

La educación científica y tecnológica para el Espacio Iberoamericano de Conocimiento

Carlos Osorio e Isabel P. Martins*

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia es hoy considerada un componente de la cultura contemporánea y el conocimiento científico-tecnológico es, posiblemente, la marca más distintiva de la época actual con relación a las épocas anteriores. De ahí que muchos autores y pensadores consideren la educación en ciencias como una prioridad de las sociedades tecnocientíficas. En este encuadramiento se hace urgente definir orientaciones para la enseñanza formal de las ciencias y promover articulaciones con otras vías de educación no formal.

Si la competitividad de una nación en una economía globalizada depende fuertemente del nivel de educación científica de la población y del número de científicos de renombre que tenga el país, invertir en la educación científica de base se constituye, por tanto, en una prioridad (Rocard et al., 2007; Jenkins, 2009).

A pesar de que para algunos autores (por ejemplo, Jenkins, 2008) no está demostrada la relación directa entre la educación en ciencias y el desarrollo económico, es en las regiones más desfavorecidas en lo que hace a beneficios científico-tecnológicos (por ejemplo agua potable y saneamiento básico, acceso a las vacunas y antibióticos, entre otros aspectos) donde se registran los mayores índices de morbilidad y mortalidad. Luego, resulta intolerable que esta situación perdure, tanto más cuando el conocimiento científico y tecnológico existe y no tiene fronteras.¹ Resolver estas situaciones depende de una decisión política que debe involucrar a todos los países, en particular a los países del ámbito iberoamericano y especialmente a los de América Latina.

Caben entonces las preguntas que nos proponemos abordar en el presente trabajo: ¿cuál es la educación científica que se requiere para construir y consolidar el Espacio Iberoamericano del

* Carlos Osorio es profesor e investigador de la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle (Cali, Colombia). Isabel P. Martins es Profesora Catedrática e investigadora del Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro (Portugal).

¹ Pero si el conocimiento técnico está globalizado, no ocurre lo mismo con el conocimiento social necesario para insertar correctamente una obra de infraestructura o prestar un servicio en el medio humano. Se trata de un conocimiento localizado, muy específico y, por lo tanto, muy costoso, a la vez que es el más determinante para el éxito (Centelles, 2009).

Conocimiento? ¿Se trata de una educación que se relaciona únicamente con buscar el avance del conocimiento? ¿Cuál es la relación entre esta educación y la sociedad en los contextos locales? Y de otro lado, ¿cuál es el papel de las universidades en estos procesos, en particular cuando están llamadas a jugar un papel central en la construcción del Espacio Iberoamericano del Conocimiento?

Recordemos que el Espacio Iberoamericano de Conocimiento se propone como una herramienta de apoyo para la promoción y el desarrollo de redes de conocimiento que contribuyan a los procesos de formación e investigación en las distintas áreas del saber y, con ello, a la superación de algunos de los problemas de la región. Las redes del Espacio Iberoamericano del Conocimiento buscan aumentar las posibilidades de asociación y colaboración en temas diversos, incluyendo los propios objetivos del fortalecimiento institucional y de proyección internacional de las universidades participantes en las redes. Además, al operar en diversos ámbitos del conocimiento, sensibles a los problemas de la región, se espera que puedan contribuir a mejorar la calidad de vida en los respectivos países.²

La segunda estrategia definida para construir el Espacio Iberoamericano del Conocimiento se relaciona con el desarrollo científico, tecnológico y de la innovación, orientado al crecimiento de las economías y al desarrollo social de los países de la región. Al respecto, la situación en América Latina dista mucho de ser favorable, ya que la contribución de este tema a la economía refleja la baja prioridad política otorgada a la I+D y al fomento a la innovación, la cual se traduce en bajos niveles de inversión pública y escaso peso en los planes de desarrollo (Sebastián, 2007). Por otra parte, los resultados que dan cuenta de la contribución de la ciencia, la tecnología y la innovación al desarrollo social tampoco resultan muy halagadores, tal como lo constata Mario Albornoz en este mismo libro.

Inicialmente se podría argumentar que la educación necesaria para el Espacio Iberoamericano del Conocimiento se relaciona con la formación científica, entendida como una educación basada en la naturaleza de la ciencia, tal como tradicionalmente se ha ofertado en los currículos. Este punto de vista propedéutico se enfoca a instruir al alumnado en los conceptos y aplicaciones de los paradigmas científicos, lo que en la terminología de Kuhn (1962) significaría el entrenamiento de los futuros científicos en el dominio de la “ciencia normal”.

Sin embargo, como señalan Acevedo et al. (2005), este tipo de concepción de la educación científica resulta limitada si tenemos en cuenta la diversidad de intereses de los estudiantes respecto de la actividad científica en el aula. Tales intereses pueden ir desde la idea de proseguir estudios científicos, a la toma de decisiones en asuntos públicos tecnocientíficos (con especial atención al ejercicio de la ciudadanía), pasando por satisfacer la propia formación profesional para el trabajo, curiosidades personales, entre otros aspectos.

² Las redes permiten resolver situaciones altamente heterogéneas y complejas, de modo sistemático y fructífero, a través de la multiplicidad de know-how científicos y técnicos; las redes contribuyen con el desarrollo de competencias teóricas y prácticas necesarias para el fortalecimiento local (Petrella, 1994).

Proponemos, entonces, una perspectiva que busca superar la noción propedéutica de la educación científica, partiendo de una educación que debe contribuir hoy a desarrollar capacidades para poder participar en las decisiones tecnocientíficas que afectan a la ciudadanía y contribuyen a cambiar el mundo, además de brindar herramientas para comprender y mejorar los mundos natural y artificial por medio de la indagación y la creación de destrezas y habilidades que son imprescindibles como procedimientos específicos para poder desenvolverse mejor en la vida cotidiana y en el ejercicio profesional (Martín y Osorio, 2003).

En este sentido, la hipótesis que defenderemos en este trabajo es la siguiente: la educación para el Espacio Iberoamericano del Conocimiento es una educación para la participación, que se relaciona con la comprensión de la ciencia y la tecnología y que se compromete, igualmente, con las decisiones y los retos que los países del ámbito iberoamericano deben afrontar. Como veremos más adelante, se trata de una propuesta de educación en ciencia, tecnología y sociedad –en adelante CTS- para la educación superior, con énfasis en la participación pública.

Abordaremos inicialmente algunos aspectos de contexto respecto de la educación superior, de tal forma que permitan introducir los elementos que sustenten dicha hipótesis. Posteriormente se presentarán las bases conceptuales que fundamentan el tema de la educación CTS desde una perspectiva que coloca la participación pública como el foco central de este tipo de educación. Para terminar, presentaremos algunas ideas sobre la forma de implementar estos temas en las universidades de la región.

2. ALGUNOS ELEMENTOS DE PARTIDA SOBRE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA REGIÓN

La tasa de escolarización o cobertura de la educación superior en Iberoamérica presenta contextos desiguales.³ Unos pocos países, entre los que se cuentan Argentina, España y Portugal, presentan tasas por encima del 50%; Cuba llega incluso al 87,9%; países como Chile, Uruguay, Panamá, Bolivia y Venezuela tienen una cobertura entre 40% y 45%. Con tasas entre el 25% y el 35% se encuentran países como Perú, República Dominicana, Colombia, México, Brasil, Paraguay y Costa Rica. Finalmente, con una tasa en torno al 20% se encuentra Ecuador. Los países centroamericanos como El Salvador, Nicaragua, Honduras y Guatemala presentan incluso valores inferiores (OEI, 2008; Banco Mundial, 2003).

Si bien un reto de los sistemas de educación superior seguirá siendo el aumento de la cobertura y el fortalecimiento de la calidad, también hay que considerar otros retos que enfrenta la educación superior en la región, especialmente en el caso de América Latina. Diversos estudios señalan que los desafíos más importantes que se plantean a las economías en desarrollo, como

³ La tasa de matrícula de la educación superior relaciona el número de estudiantes entre 18 y 24 años matriculado oficialmente en ese nivel educativo, respecto del total de la población del país en dicho rango de edad. Este rango de edad suele variar según las instituciones de educación superior en América Latina, puede ser entre 17 y 24 años, incluso entre 20 y 24 (UNESCO, IESALC, s/f).

las de América Latina y el Caribe, se relacionan con su papel frente a la globalización, con valorar la importancia del conocimiento como factor de crecimiento y con las transformaciones que se generan por el avance de las tecnologías de la información y la comunicación (Banco Mundial, 1994, 2003).

Esto, sin embargo, no es todo, ya que estamos ante un continente con la mayor desigualdad del mundo entre aquellos que más ganan y los que menos reciben.⁴ Asimismo, se trata de una región con una gran fortaleza en materia de recursos naturales, pero a su vez presenta problemas tan críticos como, entre otros, el hecho de que aún cincuenta millones de personas no tienen acceso al agua potable y, de ellos, treinta y cuatro millones pertenecen al sector rural (UNICEF, 2006). En este contexto, la educación superior juega un papel importante, tanto en la construcción de una economía basada en el conocimiento, como en el fortalecimiento de la democracia y la disminución de la inequidad, el mejoramiento de las condiciones sociales y la mitigación del deterioro progresivo del medio ambiente.

Se considera que la educación superior tiene como misión responder a tres actividades: la formación, la investigación y lo que se conoce como “tercera misión”, también llamada, en el contexto de América Latina, “extensión”. La formación se orienta a la capacitación en conocimientos y habilidades del más alto nivel, ya sean disciplinarios como aquellos surgidos en contextos flexibles transdisciplinarios. La formación también contribuye al aprendizaje continuo, así como a la adquisición de habilidades analíticas y críticas, todas ellas claves para aprender a pensar y a utilizar la información de manera autónoma y creativa. A ello se suman las competencias comunicativas, el trabajo en equipo, la enseñanza entre pares, la capacidad de pensamiento visionario, la recursividad y el ajuste a los cambios, entre otros aspectos. Finalmente, la formación representa un aporte hacia el desarrollo de capacidades que favorecen el desarrollo humano de una sociedad; es, así, una contribución a la vida social y política. Dicho aporte no se reduce a la construcción del llamado “capital humano”, por cuanto desde esta noción sólo se entiende a la educación en términos de las capacidades que genera para obtener rendimientos económicos.

La investigación en la educación superior se orienta tanto a la investigación básica y aplicada en las diferentes áreas del saber, como al desarrollo tecnológico y la innovación. Pero hay también un tercer aspecto que resulta fundamental en el marco del presente trabajo. Se trata de la contribución de la educación superior a la tercera misión. A nivel internacional, el debate sobre la tercera misión está ampliamente dominado por el paradigma estadounidense, orientado a la construcción de empresas por parte de las universidades, como se ha dado en casos de la biotecnología y las tecnologías de la información (Goransson et al., 2009). Sin embargo, cabe la pregunta sobre si tal situación puede ser fácilmente transferida a los países iberoamericanos y si, además, sólo ésta sería la tercera misión que deben cumplir las universidades de la región. Los estudios comparativos entre grupos de países de diferente tamaño, incluyendo

⁴ Mientras que la distancia entre el 10% más rico y el 10% más pobre es de 6 veces en Noruega, y de 10 veces en España, en América Latina promedia las 50 veces (Klikberg, 2008).

países de América Latina, señalan que la situación depende mucho de cada país, de su actividad económica y estructura social y cultural, al igual que de la propia concepción de universidad (Goransson et al., 2009). En cualquier caso, el paradigma estadounidense no sería fácilmente aplicable en la región.

Las actividades de la tercera misión están orientadas, por un lado, hacia la interacción de las universidades con las empresas –es decir, desde una perspectiva tecnológica y enfocada a la economía-⁵ y, por otro lado, hacia las relaciones con la sociedad civil (Laredo, 2007; Goransson et al., 2009). Aquí interesa esta última perspectiva, en tanto contribuye a la construcción de la democracia y la cohesión social y, de manera especial, favorece la construcción de nuevos espacios de entendimiento público y participación en cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (por ejemplo, sociedad del riesgo, temas ambientales y, en general, decisiones relacionadas con los sistemas tecnológicos), entre otros aspectos (Schoen et al., 2006).

Veamos entonces de qué trata la educación CTS alrededor de la participación pública en temas tecnocientíficos, de tal forma que nos sirva de fundamento para proponer algunas ideas en torno a la manera de introducir este enfoque en la investigación y la tercera misión de la educación superior.

3. LA EDUCACIÓN A PARTIR DEL ENFOQUE EN CTS

El desarrollo científico y tecnológico alcanzado en el último siglo y principalmente el ritmo con el que ha evolucionado conllevan, para el dominio de la discusión pública, la importancia de la formación científica de los ciudadanos y el debate sobre el papel atribuido a la escuela y a la educación superior en esa formación.

A pesar de las distintas posiciones sobre el tema, ampliamente reportadas en la literatura y en informes de entidades supranacionales (como la OCDE, la Unión Europea, las Naciones Unidas, la UNESCO, la OEI, entre otras), se constata que la educación científica hoy es considerada, prácticamente en todos los países, como parte importante de la formación de base de todos los ciudadanos. Sin embargo, aún no existe un acuerdo sobre las orientaciones para la enseñanza de las ciencias en el contexto educativo, en lo que hace a las finalidades de esa enseñanza, las metodologías de trabajo, la continuidad con los alumnos y los temas a abordar en los diversos niveles de la escolaridad.

Pero la discusión sobre la educación científica implica tener en cuenta el concepto más general de alfabetización. Las últimas dos décadas del siglo veinte fueron particularmente ricas en el aumento de la consciencia sobre la importancia de las competencias de alfabetización de los individuos, tanto a nivel personal como para el bienestar socio-económico de las naciones. La búsqueda de significados de alfabetización aceptados internacionalmente vino a tornar más

⁵ Sobre la participación de las universidades en la economía de la innovación, véase en este mismo libro la contribución de Elena Castro y Judith Sutz.

visibles las insuficiencias existentes sobre la alfabetización de los ciudadanos y, por ello, la necesidad de encontrar vías para superarlas (Wearmouth et al., 2003).

Las cualificaciones que los ciudadanos deben tener en las sociedades de cariz científico y tecnológico son múltiples y dependen de la función social de cada uno; la actividad profesional es uno de los factores más determinantes en ese sentido. El ejercicio pleno de la democracia en las sociedades contemporáneas dependerá siempre de que se posea algún conocimiento científico –lo que aquí se asume como alfabetización científica-, lo cual no significa un conocimiento sustantivo de la ciencia. Las implicaciones sociales de ese conocimiento, en particular las resultantes del uso de los artefactos tecnológicos de base científica, deben ser recogidas en los objetivos de la educación científica como prioridad política de todos los gobiernos. No se debe olvidar, además, que “el concepto de alfabetización científica nunca será único, pues dependerá del contexto en que es aplicado y relativo a la sociedad donde se usa. Se trata, por tanto, de un concepto socialmente construido, móvil en el espacio y evolutivo en el tiempo” (Martins, 2004).

La discusión entre políticos y especialistas sobre las orientaciones de la política educativa en lo que hace a la enseñanza de las ciencias no está exenta de polémica. En esencia, se centra en la elección entre la implicación a nivel de la actividad profesional, y la intervención cívica esperada en las sociedades democráticas. Para quienes sostienen la primera de estas posiciones, la actividad profesional es la determinante más destacada, pues se espera que la responsabilidad profesional sea asumida con conocimiento científico de acuerdo con el nivel de decisión a tomar. Dado que el número de profesiones basadas en el conocimiento científico y tecnológico es relativamente reducido, esta posición podrá significar, en la práctica, que a los restantes miembros de la sociedad les corresponderá el reconocimiento tanto de la especificidad de cada tema como de la cualificación y los pronunciamientos de los respectivos especialistas en decisiones que muchas veces afectan a toda la sociedad.

En cambio, para los defensores de la línea de pensamiento de la comprensión pública de la ciencia como cualificación transversal a toda la sociedad –y que, por tanto, considera a la ciencia como un bien de utilidad pública-, la importancia del conocimiento científico y tecnológico no se agota en la cualificación técnica de saber usar los productos y artefactos de ese conocimiento. Será necesario, para un desempeño social pleno y responsable, la comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus normas y sus métodos, así como la concienciación sobre el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, lo cual abre cuestiones sobre la política científica y las estructuras institucionales productoras y reguladoras en esta área.

Paul Hurd ha señalado que la alfabetización científica de los ciudadanos se reflejará en la competencia cívica necesaria a cada uno, para el desarrollo de un pensamiento racional sobre la ciencia desde el punto de vista personal, social, político y económico; pensamiento regulador de decisiones que el ciudadano necesariamente tomará a lo largo de su vida. Esta posición implica reconocer el impacto de la ciencia en la cultura, en la vida diaria e incluso en la evolución de la propia democracia. En esta perspectiva cívica, Hurd (1998) enumera las cualificaciones que un individuo alfabetizado científicamente deberá poseer en la época actual:

1. Distinguir teorías de dogmas, datos de mitos, ciencia de pseudo-ciencia, evidencia de propaganda, hechos de ficción, conocimiento de opinión.
2. Reconocer la naturaleza de la ciencia como acumulativa, tentativa y escéptica; reconocer las limitaciones del cuestionamiento científico, de las explicaciones de tipo causal y de las decisiones basadas en el conocimiento científico y tecnológico; reconocer la necesidad de contar con evidencias suficientes y conocimiento establecido para fundamentar posiciones y elaborar críticas y reclamaciones.
3. Reconocer que la ciencia y la tecnología en contextos sociales tienen implicaciones a nivel ambiental, social, político y económico; reconocer la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología.
4. Saber cómo analizar datos, reconocer que algunos problemas sociales pueden tener más de una respuesta aceptable y que tales problemas son, en general, de naturaleza multidisciplinaria, que implican también dimensiones culturales, éticas y morales y que su resolución exige intervenciones concertadas más que acciones individuales; las soluciones a corto y a largo plazo pueden tener respuestas diferentes.

En suma, para Hurd ser alfabetizado desde el punto de vista científico es poseer una imagen actual de la ciencia en la sociedad, teniendo en cuenta los cambios que vayan a ocurrir dentro de la propia ciencia, por lo que una explicitación de competencias de alfabetización científica se genera sólo a través del proceso de adquisición, análisis, síntesis, decodificación, evaluación y utilización de saberes en ciencia y tecnología en contextos humanos personales y sociales. Tal alfabetización científica se puede llevar a cabo en la educación formal y en la no formal, así como en todos los niveles educativos, como se verá más adelante para el caso de la educación superior. Ocuparse de la alfabetización científica constituye el propósito general de la educación CTS. ¿Pero de qué trata la educación CTS en relación con la enseñanza de las ciencias en la educación formal?

En principio, un número cada vez mayor de investigadores y educadores abogan por una enseñanza de las ciencias de orientación más humanista, entendida como aquella que permite a los alumnos comprender los fenómenos de cariz científico y tecnológico, sean ellos del ambiente próximo o más remoto de los alumnos, pero respecto de los cuales exista o sea posible incentivar un interés genuino por su comprensión. Este tipo de educación en ciencias implica realizar alteraciones en las finalidades del proceso educativo, en los papeles del alumno y del profesor, y en los objetos de estudio y sus abordajes didáctico-pedagógicos.⁶

De forma resumida, se puede destacar que el énfasis debe ser puesto en la educación y no en la simple instrucción científica, por lo que la construcción de conceptos debe ser encuadrada en un vasto abanico de competencias, actitudes y valores que permitan a los alumnos comprender y valorar el papel de una perspectiva global de la ciencia. Es por ello que los currículos de ciencias

⁶ Véase, por ejemplo, Cachapuz et al. (2000).

deben permitir que, en el futuro, los ciudadanos puedan apreciar, comprender e involucrarse en la toma de decisiones sobre cuestiones con dimensión científica y tecnológica, a través de la formulación de juicios de valor sobre argumentos relativos a cuestiones socialmente controversiales.

Esta nueva orientación para la enseñanza de las ciencias, conocida como educación CTS,⁷ señala que los abordajes deben ser contextualizados, al privilegiar temas de ciencia y tecnología con significado personal y social. Desde esta perspectiva, asimismo, se aspira a poner en discusión aspectos éticos de la ciencia y principios y valores del conocimiento científico, contraponer la ciencia como interpretación del mundo a otras formas de conocimiento, discutir la relación ciencia-cultura, la naturaleza de la ciencia, las controversias científicas y las implicaciones sociales del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico. Finalmente, desde la educación CTS se impone distinguir actitudes científicas de actitudes no científicas, para lo que es necesario cuestionar estereotipos sobre lo que es la actividad científica.

Muchos han sido los países en adherirse a esta perspectiva a través de proyectos específicos y, en algunos casos, a través de programas curriculares; la propia UNESCO consideró prioritaria la orientación de la enseñanza de las ciencias en la perspectiva CTS. También la OEI ha promovido la educación CTS, tanto en el nivel secundario como en la educación superior, a través de los cursos virtuales dedicados a la enseñanza de las ciencias con enfoque en CTS, las cátedras interuniversitarias de CTS+innovación; el curso de Especialista Universitario en CTS+I; y el Máster en Estudios Sociales de la Ciencia ofrecido por la Universidad de Oviedo y la Universidad de Salamanca, entre otras actividades.

El interés de los investigadores sobre la educación CTS ha tenido un crecimiento notable, lo cual se ha reflejado en muchos artículos en revistas de la especialidad y en la realización de congresos internacionales, como por ejemplo los Seminarios Ibéricos sobre CTS, iniciados en Aveiro en el año 2000 y continuados cada dos años de forma ininterrumpida. En 2008, el V Seminario Ibérico realizado en la Universidad de Aveiro fue también el I Seminario Iberoamericano en la materia, dado el número apreciable de los investigadores participantes provenientes de América Latina. En 2010 se realiza en Brasilia la segunda edición del Seminario, dirigido a la comunidad iberoamericana.⁸

4. LOS CURSOS DE EDUCACIÓN CTS EN LA UNIVERSIDAD

Desde hace más de treinta años los estudios en ciencia, tecnología y sociedad han sido llevados al currículum formal de las universidades. Para algunos autores, el año 1969 constituye el punto de partida de este proceso, con la creación del programa de Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad de Cornell, establecido para programas de pregrado. Se trató, en

⁷ La educación CTS cuenta con una importante trayectoria en la educación secundaria y superior. No se realizará aquí un recuento detallado de lo que ha sido esta modalidad educativa en los países occidentales; al respecto se puede consultar el trabajo de Acevedo et al. (2001).

⁸ Para más información al respecto se puede consultar <http://www.finatec.org.br/eventos/siacts/>

parte, de una respuesta al movimiento social universitario de la época y a la necesidad de desarrollar “cursos interdisciplinarios en los niveles de pregrado, en temas referentes a los problemas mundiales” (Cutcliffe, 1990).

Según Waks (1990), la educación CTS se integra en la enseñanza superior de dos formas: o bien mediante unidades curriculares insertadas en programas ya establecidos en ciencia, tecnología e ingeniería, ciencias sociales o cursos de arte y lenguas, o bien a través de unidades estructuradas en forma de cursos independientes (o “CTS pura”). La misión curricular de un curso de CTS suele ser la búsqueda por desarrollar una interpretación de la ciencia y la tecnología como empresas complejas que tienen lugar en contextos sociales específicos, las cuales forman y son formadas en valores humanos de acuerdo con las instituciones culturales, políticas y económicas.

Un curso de CTS pura se ofrece como un complemento curricular para estudiantes de diversas procedencias, aunque para algunos autores no debería tratarse del mismo curso en todos los casos (Arocena y Sutz, 2001). En el caso de los estudiantes de ingenierías y de ciencias naturales, se busca proporcionar una formación humanista básica, con el fin de desarrollar en ellos una sensibilidad crítica hacia los impactos sociales y ambientales derivados de las nuevas tecnologías o de la implantación de las ya conocidas. Con ello, a la vez, se pretende transmitir una imagen realista de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología, así como del papel político de los expertos en la sociedad contemporánea. Por otro lado, en los cursos para estudiantes de humanidades y ciencias sociales, se trata de ofrecer un conocimiento básico y contextualizado sobre ciencia y tecnología, a fin de brindarles una opinión crítica e informada sobre las políticas científicas y tecnológicas, y en general sobre los orígenes e impactos de las ideas científicas y los desarrollos tecnológicos que los afectarán como profesionales y ciudadanos. Por este medio se aspira a que los estudiantes estén capacitados para participar en cualquier controversia pública o discusión institucional sobre tales políticas (González et al., 1996).

En las universidades de Iberoamérica existen diversas experiencias sobre educación CTS. Algunas de ellas son programas de formación que exceden el propio campo de la educación, para abarcar áreas como la sociología, la comunicación de la ciencia y la filosofía. No vamos a comentar esta clase de programas de formación especializada en los estudios CTS, sólo haremos referencia a algunas experiencias de cursos de educación CTS en el nivel de pregrado o licenciatura para estudiantes de ingeniería, tales programas cuentan ya con un desarrollo en la región.⁹ Esta clase de cursos se ha insertado en los currículos de formación de ingenieros en universidades como el Instituto Politécnico Nacional de México, la Universidad Federal de Santa Catarina (Florianópolis, Brasil), la Universidad de los Andes y la Universidad del Valle

⁹ Cabe destacar que la educación CTS en el nivel de la enseñanza secundaria está mucho más desarrollada, a juzgar por las reformas educativas que han permitido la inclusión del enfoque en países como México y Uruguay. En Colombia el Ministerio de Educación Nacional ha promovido una propuesta de formación por competencias, en donde incluye el enfoque de la educación CTS en las áreas de ciencias naturales y de tecnología.

(ambas en Colombia). Dichos cursos involucran, por un lado, las preocupaciones sobre las consecuencias de la ciencia y la tecnología en la sociedad y, por el otro, el análisis del modo en que los diversos factores sociales y culturales influyen o participan en la producción y el cambio científico y tecnológico.

Del lado de las consecuencias de la ciencia y la tecnología en la sociedad, algunos de los temas de interés educativo se refieren a cuestiones filosóficas e históricas, como por ejemplo la discusión sobre el determinismo tecnológico. Como se sabe, el tema del determinismo encierra el análisis sobre la capacidad humana para intervenir en las decisiones sobre el control de la tecnología en la sociedad. Bazzo y Teixeira (2005) señalan, con relación a la experiencia del curso en la Universidad de Santa Catarina desde el año 2002, que un elemento importante de trabajo es el cuestionamiento del enfoque positivista de la formación, que se expresa, en este caso, en la acomodación a un ritual técnico basado en la admiración de los logros científicos y tecnológicos relevantes, que deja por fuera una visión crítica sobre la relación de la ciencia y la tecnología con la sociedad. Tal paradigma, prácticamente impide el acceso a la duda, a la incertidumbre, a la crítica, a la dialéctica, a todo aquello que no privilegie la contundencia de la “respuesta cierta”, basada en un concepto de ciencia idealizada.

Como diría Langdon Winner (1977), si el determinismo tecnológico señala que los cambios tecnológicos son los cambios más importantes de la sociedad, frente a los cuales no queda más remedio que adaptarse; una vía diferente sería asumir la participación como una filosofía política que considere el cambio tecnológico como un cambio político, en tanto que afecta a todos los componentes de la sociedad. Para Winner, lo más importante en la sociedad contemporánea, altamente tecnológica, es proceder con la evaluación de las infraestructuras materiales y sociales creadas por las tecnologías, así como con la construcción de entramados técnicos que sean compatibles con la libertad, la justicia y la equidad. Habría entonces que reflexionar sobre nuestras instituciones, en tanto se han venido adaptando a los medios técnicos de que disponemos. Primero se debe meditar sobre qué sociedad se quiere para luego decidir sobre qué medios técnicos habrán de servir a tal propósito. Esto demanda la participación de los ciudadanos, aunque se sabe que las instituciones contemporáneas hacen difícil realizar el involucramiento completo de cada ciudadano respecto de las cuestiones morales y políticas concernientes con la tecnología. No obstante, deberíamos ser capaces de construir nuevos roles políticos en las instituciones, donde pudiera tener cabida la participación de las comunidades en las decisiones concernientes a las tecnologías.

Otros temas relacionados con las cuestiones filosóficas e históricas de los cursos CTS en el nivel superior se refieren a las cuestiones éticas sobre las tecnologías contemporáneas o sobre interrogantes éticos planteados por desarrollos científicos o tecnológicos particulares. El cuestionamiento ético de la tecnología conduce directamente a todas las discusiones políticas contemporáneas sobre ella. Tal cuestionamiento no surge repentinamente, sino que lo hace en relación con una serie de desarrollos tecnológicos, por ejemplo, el descubrimiento y la aplicación de la energía nuclear, el reconocimiento de la contaminación

ambiental, las innovaciones y las manipulaciones biomédicas y las modernas tecnologías de la información; en todos los casos se han dado reflexiones y análisis distintivamente éticos (Mitcham, 1989, 1994, 1996).

En el contexto de América Latina también es posible plantear otros temas de análisis, como por ejemplo el acceso al agua potable como un asunto ético. Los usos sociales del agua son al menos de tres tipos (Centelles, 2009): el agua-vida (un derecho humano), el agua-ciudadanía (deriva de un contrato de la ciudadanía), el agua-negocio (al servicio de la economía y objeto de mercantilización, por ejemplo: agua embotellada). Todos estos usos pueden ser objeto de análisis en los cursos de educación CTS, ya sea desde una perspectiva ética, para el primer caso, o desde una perspectiva de política tecnológica y social, en los otros dos. Esa es al menos la experiencia que se deriva del trabajo que se realiza en el curso para ingenieros en la Universidad del Valle (Colombia), al construir una unidad de análisis sobre el problema del agua como un sistema tecnológico (Osorio, 2005). En la experiencia de la Universidad de los Andes (Colombia), la discusión ética y política se centra en el análisis de casos locales, como en la reflexión sobre los sistemas de agua y de transporte en Bogotá, incluso en otros aspectos de la realidad colombiana como el uso de las minas antipersonales por los actores armados ilegales en contra de las fuerzas del estado y la sociedad civil (García et al., 2006).

Se aprecia, entonces, que además de incluir cuestiones filosóficas e históricas, los cursos CTS involucran cuestiones de política científica y tecnológica, pero desde el ángulo de la participación pública, y no tanto desde el enfoque que se le pueda dar al tema desde cursos de gestión tecnológica. Otras discusiones en esta misma línea giran alrededor de la crítica política sobre el uso de la ciencia al servicio de injusticias y desigualdades, o bien la falta de presencia de la ciencia y la tecnología en la solución de los problemas sociales; junto a otros temas como la evaluación de tecnologías, la discusión sobre la legislación de la propiedad intelectual en temas socialmente controvertidos, o la cesión de derechos sobre la administración de sistemas de agua y saneamiento por parte del Estado a empresas particulares, por mencionar un ejemplo puntual. A ello se suman temas relacionados con los riesgos sobre cuestiones ambientales y de la biotecnología, así como el papel de las mujeres en la ciencia, entre muchos aspectos que son incluidos en esta clase de cursos. En la mayoría de los casos, el tema de la participación pública es tenido en cuenta.

La otra gran línea de trabajo en la educación CTS se refiere al análisis de las cuestiones sociales y culturales que intervienen en la producción del conocimiento científico y tecnológico. En esta perspectiva, los temas comprenden aspectos más relacionados con las interpretaciones académicas sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología. Esta perspectiva, que no parece tener el mismo desarrollo en estos cursos que la relacionada con el cuestionamiento sobre los efectos de la ciencia y la tecnología, puede incluir una formación básica en algunos de los enfoques más comunes en la tradición de los estudios CTS, en particular los relacionados con el constructivismo de la tecnología (Pinch y Bijker, 1984), la teoría de la red de actores aplicada a temas tecnológicos (Callon, 1987) y la teoría de los sistemas tecnológicos (Hughes, 1983, 1987).

5. LA EDUCACIÓN CTS Y LA FORMACIÓN EN INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD

En el caso de la investigación, las cuestiones de la participación pública como eje de trabajo en la educación CTS presentan otra perspectiva. Cabe aclarar que no estamos hablando de la investigación académica en el campo de estudios CTS, ya sea en los ámbitos de la política pública, la educación, o la propia reflexión histórico-social sobre la ciencia y la tecnología. Nos referimos específicamente al aporte que puede hacer la educación CTS orientada a la participación en la formación de competencias de investigación científica.

La formación del joven investigador involucra el aprendizaje de una serie de prácticas que se aprenden a partir de la elaboración de un proyecto de investigación, de la relación con un tutor o supervisor, de las interacciones con un grupo de referencia disciplinaria y de la propia actuación del investigador a través de diferentes escenarios de socialización de resultados de investigación (Vessuri, 2007).

Pero este tipo de formación no necesariamente capacita al estudiante en los procesos de participación pública que pueden tener lugar en un proyecto de investigación. La participación se puede generar tanto en la producción misma del conocimiento, como en los procesos de evaluación, comunicación y control de la calidad de la investigación; éste último caso es frecuente en proyectos con intervenciones ambientales que pueden dar lugar a controversias públicas. Veamos algunas ideas al respecto.

Se propone que el estudiante comprenda la teoría de la participación pública en cuestiones tecnocientíficas, de tal forma que pueda reconocer la importancia de incluir a los involucrados (o “stakeholders”) en un proyecto de investigación. Y cuando hablamos de los involucrados nos estamos refiriendo al reconocimiento de dos asuntos. El primero de ellos es el de la distribución, referido a cómo se le asignan derechos y valores a los múltiples involucrados en un proyecto (Johnson-Cramer y Phillips, 2005); se trata del reconocimiento o de la justicia del involucrado (Phillips, 2003). El segundo asunto se refiere a que los involucrados tienen derecho a participar en las decisiones que los afectan.

La teoría de la participación pública en ciencia y tecnología se orienta hacia la identificación de espacios organizados con el propósito de facilitar la comunicación entre el gobierno, los ciudadanos, los implicados y los grupos de interés, con el fin de intercambiar y negociar en torno a una decisión específica o problema (Renn et al., 1995). La participación pública incluye las audiencias públicas, las reuniones públicas, los grupos focales, las encuestas, los comités asesores de ciudadanos, los referendos, la negociación, entre otros modelos. Tales modelos definen diversos formatos de participación que pueden ser implementados en una variedad de contextos y problemas: el modelo representa la forma institucional específica de la participación pública.

El término “participación pública” encierra cierta complejidad debido a que con frecuencia se lo relaciona con la consulta pública y con la comunicación pública. A esta dificultad se suman

otras, en función de los mecanismos de participación, de los instrumentos, las técnicas, los métodos y herramientas, entre otros aspectos. Rowe y Frewer (2005), al revisar estos conceptos, proponen una distinción que tenga en cuenta el flujo de información, el cual se movería de la siguiente forma. En la comunicación pública, la información va desde los patrocinadores, a la representación del público; en la consulta pública, el flujo de información va desde el público representativo, al patrocinador de la participación; en la participación pública, a diferencia de las anteriores, el flujo de información se presenta en ambas vías, tanto del patrocinador como de la representación del público. Este último mecanismo demanda un intercambio amplio de información, representa un mecanismo mucho más comprometido en tanto el acto de dialogar contribuye a la negociación, para transformar opiniones de los miembros de ambas partes.

El tema de la participación pública, desde sus orígenes, ha estado muy relacionado con la amenaza sobre el alto riesgo, las desigualdades asociadas con tecnologías de gran escala, el potencial deterioro global del medio ambiente y el incremento del valor marginal de los productos económicos tradicionales.¹⁰ Como se puede ver, se trata de temas que son comunes a la educación CTS.

La participación pública implica una cantidad equivalente de participantes con sus significados y una orientación enfocada a resolver problemas de forma consensuada (Renn et al., 1995). Los públicos involucrados o que pueden involucrarse en la gestión de la ciencia y la tecnológica son diversos: van desde los directamente afectados por una determinada acción relacionada con la ciencia y la tecnología, hasta diversos tipos de comunidad científica e ingenieril (Nelkin, 1984; véase igualmente López Cerezo y Todt, 2004).

Existen numerosos ejemplos sobre investigaciones que se realizan con participación de actores no expertos en la región, lo que pone de manifiesto la importancia del manejo conceptual y metodológico acerca de la inclusión de estos actores. Por ejemplo, en la investigación agrícola se distinguen diferentes tipos de participación, los cuales van desde una menor implicación del agricultor (como puede suceder con la simple consulta al agricultor o su participación a través del préstamo o alquiler de su tierra), hasta otras modalidades de mayor participación (como cuando los agricultores se involucran en algunos pasos de la investigación, o tienen un rol en las decisiones sobre lo que debe hacerse y cómo debe hacerse, así como en su realización). Es decir, las modalidades van desde una participación consultiva hasta un tipo de participación más colegial, en la que los agricultores y los investigadores participan definiendo incluso las necesidades mismas a investigar, como en el caso de los Comités de Investigación Agrícola Local del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), introducidos en diferentes países de América Latina (Colombia, Honduras, Nicaragua, Ecuador y Bolivia).¹¹ Otros ejemplos tienen que ver con la investigación en temas de agua potable, de salud (especialmente en lo relacionado con la salud pública), o sobre problemas ambientales.

¹⁰ Las cuestiones sobre los riesgos tecnocientíficos deben gestionarse con participación pública, de tal forma que se ponderen las dimensiones técnicas y valorativas sobre el alcance del riesgo (García, 2005).

¹¹ Sobre la experiencia de estos comités, véase <http://www.ciat.cgiar.org/ipra/vistazo.htm>.

Es en este sentido que defendemos la importancia de un aprendizaje de la participación pública en temas de ciencia y tecnología dentro de la formación de las competencias para la investigación científica. Además de los cursos universitarios de educación CTS comentados antes, son necesarios otros espacios de formación. En este caso se trata de los mismos proyectos de investigación, en particular en aquellos en los que los temas de la participación pública constituyen un eje de trabajo importante para alcanzar los resultados del proyecto, así como para evaluar sus resultados e impactos.¹²

Para terminar con este apartado, habría igualmente que destacar el reconocimiento de los enfoques de género como parte del aprendizaje de la participación pública. Hay áreas en las que la mujer juega un papel muy importante, como en los casos de la investigación en sistemas de agua y saneamiento, o en las investigaciones en salud pública.

6. LA EDUCACIÓN CTS Y LA TERCERA MISIÓN DE LA UNIVERSIDAD

Al igual que en el apartado anterior, se presentan aquí algunas ideas sobre el enfoque de la educación CTS en relación con la tercera misión de la universidad. Como señalábamos en los apartados iniciales, la tercera misión tiene dos grandes campos de actividad. El primero es el referido a la dimensión económica alrededor de contratos con la industria, la creación de empresas de base tecnológica surgidas de la misma universidad y, en general, muchos de los aspectos relacionados con la participación de la universidad en la gestión de la innovación.

El segundo campo tiene que ver con temas sociales, relacionados con el entendimiento público de la ciencia, el involucramiento del mismo en discusiones sobre situaciones controvertidas del desarrollo científico y tecnológico, la participación de la universidad en cuestiones de divulgación científica, la diseminación de información técnica, la participación en decisiones de política pública, entre otros temas más amplios vinculados con la cultura (Schoen et al., 2006).

Si tenemos en cuenta, únicamente, lo relacionado con la participación de la universidad para favorecer el involucramiento del público en cuestiones socialmente controvertidas relacionadas con la ciencia y tecnología, las observaciones de Martínez (2008) sobre la noción de “aprendizaje-servicio” para esta tercera misión resultan importantes. El aprendizaje-servicio propuesto por el autor trata de actividades que orientan el aprendizaje ético y de ciudadanía, a partir de programas que contengan una organización estructurada con base en cinco buenas prácticas, como son: en primer lugar, el abordaje de cuestiones sociales y éticamente relevantes y/o controvertidas que permitan mejorar la comprensión crítica y el desarrollo del razonamiento moral de los estudiantes; en segundo lugar, deben ser prácticas en las que las relaciones interpersonales entre los estudiantes y de ellos con la población se fundamenten en el reco-

¹² No está de más señalar que este tipo de formación requiere que el tutor al frente de un proyecto de investigación comprenda y valore la importancia de la participación pública en la propia investigación.

nocimiento y en el respeto mutuo y la simetría; en tercer lugar, conviene que sean prácticas que incentiven el trabajo en equipo; en cuarto lugar, las prácticas deben permitir un análisis de los valores en el contexto institucional; por último, deben ser prácticas susceptibles de evaluación transparente, que permitan crear las condiciones para el aprendizaje ético en contextos reales (Martínez, 2008).

Una propuesta de estas dimensiones conlleva la construcción de espacios para abordar situaciones socialmente controvertidas; sin embargo, el lidiar con problemas de origen científico y tecnológico puede incluir otros abordajes, y no sólo el componente ético. Al respecto, Durbin (2003) señala que habría al menos cuatro grandes vías para abordar los problemas relacionados con el desarrollo tecnológico, que incluyen además el componente ético. Consideramos que varias de esas vías son válidas para el trabajo formativo de la educación CTS alrededor de la tercera misión de la universidad. En primer término se halla la evaluación de tecnologías, que según el esquema básico diseñado por Porter y colaboradores desde los años ochenta parte de la definición del problema, pasando por el análisis y la evaluación de impactos, hasta llegar al análisis de las políticas y la comunicación de los resultados. Como esta estructura se concentra en evaluaciones de impacto económico bajo el esquema coste-beneficio, habría que pensar en esquemas más amplios de evaluación de tecnologías.

La segunda vía que identifica Durbin corresponde al tema ético. En este caso se trata de reglas éticas para limitar la tecnología, ya sea desde la perspectiva de un imperativo categórico del temor (Jonas, 1979), o bien desde prácticas focales que funcionan como oposiciones al carácter consumista de nuestra era tecnológica (Borgmann, 1984), entre otras. En particular, Durbin reivindica el tema de la educación de los expertos (como en los casos que aquí se consideran), a partir de cursos de ética que puedan tener algún impacto en el futuro trabajo de los profesionales, pero sólo si la ética se enseña como invitación a una educación continuada, a seguir aprendiendo toda la vida. La tercera vía propuesta por Durbin la constituye la formulación de políticas radicales orientadas al control social de la tecnología y, por consiguiente, a desterrar cualquier forma de autonomía tecnológica. Por último, la cuarta vía reconoce la importancia del activismo progresista (algo que no se aleja de las universidades públicas de la región), el cual representaría una opción para trabajar en un desenmascaramiento radical del mito del *statu quo* y avanzar en una política progresista. El activismo progresista sería el medio más eficaz para controlar tecnologías particulares y los daños medioambientales a nivel local y sería, además, una forma de tener en cuenta la idea de justicia, socavada en nombre del desarrollo. Como se puede ver, es posible complementar la formación ética con el análisis y la crítica política alrededor de temas científicos y tecnológicos.

Otra propuesta en esa dirección, y muy relacionada con las anteriores, la proporciona la teoría de la gobernanza, en tanto constituye otro de los medios para favorecer el aprendizaje de la participación de los públicos no expertos en temas de ciencia y tecnología. En sistemas tecnológicos o ambientales, la gobernanza aparece como una forma de coordinación complementaria de aquella institucional, bajo una perspectiva definida desde “abajo” en su estructura sectorial y en el comportamiento de los destinatarios. Creemos que una formación en estos

temas por parte de las universidades resulta fundamental para abordar los problemas del desarrollo de los países de la región y como forma de estimular el aprendizaje de la participación pública en dichos sistemas.

La gobernanza se refiere a las formas no jerárquicas de coordinación entre actores, ya sean vinculados en redes, asociaciones, grupos, u otras (Mayntz, 1998). El tema ha sido tratado bajo diferentes acepciones, siendo la más común la referida al concepto de gobernabilidad. Por ejemplo, la Comisión sobre Gobernabilidad Global de la Unión Europea define la gobernabilidad como la suma de las múltiples maneras en que los individuos y las instituciones, públicas y privadas, manejan sus asuntos comunes (Commission on Global Governance, 1995). También la Comisión Europea, en su Libro Blanco sobre la Gobernabilidad Europea, define la gobernabilidad como las reglas, procesos y conductas que afectan el modo en que se ejerce el poder a nivel europeo, particularmente en lo que se refiere a la apertura, la participación, la responsabilidad, la efectividad y la coherencia (CEC, 2000: 8, citado por De Marchi y Fun-towicz, 2004). Oriol (2003) señala que si bien el concepto de gobernabilidad ha sido usado como sinónimo de gobernanza, habría que distinguir analíticamente entre gobernanza (o entramado institucional que reconoce actores no institucionales) y gobernabilidad (capacidad de gobierno conferida por dicho entramado institucional).

En la literatura también se han señalado diferentes tipos de gobernanza. La gobernanza adaptativa, por caso, da cuenta de sistemas dinámicos basados en los supuestos de autoorganización y retroalimentación; se trata de una gobernanza alejada de conflictos extremos y dificultades de consenso. Esta noción sería distinta de la de una gobernanza deliberativa y reflexiva, más preocupada por la construcción de los problemas comunes y las soluciones colectivas, tal como se requieren en los países iberoamericanos, y a la que pueden contribuir las universidades de la región. En este caso, la gobernanza se entiende como una co-construcción de forma intersubjetiva, que integra conocimientos transdisciplinarios, procesos de evaluación exploratoria de posibles efectos de largo plazo en diferentes estrategias de acción, diversidad de procesos creativos, entre otros aspectos. Esta última forma de gobernanza tendría mayor incidencia en la evaluación de políticas y sistemas tecnológicos (Baigorrotegui, 2008).

El tema de la gobernanza tendría especial relevancia en muchos campos en América Latina. Basta citar el caso del agua potable, al que ya nos hemos referido. La cuestión de la naturaleza de los derechos de agua, de sus condicionamientos y de la creación de mercados de agua, junto con otros elementos administrativos, ha generado importantes controversias en los sistemas de gestión del recurso hídrico en muchos países de la región. El agua no es una mercancía ordinaria, sus características peculiares son el resultado de la polivalencia ambiental y de sus roles económicos y sociales (CEPAL, 2004).

Una formación en los temas de la gobernanza, que no es otra cosa que el reconocimiento formal, no retórico, de la participación de las comunidades, daría herramientas a los jóvenes estudiantes de las universidades para tratar con tales comunidades. Y a éstas últimas, las competencias para participar en entramados institucionales que favorezcan su inclusión en

las decisiones que los afectan.

Coincidimos con Martínez (2008) en que si bien las universidades cumplen una misión social relevante en las sociedades donde operan, habría que señalar que lo que no está suficientemente extendido y conviene promover son espacios y situaciones de aprendizaje, así como contextos de convivencia en los que los estudiantes puedan formarse en el ejercicio de una ciudadanía activa; agregaríamos, en este caso, relacionada con temas de ciencia y tecnología.

7. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de estas páginas se han desplegado algunas ideas orientadas a promover la participación pública en cuestiones tecnocientíficas en las tres grandes misiones de la educación superior: la docencia, la investigación y la tercera misión o extensión. Se ha insistido en que este tipo de formación, con otra más enfocada a la educación científica, contribuye a la comprensión de los problemas relacionados con el desarrollo de las sociedades de la región y a su transformación. Consideramos que este tipo de educación para la participación, fundamentada en el enfoque de la educación CTS, es clave para la formación de competencias en la ciudadanía, conocidas como alfabetización científica, y, de modo más específico, para la propia formación profesional de los jóvenes universitarios. En otras palabras, “ciencia en la escuela” y “ciencia para la ciudadanía” no son incompatibles, sino que hay que redireccionar la primera para la búsqueda de las competencias que la segunda persigue. En efecto, no es plausible suponer que la enseñanza de las ciencias centrada en contenidos gestiona, espontáneamente, cualificaciones procesales, de actitudes y valores que el ejercicio de la ciudadanía implica. Se defiende, pues, que la enseñanza formal de las ciencias transcurra con encuadramiento social, de modo que todos los alumnos, incluyendo los futuros científicos, puedan percibir la contribución de la ciencia para la ciudadanía. Es esta la idea de Bybee (1997) cuando defiende “la inmersión de los alumnos en la cultura científica” de su tiempo.

Construir espacios de formación para la participación en temas tecnocientíficos puede ser muy relevante para mejorar la investigación científica, toda vez que hoy día se propugna la inclusión de los posibles actores no expertos en los proyectos de investigación. El aporte formativo enfocado a la investigación, junto a los procesos más formales a partir de la docencia y menos formales a partir de la tercera misión, pueden ser decisivos a la hora de pensar en la construcción del Espacio Iberoamericano del Conocimiento.

Por último, somos conscientes de los diversos retos que puede implicar una propuesta de esta naturaleza. Por un lado, la propia tradición positivista alrededor de lo que significa la ciencia y la tecnología se erige como un gran obstáculo respecto de imágenes alternativas, como las impulsadas desde el enfoque CTS, acerca de lo que son las actividades científicas. Dicha tradición positivista es frecuente en los docentes e investigadores de las universidades, y también la portan los alumnos al venir de su educación secundaria. Frente a esta imagen, el enfoque de la educación CTS busca deconstruir para proponer heurísticas de comprensión sobre la forma en que se produce el conocimiento científico y tecnológico, su relación con la sociedad

y la historia, el reconocimiento crítico de sus alcances e impactos y, de modo especial, la participación de los actores sociales en el diseño de políticas, procesos, proyectos, resultados y evaluaciones de la actividad científica.

Otros retos tienen que ver con la formación de los docentes, con su propia resistencia a tener en cuenta los públicos no expertos en los procesos de investigación, con la formulación de políticas, entre diversos aspectos. A ello se suman las políticas institucionales, que pueden favorecer o no la inclusión del enfoque CTS en las universidades. Estos, entre otros posibles problemas, son los desafíos que enfrenta esta propuesta.

Bibliografía

ACEVEDO, J. A. et al. (2005): “Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, nº 2, pp. 121-140.

ACEVEDO, J. A., Á. VÁSQUEZ y M. A. MANASSERO (2001): “El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la enseñanza de las ciencias”, en M. A. Manassero, Á. Vázquez y J. A. Acevedo (eds.): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

AROCENA, R. y J. SUTZ (2001): “La transformación de la universidad latinoamericana mirada desde una perspectiva CTS”, en J. A. López Cerezo y J. M. Sánchez Ron (eds.): *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura*, Madrid, Biblioteca Nueva OEI.

BAIGORROTEGUI, G. (2008): “Gobernanza y participación en energía. Modos alternativos para la mediación y deliberación socio-técnica”, en J. A. López Cerezo y F. J. Gómez González (eds.): *Apropiación Social de la Ciencia*, Madrid, Biblioteca Nueva OEI.

BANCO MUNDIAL (1994): *Higher education: □ e lessons of experience*, Washington DC, Serie sobre el desarrollo en la práctica.

BANCO MUNDIAL (2003): *Construir sociedades del conocimiento: Desafíos para la educación terciaria*, Washington, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial.

BAZZO, W. A. y L. PEREIRA (2005): “Refletir, questionar, pensar. Para a construção de um engenheiro-cidadão”, XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, ABENGE, v. 1, pp. 14-26.

BORGMANN, A. (1984): *Technology and the character of contemporary life: A philosophical inquiry*, Chicago, University of Chicago Press.

CACHAPUZ, A., J. PRAIA y M. JORGE (2000): “Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: Contributos para uma nova orientação curricular - ensino por Pesquisa”, *Revista de Educação*, vol. IX, nº 1, pp. 69-79.

CALLON, M. (1987): “El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico”, en M. Doménech y F. J. Tirado (eds.): *Sociología simétrica. Ensayos sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, Gedisa.

CENTELLES, J. (2009): “Pensando en las instituciones de la gobernanza del agua”, en J. Delclòs (coord.): *Agua, un derecho y no una mercancía. Propuestas de la sociedad civil para un modelo*

público del agua, Barcelona, Icaria Editorial.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES CEC (2000): On the precautionary principle, COM.

COMMISSION ON GLOBAL GOVERNANCE, (1995): An overview of our global neighbourhood. The report of the commission on global governance, Oxford, Oxford University Press.

CUTCLIFFE, S. (1990): “□ e STS curriculum: What have we learned in twenty years?”, Science, Technology and Human Values, vol. 15, n° 3, pp. 360-372.

DE MARCHI, B. y S. FUNTOWICZ (2004): “La gobernabilidad del riesgo en la Unión Europea”, en J. L. Luján y J. Echeverría (eds.): *Gobernar los riesgos. Ciencia y valores en la sociedad del riesgo*, Madrid, Biblioteca Nueva OEI.

DURBIN, P. (2003): “Ética, o cómo tratar democráticamente los problemas tecnosociales”, *Isegoría. Revista de Filosofía Moral y Política*, n° 28.

GARCÍA, A. et al. (2006): “Tecnología y Sociedad: CTS+I en el núcleo de la formación en pregrado en Colombia”, I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, Ciudad de México, 19 al 23 de junio.

GARCÍA, P. (2005): *La caracterización del riesgo tecnocientífico: Una aproximación desde la filosofía naturalista de la ciencia*, Tesis doctoral no publicada, Oviedo, Universidad de Oviedo, Departamento de Filosofía.

GONZÁLEZ, M., J. A. LÓPEZ CERREZO y J. L. LUJÁN (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

GORANSSON, B., R. MAHARAJH y U. SCHMOCH (2009): “New activities of universities in transfer and extension: multiple requirements and manifold solutions”, *Science and Public Policy*, vol. 36, n° 2, pp. 157-164.

HUGHES, T. (1983): *Networks of power: Electrification in western society, 1880-1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.

HUGHES, T. (1987): “□ e evolution of large technological systems”, en W. E. Bijker, T. Hughes y T. Pinch (eds.): *□ e social construction of technological Systems. New directions in the sociology and history of technology*, Cambridge (Mass.), MIT Press.

HURD, P. (1998): “Scientific literacy: New minds for a changing World”, *Science Education*, vol. 82, n° 3, 407-416.

JENKINS, E. (2008): “School science today – some issues and questions”, Simpósio António Cachapuz - Registo de um compromisso com a formação e a investigação em educação em Ciência, Universidade de Aveiro, 12 de diciembre.

JENKINS, E. (2009): “Reforming school science education: A commentary on selected reports and policy documents”, *Studies in Science Education*, vol. 45, nº 1, pp. 65-92.

JOHNSON-CRAMER, M. E. y R. PHILLIPS (2005): “Stakeholders”, en *Encyclopedia of Science, Technology, and Ethics*, Macmillan.

JONAS, H. (1979): *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Barcelona, Herder.

KLIKSBERG, B. (2008): “Introducción. Por qué el foro de pensamiento social estratégico”, en B. Kliksberg (comp.): *Pensamiento social estratégico*, Buenos Aires, PNUD / Siglo XXI Editores Argentina.

KUHN, T. (1962): *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE.

LAREDO, P. (2007): “Revisiting the third mission of universities: Toward a renewed categorization of university activities?”, *Higher Education Policy*, vol. 20, nº 4, pp. 441-456.

LÓPEZ CERREZO, J. A. y O. TODT (2004): “Participación pública en ciencia y tecnología”, *Curso de Especialista en CTS+I*, Madrid, OEI.

MARTÍN, M. y C. OSORIO (2003): “Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica”, *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 32, pp. 165-210 (disponible en formato electrónico en: <http://www.campus-oei.org/revista/rie32a08.pdf>)

MARTÍNEZ, M. (2008): “Aprendizaje servicio y construcción de ciudadanía activa en la Universidad: la dimensión social y cívica de los aprendizajes académicos”, en M. Martínez (ed.): *Aprendizaje servicio y responsabilidad social de las universidades*, Barcelona, Ediciones Octaedro.

MARTINS, I. P. (2004): “Alfabetizació científica. Una perspectiva cultural en la societat del coneixement”, *Revista del Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya*, nº 122, pp. 30-44.

MAYNTZ, R. (1998): *Nuevos desafíos de la teoría de governance*, Instituto Internacional de Gobernanza de Cataluña (disponible en formato electrónico en: <http://www.iigov.org>).

MITCHAM, C. (1989): *¿Qué es la Filosofía de la Tecnología?*, Barcelona, Anthropos.

MITCHAM, C. (1994): *Unleashing technology*, Chicago, University of Chicago Press.

MITCHAM, C. (1996): “Cuestiones éticas en ciencia y tecnología: Análisis introductorio y bibliografía”, en M. I. González, J. A. López Cerezo y J. L. Luján (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*, Madrid, Tecnos.

NELKIN, D. (1984): “Science and technology policy and the democratic process”, en J. C. Petersen (ed.): *Citizen participation in science policy*, Amherst, University of Massachusetts Press.

OEI (2008): *Metas educativas 2021. La educación que queremos para la generación de los bicentenarios*, Madrid, OEI.

ORIO, J. (2003): *El concepto y el análisis de la gobernabilidad*, Instituto Internacional de Gobernanza de Cataluña (disponible en formato electrónico en: http://www.iigov.org/revista/?p=14_08)

OSORIO, C. (2005): *La participación pública en los sistemas tecnológicos. Manual de educación CTS para estudiantes de ingeniería*, Santiago de Cali, Universidad del Valle.

PETRELLA, R. (1994): “¿Es posible una ciencia y una tecnología para ocho mil millones de personas?”, *Redes*, vol. 1, nº 2.

PHILLIPS, R. (2003): *Stakeholder theory and organizational ethics*, San Francisco, Berrett-Koehler.

PINCH, T. y W. E. BIJKER (1984): “□ e social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other”, en W. E. Bijker, T. Hughes y T. Pinch, (eds.): □ e social construction of technological systems, Cambridge (Mass.), MIT Press.

RENN, O., T. WEBLER y P. WIEDEMANN (1995): “A need for discourse on citizen participation: Objectives and structure of the book”, en O. Renn, T. Webler y P. Wiedemann (eds.): *Fairness and competence in citizen participation*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

ROCARD, M. et al. (2007): *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Bruselas, Comisión Europea, High Level Group on Science Education (disponible en formato electrónico en: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)

ROWE, G. y L. FREWER (2005): “A typology of public engagement mechanisms”, *Science, Technology, & Human Values*, vol. 30, nº 2, Spring, pp. 251-290.

SCHOEN, A. et al. (2006): *Strategic management of university research activities. Methodological guide, PRIME project “Observatory of the European University”* (disponible en formato electrónico)

nico en www.enid-europe.org y www.prime-noe.org).

SEBASTIÁN, J. (2007): “Presentación. Análisis de la evolución del desarrollo científico y tecnológico de América Latina”, en J. Sebastian (ed.): Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina, Madrid, Fundación Carolina / Siglo XXI de España Editores.

UNESCO, IESALC (s/f): Glosario de la educación superior en América Latina y el Caribe, disponible en formato electrónico en: http://seed.lcc.ufmg.br/moodle_mesalc/mod/glossary/view.php?id=26.

UNICEF (2006): “Un balance sobre agua y saneamiento”, en América Latina y el Caribe: progresos a pesar de las disparidades existentes. Progreso para la infancia 2006, n° 5 (disponible en formato electrónico en: http://www.unicef.org/spanish/progressforchildren/2006n5/index_35516.htm).

VESSURI, H. (2007): “La formación de investigadores en América Latina”, en J. Sebastian (ed.): Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina, Madrid, Fundación Carolina / Siglo XXI de España Editores.

WAKS, L. (1990): “Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos intelectuales y desafíos actuales” en M. Medina, y J. Sanmartín (eds.): Ciencia, tecnología y sociedad, estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión públicas, Barcelona, Anthropos.

WEARMOUTH, J., J. SOLER y G. REID (2003): Meeting difficulties in literacy development. Research, policy and practice, Londres y Nueva York, Routledge.

WINNER, L. (1977): Tecnología autónoma, Barcelona, Gustavo Gili.