar mejores decisiones sobre temas relacionados con la ciencia, la tecnología y su vínculo con la sociedad, ya sea como futuros profesionales de ciencias o como formadores de profesionales.

Además si estos grupos muestran estos resultados, difícilmente pueden ser factor de cambio que permita que la población en general, posiblemente con visiones todavía más deformadas sobre la NdC&T, pueda tomar decisiones acertadas sobre políticas públicas que le atañen o sobre temas de ciencia y tecnología que les son importantes para la vida.

Esto nos lleva a reconocer que es necesario mejorar la actualización docente en este campo para los profesores de estos niveles, además de acercarlo antes posible este tipo de contenidos como prioritarios a los demás niveles educativos, en especial al de la educación básica.

Reconocimiento

Proyecto de investigación SEJ2007-67090/EDUC financiado por la Convocatoria de Ayudas a Proyectos de I+D 2007 del Ministerio de Educación y Ciencia (España) a la Universidad de las Islas Baleares (España).

Bibliografía

- Aikenhead, G. S. An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics, *Journal of Research in Science Teaching*, **25**, 607-629, 1988.
- Aikenhead, G. S. Consequences to learning science through STS: a research perspective. En: Solomon, J. y Aikenhead, G. (eds.). *STS education: International perspectives on reform*, pp. 169-186. Nueva York: Teachers College Press, 1994a.

- Aikenhead, G. S. What is STS science teaching? En: Solomon, J. y Aikenhead, G. (eds.). *STS education: International Perspectives on Reform*, pp. 47-59. Nueva York: Teachers College Press, 1994b.
- Aikenhead, G. S. Research into STS Science Education, *Educ. quim.*, **16**(3), 384-397, 2005.
- Aikenhead, G.S. y Ryan, A.G. The development of a new instrument: «Views on Science-Technology-Society» (VOSTS), *Science Education*, **76**(5), 477-492, 1992.
- Archer, R. D. Foreword., in Schwartz, A. T.; Bunce, D. M.; Silberman, R. G.; Stanitski, C. L.; Stratton, W. J. & Zipp, A. P. *Chemistry in Context. Applying Chemistry to Society*, American Chemical Society Dubuque, IA, USA: Wm. C. Brown Pub, 1994.
- Bennàssar-Roig, A., García-Carmona, A., Vázquez-Alonso, Á. & Manassero-Mas, M. A., Introducción: Educación Científica y Naturaleza de la Ciencia. En: A. Bennàssar-Roig, Á. Vázquez-Alonso, M. A., Manassero-Mas & García-Carmona, A. (coords.) *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, capítulo 1, 15-24, Madrid: OEI, 2011a. La obra completa puede bajarse de la URL <http://www.oei.es/salactsi/DOCUMENTO5vf.pdf>
- Bennàssar-Roig, A., García-Carmona, A., Vázquez-Alonso, Á. & Manassero-Mas, M. A., Metodología del proyecto iberoamericano de evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad (PIEARCTS). En: A. Bennàssar-Roig, Á. Vázquez-Alonso, M. A., Manassero-Mas & García-Carmona, A. (coords.). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, capítulo 2, 25-37, Madrid: OEI, 2011b.
- Blanco, R. & Niaz, M. Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: from a «Baconian inductive ascent» to the «irrelevance» of scientific laws, *Instructional Science*, **25**, 203-231, 1997.
- Bybee, R. W. Science education and the Science-Technology-Society (STS) theme, *Science Education*, **71**(5), 667-683, 1987.
- Bybee, R. W. Scientific inquiry and science teaching. En Flick, L. B. y Lederman, N. G. (eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (Chapter 1; pp. 1-14). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- CCH. Área de Ciencias Experimentales. *Programas de estudio de Química I y II* (primero y segundo semestres), México: Universidad Nacional Autónoma de México/Colegio de Ciencias y Humanidades, Junio de 2003.
- Chamizo, J. A. & Garritz, A. Hacia una reconstrucción del currículo de la química, *Libro de la 1ª Conferencia Latinoamericana del International History, Philosophy, and Science Teaching Group*, Sao Paulo, Brasil, en prensa, octubre 2010.
- ENP. *Programa de estudio de Química III (Quinto año del bachillerato)*, México: Universidad Nacional Autónoma de México/Escuela Nacional Preparatoria, agosto de 2005.
- Facultad de Química. *Programas de estudios*. 2009. Consultada por última vez el 18 de diciembre de 2010 en la URL <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/1112Cienciaysociedad-2.pdf>
- Garritz, A.; Rueda, C. & Robles, C. Opiniones de profesores y estudiantes mexicanos del bachillerato y la universidad públicos sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología: una pobreza alarmante. En: A. Bennàssar-Roig, Á. Vázquez-Alonso, M. A., Manassero-Mas & García-Carmona, A. (coords.) *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*, capítulo 8, 115-125, Madrid: OEI, 2011.
- Lederman, N. Students' and teachers' understanding of the nature of science: A reassessment, *School Science and Mathematics*, **86**(2), 91-99, 1986.
- Lederman, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research, *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(4), 331-359, 1992.
- Manassero, M. A. & Vázquez, Á. *Opiniones sobre ciencia, tecnología i societats*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació, Cultura i Esports, 1998.
- Manassero Mas, M. A. & Vázquez Alonso, Á. Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad, *Enseñanza de las Ciencias*, **20**(1), 15-27, 2001.
- Mellado, V. Preservice teachers' classroom practices and their conceptions of the nature of science. En: Fraser, B. J. y Tobin, K.G. (eds.). *International Handbook of Science Education*, pp. 1093-1110. Londres: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- NSTA. Science-technology-society: A New Effort for Providing Appropriate Science for all (Position Statement), pp. 47-48. In: *NSTA Handbook*, Washington, D.C. USA: National Science Teachers Association, 1990.
- Robles, C. & Chamizo, J.A. El conocimiento de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) en los estudiantes del segundo semestre de química del CCH. Presentación en las V Jornadas Internacionales para la Enseñanza Preuniversitaria y Universitaria de la Química. Santiago, Chile. 13 al 16 de noviembre, 2007.
- SEP. *Educación Preescolar. Plan de estudios*. Comisión Nacional de los Libros de Texto Gratuitos. México, 2004. 142 pp.
- SEP. *Educación Básica. Secundaria. Plan de estudios 2006*. Comisión Nacional de los Libros de Texto Gratuitos. México, 2007. 54 pp.
- SEP. *Plan de estudios 2009. Etapa de prueba*. Comisión Nacional de los Libros de Texto Gratuitos. México, 2008. 262 pp.
- Vázquez, A. & Manassero, M.A. *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, 1997.