

Ciencia, tecnología y tecnociencia. Una propuesta para su enseñanza desde CTS

Science, technology and technoscience. A proposal for teaching from CTS

Ricardo Castaño Tamara*

Fecha de recepción: Mayo 30 de 2013

Fecha de aceptación: Junio 15 de 2013

Resumen

Una aproximación al concepto de ciencia, tecnología y tecnociencia, nos puede acercar a la visión que queremos desarrollar en este artículo como propuesta de trabajo en el aula de clase. Del mismo modo, nos puede ayudar a señalar las relaciones que actualmente han caracterizado a la tecnociencia, particularmente, de los últimos desarrollos tecnocientíficos de la segunda mitad del siglo XX y los inicios de la primera década del siglo XXI. Desarrollos como la biotecnología, la Inteligencia Artificial, las tecnologías de la información y la comunicación, nanotecnología, neurociencia, entre otros. Así, mismo una aproximación a su enseñanza en el aula de clase.

Palabras clave: Ciencia, técnica, tecnología, tecnociencia y educación controversias.

1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Abstract

An approach to the concept of science, technology, and technoscience, can bring us closer to the vision we want to develop in this article as proposed work in the classroom. In the same way it can help us to indicate the relationships that have characterized currently technoscience, particularly techno-scientific developments of the last half of XX century and the beginning of the first decade of the XXI century. Developments such as biotechnology, artificial intelligence, information and communication technologies, nanotechnology, neuroscience, among others. Also, an approach to teaching it in the classroom.

Key words: Science, technique, technology, technoscience, education and controversies

1. Introducción

Una aproximación al concepto de ciencia, tecnología y tecnociencia, nos puede acercar a la visión que queremos desarrollar en este artículo como propuesta de trabajo en el aula de clase. Del mismo modo, nos puede ayudar a señalar las relaciones que actualmente han caracterizado a la tecnociencia, particularmente, de los últimos desarrollos tecnocientíficos de la segunda mitad del siglo XX y los inicios de la primera década del siglo XXI. Desarrollos como la biotecnología, la Inteligencia Artificial, las tecnologías de la información y la comunicación, nanotecnología, neurociencia, entre otros.

La tecnociencia ha estado estrechamente vinculada con los avances epistémicos de las distintas disciplinas, en especial, las ciencias físicas y las ciencias naturales, y en menor medida, las ciencias sociales. Es decir, que, para que se produjera un viraje de la investigación científica y se asumiera el concepto de tecnociencia, estas últimas han pasado a cumplir una serie de características propias

de la nueva actividad científica y tecnológica. Así, por ejemplo, se sirve de las tecnologías de la información, se crean redes de investigación, aparecen los científicos que deben ofrecer sus productos y comercializarlos en el mercado; la investigación se ha orientado por las inversiones y patrocinios de las empresas multinacionales y se presenta la desaparición paulatina del investigador como ente autónomo.

2. La ciencia

Una primera aproximación a la *ciencia*, es la que se conoce como la concepción tradicional de la ciencia o visión heredada de la ciencia. Se considera que ésta es una empresa autónoma, objetiva, neutral y constituida en un código de racionalidad, ajena a cualquier tipo de interferencia externa. El conocimiento científico aparece como un rígido procedimiento y el método científico como una única forma de investigar, aislados de los condicionamientos sociales, políticos, culturales y económicos.

Dentro de la tradición del empirismo clásico, casos de Francis Bacon y J. S. Mill, el método científico era entendido básicamente como un método para el descubrimiento de leyes o fenómenos. Se trataba, por tanto, de un procedimiento o algoritmo para la inducción genética; es decir, de un conjunto de reglas que ordenaba el proceso de la inferencia deductiva y legitimaban sus resultados. El método permitiría construir enunciados generales hipotéticos acerca de esta evidencia empírica, a partir de un conjunto limitado de evidencia empírica constituida por enunciados particulares de observación.²

En tal sentido, la ciencia puede tener distintas caracterizaciones, si tenemos en cuenta que ésta es un fenómeno complejo que ha variado considerablemente con el devenir histórico. Así, por ejemplo, se le puede analizar como un sistema de conocimientos que transforma nuestra visión del mundo real y enriquece nuestro imaginario y nuestra cultura; se suele entender como un proceso de investigación que nos permite obtener conocimientos; desde la perspectiva del progreso se asocia a los impactos prácticos y productivos, que genera la transformación del mundo y termina siendo una fuente de riqueza que genera “bienestar y progreso”; y la ciencia como una profesión formalmente institucionalizada y con funciones sociales claramente determinadas.

Para Jhon Bernal, la ciencia no puede ser vista, solamente como método, como una tradición acumulativa de conocimientos, habiendo descrito también sus relaciones con la producción y con la ideología en general. Es decir, que la ciencia deber ser considerada principalmente, desde su historia y su contexto social. Sólo, a partir de un examen

detallado de la interacción de la ciencia y la sociedad a lo largo de la historia, podemos empezar a comprender qué significa la ciencia y qué puede reservarnos el futuro.³

Para, Jorge Núñez Jover, este último objetivo —anunciado por Bernal unas cinco décadas atrás—, ha pasado a ocupar un lugar central en los estudios de la ciencia. Ello ha ocurrido de la mano de dos circunstancias fundamentales. La primera, advierte que en la segunda mitad de este siglo, la ciencia se ha convertido en una fuerza social extraordinaria y sus estudios han de reconocerla así: las resonancias económicas, éticas, políticas del trabajo científico, han impuesto un temario renovado de la ciencia. Junto a esto —y en parte por ello—, aquellas tradiciones teóricas que prestaban escasa atención a la dimensión social de la ciencia o la ignoraban, han sido desplazadas. En este caso, del positivismo y el empirismo lógico (Carnap, Reichenbach, Hempel) y el racionalismo crítico (Popper).⁴

De este modo, la ciencia ha tenido tres grandes desplazamientos importantes a la hora de hacer una caracterización actual: en primer lugar, se ha dado un desplazamiento de la percepción de los resultados de la actividad científica; es decir, la idea del conocimiento científico como teorías puras, objetivas, asépticas y verdaderas, ha sido cambiada por una visión que considera la fallibilidad del conocimiento, su carácter transitorio. Aquí se conciben otras formas de conocimientos, y se entiende el conocimiento científico como producto de la historia, la sociedad y la cultura, permeado tanto por sus

2 Eduardo Marino García Palacios, et al., *Ciencia, tecnología y sociedad. Una aproximación conceptual*, Organización de Estados Iberoamericanos, Madrid, 2001, p. 13

3 Jhon Bernal, *Historia social de la ciencia. La ciencia en la historia*, Ediciones Península, Barcelona, 1964, p. 52.

4 Jorge Núñez Jover, “La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar”, 2002. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/nunez06.htm>. Visitada el 24 de febrero de 2012.

valores y preferencias. En segunda instancia, el desplazamiento de la ciencia ha operado hacia los procesos de profesionalización e institucionalización que corresponden con la actividad científica. La ciencia, en este sentido, no es resultado de genios ilustrados, aislados esperando que llegue la inspiración para construir teorías, sino que es, ante todo, una actividad profesional institucionalizada que requiere de una educación, que está inmersa de valores, creencias, concepciones del mundo y formas de actuar; finalmente, un tercer desplazamiento, se ha dado de los productos de la ciencia a la actividad científica. Esto es, que todos los procesos de la ciencia con otras actividades sociales, políticas y económicas, los factores subjetivos que hacen parte de los asuntos de creación, ampliación y aplicación de conocimientos, sean considerados, como una prioridad.

3. La tecnología

Antes de entrar a conceptualizar lo que entendemos por tecnología, es necesario hacer una sucinta diferenciación entre *técnica* y *tecnología*. La técnica es un procedimiento que se emplea para obtener un fin determinado y se constituye en un esfuerzo que facilita superar las limitaciones que impone el medio natural. Herramientas, máquinas y planes relacionales de acción han existido en las sociedades humanas desde hace milenios. Los antropólogos usan como criterio de identificación de fósiles pertenecientes a la especie *homo*, la capacidad para fabricar y usar instrumentos. El *homo sapiens* se identifica a partir del *homo faber*.⁵

El término *técnica*, en su acepción más general, designa todo procedimiento (por el que entendemos un proceso pautado) que nos

permite poner en marcha ciertos medios dirigidos a conseguir un fin. Abrir una botella con la ayuda de un sacacorchos es una operación técnica, igual que el vaciado de los depósitos de un petrolero gigante, la palanca de cambios de un automóvil o la resolución de una ecuación de tercer grado. Hay técnicas simples y técnicas complejas.

En estas últimas participan diferentes actores y factores, por ejemplo, cuando se habla de un proceso de fundición, se debe tener en cuenta, “problemas de energía, problema de componentes, minerales, combustible, viento, problema del instrumento como tal, el alto-horno y sus propios componentes, armadura, refractarios, formas. Para representarse una técnica, sea cual sea, en su complejidad real, hay que tomar en consideración el sistema técnico en el cual se inscribe y que la hace posible. Un sistema técnico, por tanto, no es nunca exclusivamente técnico, sino igualmente económico, social y político, pues se entiende que la interdependencia de las técnicas en el seno de un sistema dado, se inscribe a sí misma en un conjunto de relaciones económicas, sociales y políticas.”⁶

La técnica está determinada por *un saber hacer algo*, que no está necesariamente acompañada por explicaciones teóricas; es decir, no se preocupa por saber el qué ni tampoco el cómo se produce tal o cuál fenómeno. En el caso de la técnica, los conocimientos proceden de la experiencia cotidiana, del “ingenio” o de un entrenamiento específico.

La técnica es ante todo, un saber hacer, antes que un saber teórico. Esta procede siempre de la experiencia cotidiana, de la tradición, de la acumulación de conocimientos que han sido transmitidos de generación en generación. Es

5 Miguel Quintanilla, *Tecnología: un enfoque filosófico*, Fondo de Cultura, México, 2005, p. 22.

6 Jean-Marc Mandonosio, “El condicionamiento neotecnológico”. disponible en: www.nodo50.org/dado/textosteoria.htm

un conocimiento que ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad. Es decir, la técnica es una condición imprescindible del desarrollo de la humanidad, y sin ésta el hombre no hubiese podido sobrevivir como especie. Gracias a ésta, junto, al trabajo, el lenguaje, la conciencia y la vida social, los seres humanos han podido mantenerse como especie en diferentes periodos históricos.

De tal manera, la historia de las civilizaciones es la historia de sus técnicas, y en las más antiguas encontramos la presencia de grandes realizaciones técnicas relacionadas con la agricultura, la caza, la ganadería, el transporte, la guerra y el control social de las organizaciones. Los periodos de la prehistoria se identificaron por grandes transformaciones técnicas, relacionadas con la fundición y aleación de metales. Así, la aparición de las técnicas de la escritura se usa convencionalmente para señalar el comienzo de la historia propiamente dicha. Desde muy antiguo, han existido máquinas en el sentido que hoy damos a este término, como dispositivos capaces de transformar una fuerza de determinada naturaleza para realizar un trabajo útil.⁷

Por su parte la tecnología, al igual, que la ciencia, debe ser considerada principalmente, desde su historia y su contexto social. Al hablar de tecnología, se tienen en cuenta varios aspectos: la participación de diferentes actores implicados en el proceso tecnológico; las fuerzas sociales que participan de los complejos tecnológicos; la correlación entre tecnología y sociedad, y sus transformaciones y relaciones recíprocas, entre otras.

Según Quintanilla, el origen de la tecnología actual hay que buscarlo en la Revolución industrial de los siglos XVIII y XIX. En ese entonces, se produjeron los cambios más de-

cisivos para explicar la posterior evolución de la técnica: el sistema de producción de bienes materiales se vio alterado por la sustitución generalizada de las herramientas artesanales por las máquinas, la introducción de una nueva fuente de energía utilizable para el trabajo mecánico, la máquina de vapor, que permitió independizar el proceso de producción industrial de la disponibilidad de fuentes de energía tradicionales (el viento, el agua, la fuerza muscular), y la organización de la producción en factorías o manufacturas.⁸ Este autor define *tecnología* como “técnicas industriales de base científica. Para estas reservamos el término tecnología. Las tecnologías son complejos técnicos promovidos por las necesidades de organización de la producción industrial, que promueven a su vez nuevos desarrollos de la ciencia”.⁹

Para los griegos, la técnica, lo práctico, se consideraba como algo inferior, y lo teórico se aproximaba hacia una vida contemplativa teórica, hacia una realización personal. Este privilegio concedido a lo teórico sobre lo práctico, es lo que en cierta medida, nos ha acompañado hasta hoy; es decir, el privilegio concedido a la ciencia como teoría más que como práctica social, al igual, que una de las razones del énfasis excesivo en la diferenciación entre ciencia y tecnología.

Usualmente, en el ámbito académico, era habitual definir la tecnología como ciencia aplicada. Desde esta perspectiva, la tecnología se analizaba como conocimiento práctico, que resultaba directamente de la ciencia; es decir, del conocimiento teórico. Una importante tradición académica respaldaba esta imagen de la tecnología: el positivismo lógico. Para los positivistas, las teorías científicas eran so-

7 Miguel Quintanilla, *op. cit.*, p. 22.

8 Miguel Quintanilla, *op. cit.*, p. 23.

9 *Ibíd.*, p. 46.

bre todo un conjunto de enunciados que trataban de explicar el mundo natural de un modo objetivo, racional y libre de cualquier valor externo a la propia ciencia.

De esta imagen intelectualista se desprende que, si las teorías científicas son valorativamente neutrales, nadie puede exigir responsabilidad a los científicos de su aplicación cuando son puestas en la práctica. En todo caso, si hubiese que exigir algún tipo de responsabilidad, ésta debería caer sobre quienes hacen uso de la ciencia aplicada, esto es, de la tecnología. Las tecnologías, en tanto forma de conocimiento científico, son. Según Jorge Núñez, hay por lo menos un par de imágenes de la tecnología que limita su comprensión: la *imagen intelectualista* y la *imagen artefactual*. En la primera, la tecnología se entiende como ciencia aplicada, entendida ésta como un conocimiento teórico. De las teorías científicas derivan las tecnologías, aunque, por supuesto, pueden existir teorías que no generen tecnologías. Una de las consecuencias de este enfoque es desestimar el estudio de la tecnología; tanto la clave de su comprensión está en la ciencia, que con estudiar esta última será suficiente. Por su parte, la imagen *artefactual* o instrumentalista, aprecia las tecnologías como simples herramientas o artefactos. Como tales, ellas están a disposición de todos y serán su uso y no ellas mismas susceptibles de un debate social o ético. En virtud de esta imagen comúnmente se acepta que la tecnología puede tener efectos negativos (contaminantes, por ejemplo), pero ello seguramente se debe a algo extrínseco a ella: la política social o algo semejante. Con ello, la propia tecnología y su pertinencia económica, ética, cultural o ambiental queda fuera de la discusión.¹⁰

Tanto la imagen artefactual como la intelectualista, dejan de lado los aspectos económicos, políticos y culturales donde se producen las tecnologías. Estas aparecen descontextualizadas de las redes sociales y no permiten acercar la tecnología al debate sobre las finalidades de los desarrollos tecnocientíficos actuales.

Finalmente, para Marcuse, la tecnología, como un modo de producción, como la totalidad de los instrumentos, artefactos y utensilios que caracteriza la era de la máquina, es al mismo tiempo un modo de organización y perpetuación (o cambio) de las relaciones sociales, una manifestación del pensamiento dominante, un instrumento para el control y el dominio.

Desde esta perspectiva, cada uno de estos conceptos nos va acercando a la ciencia contemporánea y nos permite entrar en una discusión de enormes alcances sobre los rumbos, los desplazamientos y transformaciones que hoy en día ha sufrido la ciencia y la tecnología, hacia lo que se conoce como tecnociencia.

4. La tecnociencia

El término *tecnociencia* se entiende como la íntima conexión entre la ciencia y la tecnología y la cada vez más borrosa frontera de sus diferencias. La tecnociencia cambia sustancialmente las conceptualizaciones que hasta ahora se venían desarrollando en los párrafos anteriores, sobre la ciencia y la tecnología, en la medida que el límite que marcaba la diferenciación entre ambas desaparece.

La intensificación de las relaciones entre ciencia y tecnología a través de los tiempos, ha conducido a su fusión como tecnociencia en el mundo contemporáneo. Este término fue introducido por Bruno Latour, para su

uso en la metodología de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología, pero hoy está muy difundido en otros muchos ámbitos. De manera general, puede decirse que la tecnociencia designa el conjunto de actividades de I+D+I en las que ciencia y tecnología están imbricadas profundamente y se refuerzan entre sí para conseguir un beneficio mutuo en sus procedimientos y resultados.

Según Acevedo Díaz, la tecnociencia surgió hacia el último cuarto del siglo XX, por evolución de la *big science* y gracias al impulso de algunas grandes empresas de Estados Unidos, habiéndose expandido luego con mucha rapidez por otros países desarrollados. *Big science* y tecnociencia, tienen rasgos comunes, pero también diferencias. Así, mientras que la investigación básica representó un papel importante en la *big science*, en la tecnociencia destaca sobre todo la instrumentalización del conocimiento científico para cumplir el objetivo de lograr innovaciones tecnocientíficas comercialmente rentables. Otras características distintivas de la tecnociencia son: el predominio de la financiación privada sobre la pública en las actividades I+D+I, la importancia relativamente menor del tamaño del proyecto y de los equipos e instrumentos; su carácter multinacional, la conexión en red de los laboratorios mediante el uso de tecnologías de la información y comunicación, la pluralidad y diversidad de agentes tecnocientíficos, etc.

En las últimas décadas, los intereses políticos y económicos han establecido un marco nuevo, caracterizado por la aparición de redes internacionales, con formas organizativas novedosas, que controlan una buena parte del conocimiento básico o esencial, así como la difusión de ideas y resultados en campos estratégicos de la investigación de punta. Así, la mayoría de los científicos académicos, que investigan hoy subvencionados por las em-

presas o las instituciones gubernamentales, tienen que pedir autorización para publicar sus trabajos. Las nuevas relaciones surgidas entre la investigación básica realizada por la ciencia académica y la investigación tecnológica, han dado lugar a un híbrido entre la ciencia académica y la ciencia industrial, que es un componente más de la tecnociencia contemporánea.¹¹

Javier Echeverría, enfatiza en este concepto, en relación a los cambios y las modificaciones que puede causar esta hibridación entre la ciencia y la tecnología. Al respecto, asegura, las tecnociencias modifican el mundo social, no sólo la naturaleza. Lo principal es la transformación del mundo que producen, y en particular del mundo social. El conocimiento científico es un medio para modificar la correlación de fuerzas en una guerra, para obtener beneficios económicos, para mejorar la salud de un país, etc.¹²

Para Jorge Riechmann, el neologismo *tecnociencia* resulta necesario, porque lo que está en juego no es simplemente una técnica de base científica, sino algo que va mucho más allá: la nueva ciencia es en su misma esencia tecnológica (está orientada a la manipulación técnica de la realidad), y la técnica moderna se desarrolla entrelazada estrechamente con las ciencias naturales.

El propio desarrollo tecnológico se convierte en condición *sine qua non* del avance científico: piénsese, por ejemplo, en la investigación genómica en los años noventa del siglo XX. Sólo, gracias a la pujanza de la informá-

11 José Antonio Acevedo Díaz, "De la ciencia a la tecnociencia (III). Y, al final, tecnociencia", Organización de Estados Iberoamericanos. Disponible en: www.oei.es/divulgacioncientifica/opinion0050.htm. Consultado, marzo 3 de 2012

12 Javier Echeverría, *Las revoluciones tecnocientíficas*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003, p. 150.

tica y las ciencias de la computación, se ha hecho posible la secuenciación del genoma humano, y de otros animales. “Informática y biotecnología son campos de desarrollo típicamente tecnocientíficos. En ellos confluyen ciencias y técnicas: física, matemáticas, biología e ingenierías”.¹³

Para Renán Vega, esto significa que ya no existe un dique inseparable entre ciencia y tecnología, en la que la primera se dedicaría a la investigación pura, sin preocuparse por las aplicaciones que pudiesen hacerse o no de los descubrimientos que han resultado de esa investigación, que correspondería a la tecnología. En las actuales circunstancias, es imposible suponer que la ciencia marcha por un lado y la tecnología por otra y que las dos son completamente autónomas, cuando es indudable la compenetración entre ambas, con el predominio de la tecnología sobre la ciencia, para originar la tecnociencia.¹⁴

Para Luis Alberto Tarazona, hoy en día, cada vez con más intensidad, va siendo imposible no reconocer la estrecha interrelación que existe entre “la ciencia y la tecnología”. Las fronteras entre el conocimiento científico y la tecnología parecen confundirse cada vez más; incluso, han dado origen a un híbrido conocido como tecnociencia.¹⁵

Por otra parte, para Manuel Medina, el término tecnociencia, que designa el complejo entramado de la ciencia y la tecnología contemporánea, tiene una carga conceptual especial. No sólo indica que, con el paso de la

ciencia académica a la ciencia gubernamental e industrial, sobre todo en el siglo XX, ciencia y tecnología han llegado a ser prácticamente inseparables en la realidad. También, señala una nueva imagen de la ciencia y la tecnología que los actuales estudios de ciencia y tecnología han ido destacando frente a las concepciones tradicionales. Una de las ideas características es que la ciencia no se puede reducir a los científicos ni la tecnología a los tecnólogos, sino que ambas forman parte de complejas redes junto con otros agentes y entornos simbólicos, materiales, sociales, económicos, políticos y ambientales.¹⁶

La tecnociencia es, precisamente, un recurso del lenguaje para denotar la íntima conexión entre ciencia y tecnología y desdibujamiento de sus límites. El término tecnociencia no necesariamente conduce a cancelar las identidades de la ciencia y la tecnología, pero sí nos alerta que la investigación sobre ellas y las políticas prácticas que respecto a las mismas implementemos, tienen que partir del tipo de conexión que el vocablo *tecnociencia* desea subrayar. Se trata, entonces, de tomar conciencia de la naturaleza de la actividad científica y tecnológica contemporánea. La biotecnología, la farmacología, la química sintética, sería algunos ejemplos, entre mucho, que ilustran la naturaleza de la tecnociencia.¹⁷

Resumiendo, la tecnociencia supone una serie de características que son necesarias para entender la práctica o praxiología tecnocientífica: cambios en la estructura de la práctica científica, más que del conocimiento; de las comunidades científicas a las empresas tecnocientíficas, públicas y privadas; subor-

13 Jorge Riechmann, *Transgénicos: el haz y el envés*, Editorial Catarata, Madrid, 2004, p. 247.

14 Vega Renán, *Un mundo incierto. Un mundo para aprender y enseñar*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2007, p. 183.

15 Tarazona Luis Alberto, “Tecnociencia, sociedad y valores”, en *Ingeniería & Desarrollo*, Universidad del Norte, # 14, p. 38.

16 Medina Manuel, *Tecnociencia*, Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://cts.fsf.ub/prometheus/index.htm>. Visitado el 3 de marzo de 2012.

17 Jorge Núñez Jover, “La ciencia y la tecnología como procesos sociales...”, *op. cit.*, p. 35.

dinación de los objetivos a otros fines: militares, empresariales, políticos y económicos CyT; de las comunidades científicas a las empresas tecnocientíficas: estrategias de I+D+i, gestión empresarial, *marketing*; convergencia activa entre científicos y tecnólogos; agencia plural: empresarios, políticos, científico, tecnólogos, juristas, gestores e inversores; impactos medioambientales y sociales: tecnociencia y transformación de la sociedad, no sólo de la naturaleza, entre otros aspectos.

5. Propuesta de controversias tecnocientíficas

La propuesta curricular que aquí aparece, se ha venido desarrollando con los estudiantes de la Facultad tecnológica del proyecto curricular de Sistematización de Datos y de la Ingeniería en Telemática, con estudiantes de las asignaturas, Ciencia, tecnología y sociedad; Análisis social colombiano; Globalización y tecnociencia, de segundo, tercero, cuarto, quinto, sexto y séptimo semestre, respectivamente.

Partimos de la propuesta desarrollada por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, OEI: *Educación para participar. Materiales para la Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Papeles Iberoamericanos*.

Esta propuesta trabaja 10 casos o controversias tecnocientíficas, donde hacen parte los ámbitos propios de las ciencias naturales y las tecnologías (medio ambiente, investigación farmacológica, salud), las ciencias sociales y las tecnologías de la organización social (urbanismo, empleo, educación). Cada uno de los temas propuestos se centra en una controversia en la que aparece un problema relacionado con los desarrollos tecnocientíficos que tienen implicaciones y consecuencias sociales.

Los diez casos propuestos son los siguientes: La vacuna del SIDA: un caso sobre salud, investigación y derechos sociales; El contrato del dopaje: un caso sobre deporte, farmacología y valoración pública; Las plataformas petrolíferas: un caso sobre energía, combustibles fósiles y sostenibilidad; El proyecto para el Amazonas: un caso sobre agua, industrialización y ecología; La basura de la ciudad: un caso sobre consumo, gestión de residuos y medio ambiente; Las redes del tráfico: un caso sobre movilidad, gestión del transporte y organización del territorio; La escuela en la red: un caso sobre educación, nuevas tecnologías y socialización; Las antenas de telefonía: un caso sobre radiaciones, riesgos biológicos y vida cotidiana; La cocina de Teresa: un caso sobre alimentación, automatización y empleo; y La ciudad de ahormada: un caso sobre urbanismo, planificación y participación comunitaria.

Los diez libros de la serie *Educación para participar: materiales para la educación CTS*, se caracterizan por lo siguiente:

- Están diseñados para ser utilizados en aulas cooperativas y participativas.
- Buscan el necesario equilibrio entre la flexibilización, que permite al docente adaptarlos a su propio contexto, y el sistematismo, presidido por una organización lógica y finalista.
- Tienen una organización didáctica decididamente interdisciplinar.
- Permiten distintos niveles de lectura y trabajo por lo que, habiendo sido diseñados para la educación secundaria, podrían ser utilizados también en el nivel universitario.
- Se centran en controversias valorativas sobre la ciencia y la tecnología, superando el tópico de que la actividad tecnocientífica es axiológicamente neutral.
- Niegan las tradicionales fronteras entre el aula, la actividad tecnocientífica real y

sus consecuencias para la sociedad y el medio ambiente.

- Promueven la búsqueda de nuevas informaciones, argumentos y recursos por medio de las nuevas tecnologías de la información.
- Contienen propuestas de trabajo de carácter semiabierto, que facilitan y apoyan la construcción por los alumnos de sus procesos de aprendizaje.¹⁸

En ese orden de ideas, la solución de problemas en el ámbito de las ciencias sociales podría ser una alternativa para lograr combinar, junto a la propuesta de las controversias tecnocientíficas y las ciencias sociales, herramientas de aprendizaje y enseñanza, frente a la tecnociencia.

6. Solución de problemas

Por otro lado, el enfoque de solución de problemas hace un doble aporte, desde las dimensiones en que ha sido asumido este trabajo. En primera instancia, en el aspecto pedagógico, logra que el alumno pueda construir y desarrollar estrategias cognitivas de identificación para abordar la complejidad del conocimiento tecnocientífico en los distintos ámbitos sociales, culturales y económicos, a partir de los razonamientos y las reflexiones que debe hacer de su entorno, teniendo en cuenta las individualidades, las particularidades de los contextos sociales en los cuales se mueve. La segunda acepción es netamente procedimental, como lo propone Juan Ignacio Pozo,¹⁹ en la cual se requiere que los estudiantes pongan en marcha una secuencia de pasos, de acuerdo a un plan preconcebido y dirigido al logro de una

meta. Aunque la solución de problemas no puede desvincularse de los contenidos conceptuales o actitudinales, buena parte de sus rasgos, como contenido del aprendizaje, se derivan de ese carácter procedimental.²⁰

Esto convierte a la solución de problemas en un contenido y en un procedimiento, que consiste en *saber hacer algo*, y no únicamente en expresarlo o comprenderlo. Así, en el desarrollo del proyecto se aplican algunas estrategias didácticas de la solución de problemas, que se articulan y conjugan en el proceso de investigación de las controversias tecnocientíficas: en la adquisición, interpretación, análisis, comprensión, organización y comunicación de la información, con relación a los problemas de investigación que plantean los desarrollos de ciencia y tecnología que deben ser analizados en toda su complejidad.

En síntesis, se puede señalar que el enfoque basado en la solución de problemas, permitirán desarrollar procesos de enseñanza, distintos a los que han acompañado la práctica docente asumida en el espacio escolar. Esto no significa, de manera alguna, que se considere esta propuesta como la solución a toda la problemática que reviste la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Somos conscientes de las dificultades y riesgos a los que se está expuesto cuando se intenta reflexionar o teorizar sobre la práctica docente y los elementos que involucran el aprendizaje y la construcción del conocimiento.

7. Algunas controversias tecnocientíficas para trabajar en el aula de clase

Además de las controversias tecnocientíficas propuestas por el grupo ARGO, en cabeza de Mariano Martín Gordillo, proponemos, para

18 "Educar para participar. Materiales para la educación en ciencia, tecnología y sociedad," en *Papeles Iberoamericanos*, OEI, Madrid, 2008, p. 10.

19 Juan Ignacio Pozo et al., *La solución de problemas*, Editorial Aula XXI, Santillana, Madrid, 1994.

20 *Ibíd.*, p. 181.

el desarrollo de las distintas asignaturas del Proyecto Curricular de Sistematización de Datos, como el Análisis social colombiano, la Globalización, la Ciencia, tecnología y sociedad, y la Tecnociencia, las siguientes controversias tecnocientíficas.

Con todo, admitimos que esta tipología tan sólo es una guía, que debe ser considerada de manera preliminar y abierta, ya que en ella no se agotan todas las posibilidades y perspectivas que abren las controversias tecnocientíficas para el espacio escolar. Son infinitas las temáticas que pueden ser abordadas, ya que los desarrollos de la ciencia y la tecnología involucran aspectos sociales, culturales, económicos y políticos, no siempre de manera significativa, sino que muchas veces, tienen consecuencias negativas para el grueso de la sociedad y el mismo medio ambiente. Lo que significa una estrecha relación entre ciencia y tecnología, hacia una valorización del capital desde la perspectiva de la tecnociencia. Es decir, la conversión de la ciencia y la tecnología en mercancía. Algunos de los temas propuestos aquí ya han sido trabajados con los estudiantes de la Facultad Tecnológica (ver anexos).

a. *Temas relacionados con la explotación minera energética en Colombia:* actualmente, la explotación minera ha sido uno de los “motores de desarrollo” impulsado por grandes multinacionales extranjeras para el grueso de países de América Latina: Argentina, Brasil, Venezuela, Panamá, Bolivia, Perú y, en particular, Colombia. Se tiene presupuestado que de las 114 millones de hectáreas del territorio colombiano, más de 45 millones de hectáreas de tierras se tienen destinadas para la explotación minera. No es casual que el Estado colombiano esté pensando en aprobar un Plan Nacional de Ordenamiento Minero en un plazo máximo de tres años.

El Plan Nacional de Ordenamiento Minero contempla: 1) adelantar reformas para consolidar las inversiones en el sector minero; 2) configurar una institucionalidad que sea capaz de responder al dinamismo del sector; 3) erradicar la extracción ilícita de minerales; 4) revisar la asignación de las competencias y funciones de las entidades sectoriales; 5) crear la Agencia Nacional de Minerales; 6) analizar la pertinencia de la creación de una Superintendencia de Minerales; 7) diferenciar la minería ilegal de la minería informal al prohibir el uso de dragas y minidragas sin título; 8) determinar, a través de la autoridad minera, los minerales de interés estratégico para el país, respecto a los cuales podrá delimitar áreas especiales, sobre las que no recibirán nuevas propuestas ni se suscribirán contratos de concesión minera; 9) aprobar un *Plan Nacional de Ordenamiento Minero* en un plazo máximo de tres años.²¹

Entre los proyectos más significativos en relación con la explotación minera, encontramos: el proyecto de Mina la Colosa; la explotación de oro en el páramo de Santurbán; la explotación petrolera en Campo Pacific Rubiales; la explotación de carbón en El Cerrejón; la explotación minera en Zaragoza, entre otros proyecto del territorio colombiano.

b. *Temas relacionados con el desarrollo de hidroeléctricas en Colombia:* se afirma tajantemente, desde algunas políticas de Estado, que las grandes inversiones en hidroeléctricas en el país van a garantizar autosuficiencia energética: energía más limpia, energía necesaria para garantizar la seguridad energética del país en un futuro. Sin embargo, lo que no se nos dice frente a estos megaproyectos, es que detrás de estas represas, están las multinacionales de

21 Alejandro Mantilla, “Locomotoras que aceleran, frenos que se activan. Disputas por el territorio en el gobierno de Santos”, en *Revista CEPA*, N° 14, Volumen IV, febrero-junio de 2012, p. 32.

distintos países, como España, Italia, Canadá, Estados Unidos, China, Sudáfrica, la Unión Europea y otros países, que sí se están lucrando económicamente y al mismo tiempo están causando daños significativos para el medio ambiente en los países de la periferia.

Según el informe de la Comisión Mundial de Represas, CMR, las grandes represas han ocasionado la pérdida de bosques y de hábitat naturales, de poblaciones de especies y la degradación de las cuencas río abajo, debido a la inundación de las zonas de los embalses; la pérdida de la biodiversidad acuática río arriba y abajo, y de los servicios brindados por las planicies de inundación río abajo, por los humedales, por los ecosistemas de las riberas y estuarios adyacentes; impactos acumulativos en la calidad de agua, en las inundaciones naturales y en la composición de las especies, cuando en el mismo río se construyen varios embalses; entre otros impactos.²²

Dentro de las grandes hidroeléctricas, en el territorio colombiano, encontramos: la represa del Quimbo; la represa Urrá I y II; la represa de Betania; la represa de La Miel I y II; la represa de Hidro Sogamoso.

c. *Temas relacionados con antenas de telefonía móvil*: el crecimiento desmesurado de antenas de telefonía móvil en las principales ciudades, está generando una nueva problemática, que en su gran mayoría afecta a los habitantes de la periferia de la ciudad, debido a la exposición a las radiaciones que emiten estas antenas y las enfermedades asociadas a éstas como, cáncer, pérdida del cabello, náuseas, hormigueo en la manos, jaquecas, enfermedades coronarias, entre otras.

Las señales que se reciben de estas antenas, se denominan ondas electromagnéticas, que penetran fácilmente edificios y a los seres humanos que viven cerca de este tipo de antenas. Estas ondas son absorbidas por el cuerpo humano produciendo efectos biológicos.

Las últimas recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud OMS, dice que las antenas deben instalarse lejos de colegios, hospitales, zonas de vivienda familiar, aeropuertos, áreas de recreación, espacios públicos, terrazas y cubiertas de las casas. Es decir, que éstas no deberían construirse en los barrios, ya que estaría afectando a sus residentes y generando enfermedades silenciosas, de las que hasta el momento no se tenía conocimiento.

Los posibles riesgos a la salud que se pueden derivar de la exposición a las radiaciones electromagnéticas, emitidas por las estaciones base de telefonía móvil, se han convertido en un tema complejo y controversial. De un lado, están los que sostienen que no se puede considerar como probada la relación de casualidad entre exposición a las radiaciones emitidas por las antenas de telefonía móvil y la sintomatología; y de otro lado, los que consideran que tampoco se puede afirmar que los estudios epidemiológicos, que se presentan de los posibles efectos nocivos para la salud por la exposición a las radiaciones no ionizantes, correspondan a meras coincidencias. No podemos olvidar uno de los principios más importantes en el momento de desarrollar nuevas tecnologías, como es el principio de precaución, es decir, que no se deben desarrollar ciertas tecnologías sin tomarse la precaución de investigar cuáles pueden ser los efectos colaterales para el ser humano.

d. *Temas relacionados con desarrollos de la nanotecnología*: el desarrollo de la nanotecnología

22 Gian Carlo Delgado, *Sin energía. Cambio de paradigma, retos y resistencias*, Editorial Plaza y Valdés, México, 2009, p. 109.

es considerado por algunos como el fundamento de la próxima revolución tecnológica. Los últimos desarrollos asociados a ésta han incursionado en distintos ámbitos de la biología, la medicina, la electrónica, la composición y el estudio de la materia orgánica e inorgánica; la industria de perfumes, la industria alimentaria, la industria armamentista, etc.

Hablar de nanotecnología, no necesariamente es referirse a un tema altamente especializado y aislado; por el contrario, su análisis económico, político, social y medio ambiental, implica abrir una amplia discusión sobre la ciencia y la tecnología de punta, su “naturaleza”, sus incertidumbres, implicaciones y potenciales beneficios y riesgos. Así mismo, lleva a indagar los pormenores e implicaciones de la guerra que desata lo que se puede calificar como el negocio de lo invisible; es decir, por el control del mercado de un abanico de aplicaciones nanotecnológicas, en sí mismas imperceptibles a nuestros sentidos, que toman cuerpo en innovaciones y proceso productivos, en el diseño de materiales para la industria del vestido o del transporte, el desarrollo de cosméticos, medicamentos, aditivos, armas, etcétera.²³

Algunos de los temas propuestos a partir de la nanotecnología que se pueden desarrollar en el interior de la clase, puede ser: nanotecnología y medicina; nanotecnología y productos de aseo; nanotecnología y producción de armas; nanotecnología y robótica; nanotecnología y medio ambiente.

e. *Temas relacionados con avances relacionados a la biotecnología*: Jeremy Rifkin, en su libro *El siglo de la biotecnología*, plantea que hay, alrededor del desarrollo de la biotecnología para el siglo XX, siete de los elementos que confor-

man la nueva matriz operativa del siglo biotecnológico. Cada uno de estos elementos, incide en distintos órdenes en los ámbitos económicos, sociales, culturales y políticos, y se convierten de este modo, en controversias tecnocientíficas, que involucran diferentes disciplinas de las ciencias sociales y las ciencias naturales.

Por ejemplo, en el campo de la biología, la capacidad de aislar, identificar y recombinar los genes, permite a las empresas biotecnológicas, junto a las técnicas del ADN, obtener con fines económicos recursos genéticos, aplicados a distintas técnicas, como el de la clonación, la fecundación *in vitro*, los cultivos y alimentos transgénicos, entre otras aplicaciones, multimillonarias ganancias a estas empresas de la vida en un mercado que apenas empieza aflorar.

Al mismo tiempo, se suscitan preguntas frente a la posibilidad de crear seres humanos con ciertas características específicas; la nueva dieta alimenticia que se impone a través de los cultivos y alimentos transgénico; las patentes y los derechos de propiedad sobre el acervo genético de la humanidad; la nueva *raza* humana que se pretende crear y el nacimiento de una civilización eugenésica, movida por la economía; el control y la manipulación de toda la información genética en potentes ordenadores para organizar, extraer y catalogar; la nueva *Génesis artificial* para poblar la tierra a partir de la biotecnología en los reinos animal y vegetal, incluida la especie humana, movida por los adelantos de la ciencia y la tecnología al servicio del capital.

Los temas propuestos en ese orden de ideas pueden ser: biotecnología y cultivos y alimentos transgénicos; biotecnología y fecundación *in vitro*; biotecnología y medicina; biotecnología y clonación; biotecnología y eugenesia; biotecnología e informática; bio-

23 Gian Carlo Delgado, *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*, Editorial Colección El Mundo Actual, México, 2008, p. 17.

tecnología y armas biológicas; biotecnología y biodiversidad, entre otros.

f. *Temas relacionados con diferentes fuentes de energía:* la crisis mundial frente, a los límites del paradigma energético basado en combustibles fósiles, en cuanto a las reservas existentes como a los efectos sobre el medio ambiente, cuestiona su efectividad como su uso indeterminado a finales del siglo XXI. De este modo, ha llevado a plantear la necesidad de encontrar nuevas alternativas energéticas a partir de otras fuentes de energía, como la energía nuclear, los biocombustibles, la hidroelectricidad, el hidrógeno, la energía eólica y la energía solar.

Desde esta perspectiva, se anuncia que la solución a la crisis energética será suplida por el uso de las distintas fuentes de energía alternativas, sin cuestionar el modelo de consumo y despilfarro contemporáneos de energía de los países de la metrópoli, ni tampoco teniendo en cuenta los efectos que este consumo desigual tiene para los países de la periferia. Es decir, se pretende reemplazar las fuentes de energía fósil sin modificar la lógica capitalista consumista y despilfarradora, responsable, actualmente, de la crisis ambiental, energética, hídrica, climática y financiera, a lo largo del siglo XX y de comienzo del siglo XXI.

Algunos de los temas que componen este tópico, son: energía y combustibles fósiles; energía renovables, como hidro/electricidad, energía solar, energía eólica, energía geotérmica, y agrocombustibles.

8. Metodología

El procedimiento de trabajo establecido para trabajar los casos de CTS, se plantea de la siguiente manera:

Un primer paso define la red de actores para trabajar las diferentes posiciones alrededor de las controversias tecnocientíficas. Se distribuyen en grupos de trabajo, teniendo en cuenta las distintas posturas dependiendo del caso a trabajar. Un primer grupo que se verá favorecido por la propuesta de implantación tecnológica: empresarios, sindicatos o usuarios que argumenten a favor del caso. Un segundo grupo, el de los actores, cuyos intereses o valores se oponen a la propuesta: colectivos ecologistas o asociaciones ciudadanas. Un tercer grupo de expertos tecnocientíficos que aportan asesoramiento en la evaluación de la tecnología y que algunas veces, se inclinan en grupos favorables y contrarios. Y un último grupo, conformado por mediadores en la controversia que bien pueden ser: los que se encargan de hacer el seguimiento y difusión pública en la toma de decisiones de la controversia, por ejemplo, los diversos medios de comunicación; o los que se encarguen de propiciar el debate democrático sobre el tema, por ejemplo, el consejo escolar del centro educativo o la administración pública.

Una vez que se definan los grupos de trabajo se empieza a aportar los materiales esenciales que determinan los temas que se debatirán en la controversia. De igual forma, cada uno de los grupos deberá contribuir en la consecución de otras informaciones y argumentos que sirvan para sostener su tesis.

Al inicio de la clase, se presenta al grupo una noticia sobre el tema de discusión, una ficha guía sobre la postura de cada grupo; luego se pide a los estudiantes informes complementarios simulados e informaciones reales sobre el tema de la controversia, que deben ser preparados para ser utilizados por los alumnos. Es necesario que los alumnos conozcan los diferentes textos discursivos en los que se manifiestan las controversias tecnocientí-

ficas: documentos técnicos, publicidad, panfletos, reportajes periodísticos, direcciones de Internet, artículos de revistas científicas, videos, proyectos, textos legales o artículos de ensayo:

- Cada controversia tecnocientífica se acompaña de preguntas o de un cuestionario para valorar los conocimientos y las actitudes iniciales de los alumnos ante el tema. Al final de la actividad, se busca cotejar las posturas iniciales de los alumnos con las que se puedan conseguir al final de la actividad de la controversia.
- Los grupos de trabajo tendrán un tiempo prudente para hacer la consulta y preparar un informe que sustente su postura. Es necesario que exista una amplia investigación para presentar al final del debate.
- Finalmente, a través de una plenaria, se harán las exposiciones y defensas públicas de cada uno de los grupos de la controversia, buscando de esta forma, llegar a una solución consensuada o negociada. El debate termina con una reflexión entre todos los alumnos sobre cómo estos casos simulados en el aula de clase pueden llevarse a las esferas públicas y cómo al igual que en la clase, afuera se presentan, sino las mismas dificultades y controversias, que tienen que ver con los desarrollos de la ciencia y la tecnología.

9. Referencias

- Educación para participar. Materiales para la educación en ciencia, tecnología y sociedad," en *Papeles Iberoamericanos*, OEI, Madrid, 2008.
- Acevedo Díaz, José Antonio, "De la ciencia a la tecnociencia (III). Y, al final, tecnociencia", Organización de Estados Iberoamericanos. Disponible en: www.oei.es/divulgacioncientifica/opinion0050.htm. Consultado, marzo 3 de 2012.
- Agazzi, Evandro, *El bien, el mal y la ciencia*, Editorial Tecnos, Madrid, 1996.
- Anderson, Luke, *Transgénicos. Ingeniería genética, alimentos y nuestro medio ambiente*, Editorial Gala, Madrid, 2001.
- Bernal, John, *Historia social de la ciencia. La ciencia en la historia*, Ediciones Península, Barcelona, 1964.
- Cutcliffe, Stephen, *Ideas, máquinas y valores. Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Editorial Anthropos, México, 2003.
- Delgado, Gian Carlo, *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*, Editorial Colección El Mundo Actual, México, 2008, *Sin energía. Cambio de paradigma, retos y resistencias*, Editorial Plaza y Valdés, México, 2009.
- Domínguez Castillo, Jesús, "La solución de problemas en ciencias sociales", en Juan Ignacio Pozo et al., *La solución de problemas*, Aula XXI, Santillana, España, 1994.
- Echeverría, Javier, *La revolución tecnocientífica*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003, *Las revoluciones tecnocientíficas*, Fondo de Cultura Económica, México, 2003.
- García Palacios, Eduardo Marino et al., *Ciencia, tecnología y sociedad. Una aproximación conceptual*, Organización de Estados Iberoamericanos, Madrid, 2001.
- González, Julio César y Alexander Gómez, "La manipulación genética en el trabajo", en *Revista Conjeturas*, # 6, Universidad Distrital, diciembre de 2001.
- Grace S., Eric, *La biotecnología al desnudo. Promesas y realidades*, Editorial Anagrama, Barcelona, 1999.
- Mantilla, Alejandro, "Locomotoras que aceleran, frenos que se activan. Disputas por el territorio en el gobierno de Santos", en *Revista CEPA*, N° 14, Volumen IV, febrero-junio de 2012.
- Manuel, Medina, *Tecnociencia*, Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://cts>.

- fsf.ub/prometheus/index.htm. Visitado el 3 de marzo de 2012.
- Muñoz, Emilio, *Biotecnología y sociedad. Encuentros y desencuentros*, Organización de Estados Iberoamericanos, Madrid, 2001.
- Núñez Jover, Jorge, "La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar", 2002. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/nunez06.htm>. Visitada el 24 de febrero de 2012.
- Pozo, Juan Ignacio et al., *La solución de problemas*, Editorial Aula XXI, Santillana, Madrid, 1994.
- Quintanilla, Miguel, *Tecnología: un enfoque filosófico*, Fondo de Cultura, México, 2005.
- Riechmann, Jorge (Coord.), *Nanomundos, multiconflictos. Una aproximación a las nanotecnologías*, Editorial Icaria, Barcelona, 2009
- Transgénicos: el haz y el envés*, Editorial Catarata, Madrid, 2004.
- Transgénicos: el haz y el envés. Una perspectiva crítica*, Editorial Catarata, Barcelona, 2004.
- Un adiós para los astronautas. Sobre ecología, límites y la conquista del espacio exterior*, Ediciones Fundación César Manrique, Servicio de Publicaciones, 2004.
- Sanmartín, José, "La tecnología en la sociedad de fin de siglo". Disponible en: www.oei.es/salactsi/teorema04.htm, consultado, 23 de marzo de 2004.
- Shelley, Toby, *Nanotecnología. Nuevas promesas, nuevos peligros*, Editorial El Viejo Topo, Madrid, 2006.
- Shiva, Vandana, *¿Proteger o expoliar? Los derechos de propiedad intelectual*, Editorial Intermón Oxfam, 2003.
- Cosecha robada. El secuestro del suministro mundial de alimentos*, Editorial Paidós, Buenos Aires, 2004.