

LA EDUCACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA DESDE LOS ESTUDIOS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD E INNOVACIÓN

MARTHA HORTENSIA ARANA ERCILLA¹

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (Colombia)

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Universidad Simón Bolívar de Venezuela

maranae@yahoo.es

Artículo de Reflexión

Recibido: julio 27 de 2005

Aceptado: septiembre 21 de 2005

Resumen

El trabajo reflexiona sobre la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea, sus logros por el bienestar de la humanidad y potenciales riesgos; la necesidad de promover los conocimientos sobre los avances científico-tecnológicos; la importancia de realizar cambios en la universidad por la incidencia del avance del conocimiento. Destaca la urgencia de nuevas relaciones entre ciencia e investigación, ciencia y tecnología, investigación básica y aplicada para el desarrollo. Resalta el proceso actual de unidad del conocimiento para superar el aislamiento de algunas disciplinas, y entre la cultura sociohumanista y científico-tecnológica. Expone aspectos sobre las imágenes de la ciencia y la tecnología presentes en países desarrollados, América Latina y Colombia, con base en diversas investigaciones realizadas. Presenta las principales características y enfoques actuales de los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad como un posible fundamento y alternativa para la Educación científica y tecnológica en la educación superior.

Palabras clave: Educación científica y tecnológica, estudios de ciencia, tecnología y sociedad, ciencia, tecnología, imágenes de ciencia y tecnología, unidad del conocimiento.

Abstract

This article reflects on science and technology in our contemporary society, their achievements for the well-being of humankind and potential risk factors; the necessity of promoting knowledge of scientific-technological advances; and the importance of promoting changes in the University due to knowledge advance. It highlights the urgency of creating new relationships between science and investigation, science and technology, and basic investigation and applied investigation for development. The work emphasizes the current process of consilience that is aimed at overcoming separation of some disciplines and between socio-humanistic and scientific-technological cultures. It draws on several studies to expose aspects of scientific and technological image, present in developed countries, Latin America and Colombia. The article presents the primary characteristics and current foci of scientific, technological and sociological study as a possible basis and alternative for scientific and technological education for higher education settings.

Key words: Scientific education, technology, science, technology and society, images of science and technology, consilience.

¹ Economista. Doctora en Educación y Especialista en Economía y Gestión de Ciencia y Tecnología; en Educación en Valores y CTS.



SIN TÍTULO, 2004
Fotografía de Jairo Arturo Velasco

Introducción

Este trabajo es parte del resultado de la experiencia desde la práctica académica en Ciencias Sociales con estudiantes y profesionales de la economía, la ingeniería, la arquitectura, el trabajo social y la pedagogía, que muestra y reclama atención sobre los efectos negativos de la separación entre la cultura sociohumanística y la científico-tecnológica en la formación profesional, realidad que lamentablemente conduce a insuficiencias de carácter en la formación de los profesionales para comprender la condición humana, el contexto social, y por tanto, su compromiso y responsabilidad social.

También tiene como base investigaciones realizadas en diversos contextos de desarrollo social y académico que caracterizan las percepciones que tienen docentes y estudiantes sobre la ciencia y la tecnología, para motivar la reflexión y el análisis de éstas, a partir de los cambios y progresos de la ciencia, la tecnología y la sociedad, y propone una concepción de Educación Científica y Tecnológica para la formación profesional capaz de interpretar y transformar la realidad.

Así mismo ofrece respuestas a las tendencias que desean colocar a la ciencia y a la tecnología como ajenas a la humanidad, como responsables de problemas globales y regionales que en el fondo atañen a decisiones políticas, negando así sus logros a favor del bienestar y progreso de la humanidad. Corriente de pensamiento que pretende negar la objetividad de la ciencia, deplorar el uso de la tecnología moderna, conduciendo al derrotismo en el mejor de los casos, y en el peor, negando que existan soluciones realizables (Manifiesto Humanista, 2001:1).

La ciencia y la tecnología en la actualidad

Comenzando el tercer milenio gran parte de la humanidad vive más y mejor gracias a la ciencia. Hace 150 años no conocíamos la energía atómica, el RNA, el DNA, el genoma humano, las teorías de la relatividad, la mecánica cuántica, la exploración del cosmos, la geofisiología, la aeronáutica, la neurociencia, la microelectrónica, la nanotecnología, los rayos láser, el ultrasonido, los transplantes, las células madre, las ciencias cognitivas y miles de descubrimientos e inventos. Ni idea teníamos sobre la luz eléctrica, las vacunas, la radio y televisión, los antibióticos, el reloj de cuarzo, la computadora, el teléfono, el automóvil y el avión, que hoy utilizamos cotidianamente.

Sin la ciencia y la tecnología no podrían vivir hoy los seis mil millones de habitantes que residen en la tierra. Se requiere de ellas para producir suficientes alimentos, vacunas, medicinas, viviendas, vestidos, transportes, comunicaciones, recreación, etcétera. La ciencia y la tecnología están presentes en la vida de todas las personas, pero sólo una exigua minoría es consciente de su sentido e impacto en beneficio y potencial riesgo para la humanidad, en caso de ser mal utilizada.

Es lamentable que la gran mayoría de los humanos no seamos conscientes del significado de la ciencia y la tecnología en nuestras vidas; de la responsabilidad social que tenemos con los conocimientos; del compromiso para que «educación y ciencia para todos» sea una realidad; de cómo la «ciencia debe estar al servicio de todos»; de cómo transmitir mejor a los niños y jóvenes la ciencia en favor del bienestar humano; de cómo promover en los educandos el «amor» por la ciencia y la profesión científica; de cómo evitar la globalización de las ignorancias; de cómo enfrentar a las falsas ciencias y el resurgimiento de los fundamentalismos y totalitarismos religiosos para evitar el riesgo de un nuevo oscurantismo. Algunas personas, ignorantes sobre lo que es la ciencia, pero que sin embargo la utilizan en su vida diaria, de manera absurda expresan que la ciencia es un peligro para la humanidad. Necias palabras de mentes enajenadas que pretenden negar la inteligencia, el espíritu investigativo y creativo de los seres humanos.

Personas bien informadas y concientes sobre lo que es la ciencia y la tecnología, son la mejor base para una sociedad democrática, por lo tanto los ciudadanos tienen que tomar conciencia de los logros de la ciencia y la tecnología, de su sentido humanista, de su poder y alcances, de su responsabilidad social ante ella. Es necesario conocer qué son y cómo funcionan la ciencia y la tecnología, lo que significan, los problemas éticos que obligadamente debe asumir la humanidad frente a ellas, pues de toda suerte, continuarán avanzando y desarrollándose, ciñéndose a sus principios y objetivos en procura del conocimiento, del discernir lo verdadero de lo falso, no obstante las absurdas concepciones pseudo-científicas y fundamentalistas que de manera irracional pretenden frenar su progreso.

Los adelantos científicos y tecnológicos en sí mismos no tienen potencialidades intrínsecas de cambios, que conduzcan necesariamente a mejorar las condiciones de vida mientras no se reviertan de modo racional, adecuada y oportunamente en la vida cotidiana. No se vive mejor por acceder a más imágenes e informaciones. Es necesario clarificar y precisar sus efectos en el contexto social.

Un peligro para la humanidad del avance de la ciencia y la tecnología, se encuentra en los gobiernos de países desarrollados y en las grandes empresas transnacionales, que monopolizan la mayoría de los descubrimientos e inventos, para utilizarlos en la ampliación de su poder y dominio, determinando la educación, la ciencia y la tecnología de los países atrasados, eliminando y absorbiendo su poca ciencia, sus economías medias y pequeñas. Por ejemplo, en el año 2000, el 94% del total de científicos del mundo pertenecían a los países desarrollados, y sólo el 6 % al mundo en desarrollo. Hoy en el año 2005, los 13 millones de empresas pequeñas y medianas de América Latina, no cuentan con la capacidad económica, científica y tecnológica requerida para competir en las exigencias de la economía globalizada.

Sólo el 1% de los científicos del mundo son latinoamericanos, y de estos sólo el 0.01% son colombianos y un alto porcentaje emigra a los países desarrollados, en detrimento de la ciencia y del país en general.

En cuanto a la inversión en investigación y desarrollo, los países que se aproximan hoy al desarrollo, han dedicado en períodos de 25 años del 2 al 4% del PIB. Colombia invierte aproximadamente el 0.4%. A ello se suma la frágil infraestructura y pobre reconversión industrial intensiva en capital y tecnología (conocimiento), y el poco valor agregado por investigación científica y tecnológica para la innovación y la competitividad.

«Lo que está en juego aquí es entonces la productividad inteligente, la creatividad humana, la promoción de la ciencia y la tecnología colombianas y, por ende, del crecimiento económico, la calidad educativa y el bienestar sociopolítico y económico colombiano, en un nuevo proyecto civilizador» (Llinás, 2000:24).

Frente a lo anterior, los países en desarrollo tienen el reto de diseñar, establecer y ejecutar, políticas que respondan a los intereses y necesidades nacionales de acuerdo con sus recursos económicos, financieros y humanos.

El actual desarrollo científico-tecnológico se caracteriza por menores ciclos de vida de las innovaciones, y la ampliación de las tecnologías intensivas en conocimientos e información que, exigen talentos humanos capaces de enfrentar la realidad con creatividad, adaptabilidad y eficacia.

Dichos cambios determinan reformas en las universidades para cumplir con la preparación, recalificación y, formación continua del talento humano que exige la reestructuración económica de cada país. Es importante reformular la capacitación para la investigación y la innovación, proyectar nuevas profesiones y formas de cooperación con los sectores productivos y de servicios, centros de I+D, que reviertan en bien de la comunidad.

Las nuevas concepciones y prácticas científico-tecnológicas deben ser analizadas desde:

- Aumento de la información y de los nuevos conocimientos.
- Incremento de la investigación aplicada.
- Rápida comercialización y difusión del nuevo conocimiento.
- Necesidad de capacidad tecnológica y de gestión de la ciencia y la tecnología.
- Creación y desarrollo de sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación.
- Determinación de políticas nacionales de ciencia, tecnología e innovación.
- Concepción integral del Desarrollo Humano.

Por lo expuesto las instituciones de educación superior deben y tienen que ser interfases de la gestión y el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Se destaca la preocupación en todos los países por el desarrollo científico y tecnológico. Actualmente en Europa se realiza una profunda reforma educativa. En septiembre de éste año 2005, se realizó en Madrid un Congreso de la Unión Europea con la participación de setecientos científicos europeos, para buscar la «soberanía científica y tecnológica» de Europa frente a Estados Unidos, y el 24 y 25 de noviembre se celebró en Augsburgo el tercer coloquio, como continuación de los celebrados en París y Madrid, sobre la Independencia de Europa y la Soberanía Tecnológica, proponiendo una serie de iniciativas para asegurar su autonomía en los asuntos mundiales, entre las que se destacan:

«Las bases de la soberanía de un estado ya no son el nivel de vida, el producto interno bruto o la capacidad exportadora. Ni siquiera su capacidad nuclear. El escenario mundial ha cambiado y son un pequeño grupo de tecnologías estratégicas las que aseguran la independencia real de las naciones. Pero la experiencia científica requerida para trabajar en estos campos y el volumen de las inversiones necesarias impedirán a muchos países permanecer en la carrera tecnológica. Por ello el lanzamiento de programas comunes a nivel europeo son indispensables».²

Una nueva mutación tecnológica se anuncia. Los próximos años verán la convergencia de las nanotecnologías, las biotecnologías, las tecnologías de la información y de las ciencias cognitivas. Lo anterior determina cambios fundamentales en las relaciones entre ciencia e investigación, ciencia y tecnología, investigación básica y aplicada, investigación como conocimiento, descubrimiento, invención e innovación e institución y profesión. Esta realidad no puede ser desconocida por las instituciones que tienen la responsabilidad social de contribuir con la producción y difusión del conocimiento.

² «Manifiesto Europa, potencia científica y tecnológica». Documento elaborado por la Revista Automatas Inteligentes y la Fundación PanEuropa Francia, que preconiza la independencia científica - tecnológica de Europa en el 2004. Coloquio Independencia de Europa y Soberanía Tecnológica, París, 28 y 29 de abril de 2005.

Lamentablemente por tradición académica las universidades latinoamericanas han limitado la concepción y la práctica de la investigación en su relación con el cambio, diferenciando la investigación formativa-académica de la investigación científica. Otra limitación existente es la falta de una cultura de gestión de la ciencia y la tecnología.

Es necesario priorizar y transformar la educación de la ciencia y la tecnología, en sus concepciones, valoraciones, métodos, actualizaciones y prácticas en las universidades.

Por ejemplo, es importante conocer los adelantos en las nuevas ciencias cognitivas, de la genética, la etología, la antropología, la biología y psicología evolutiva, la sociobiología, la neurología y la lingüística; que conducen a nuevas

comprensiones sobre la naturaleza humana, el conocimiento, la agrupación, la comunicación, el aprendizaje, la enseñanza, y la cultura de grupos sociales, entre ellos los humanos.

Se debe utilizar de la mejor forma las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, que abren nuevas perspectivas para cambios en el proceso educativo, en cuanto a la flexibilidad curricular y el aprendizaje autónomo e independiente del estudiante.

Simultáneamente se deben superar las disciplinas aisladas, o los enfoques estrechos, «de túnel» como bien destacan Arnold Pacey, Edward O. Wilson, Richard Dawkins, y otros, que en la actualidad se retorna a la unidad dialéctica del conocimiento, que no significa unificación. Por esto varios científicos afirman que la unidad del conocimiento es la ciencia en su sentido real y amplio (natural, humano y social), es entender al conocimiento integral como ciencia, y a la ciencia como resultado de los descubrimientos, conocimientos y concepciones integrales de la realidad, sin discriminar los contenidos sociales, tecnológicos y humanos, sino en su interacción, totalidad y complejidad para que podamos transformar la realidad en beneficio de la humanidad.

La unidad del conocimiento se manifiesta en las relaciones entre los distintos conocimientos científicos; entre los diferentes tipos de conocimientos; en la comprensión del conocimiento como resultado, proceso y actividad; en las relaciones entre: lo objetivo y lo subjetivo, lo material y lo ideal, la teoría y la práctica, lo individual y social; y lo biológico y lo cultural.

La unidad del conocimiento significa comprender todas sus dimensiones: como resultado (teorías, conceptos, principios, valores, experiencias, invenciones, innovaciones); como actividad o proceso (pensamientos, emociones, relaciones, razonamientos, prácticas). La unidad del conocimiento es una concepción sobre la realidad, es una actitud del ser humano; es un método y una práctica.

El proceso de unidad del conocimiento, es multifactorial, ascendente, descendente, horizontal, transversal, interdisciplinario, transdisciplinario; relaciona e integra de manera dialéctica y transformadora los diferentes conocimientos, condición que fundamenta la búsqueda de armonía de la cultura material con la cultura espiritual, entre las ciencias sociales, naturales y tecnológicas. El espejo roto del conocimiento está en proceso de recomposición hacia su unidad, haciendo al mismo tiempo que la cultura material y espiritual se reencuentre con un nuevo humanismo a la altura de nuestro tiempo.

La unidad del conocimiento permite concienciar a la ciencia y la tecnología como productos culturales, históricos, sociales; humanizándolas por y para el humano, siendo su principal objetivo la transformación y desarrollo de la sociedad misma.

Educar en ciencia y tecnología es brindar y/o recibir una concepción integral del conocimiento para transformar la realidad.

Imágenes de la ciencia y la tecnología en Colombia

La manera en la que miramos da forma a lo que vemos y a cómo sabemos. Cualquier idea que concebimos como un hecho o una verdad será integrada dentro de un estilo completo de pensamiento del que frecuentemente somos inconscientes. Llamemos a las restricciones culturales «incapacidades aprendidas», «pensamientos colectivos» o «construcciones sociales de la realidad», llamemos como llamemos a las inhibiciones dominantes que determinan nuestro punto de vista, nos afectan a todos, incluyendo a los científicos. Todos ellos están cargados con pesados impedimentos a la percepción, ya sean lingüísticos, nacionales, regionales o generacionales. Como los de todos los demás, las asunciones ocultas de los científicos afectan a su comportamiento, restringiendo imperceptiblemente el pensamiento (Margulys y Sagan, 1995:11).

La percepción es la conciencia de una sensación, es el proceso psicofísico por el que el sujeto transforma las impresiones sensoriales, en algo sensible y conocido. En ella influyen también todos aquellos elementos del sujeto consciente como la memoria, experiencia, conceptos previos, etc.

Los estudios sobre percepción de la ciencia y la tecnología buscan hallar las imágenes que existen en los modos de percibir la naturaleza de la ciencia y la tecnología, y sus interrelaciones con la sociedad, mediante las opiniones que se muestran en el curso de la actividad social. Están relacionadas con la cosmovisión, en tanto constituyen un saber informativo y de significación, cuyo contenido se manifiesta como reflejo de la realidad en las personas de diferentes grupos sociales. Las imágenes son reproducciones y representaciones mentales de algo, es el producto de la imaginación que puede ser reproductiva o creadora. Son concretas por tener que ver con lo sensorial y se distinguen de los conceptos e ideas.

En general los indicadores para el diagnóstico de imágenes se organizan en tres ejes que corresponden a las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología y del sistema de ciencia y tecnología propiamente dicho. (Proyecto Iberoamericano de Indicadores de percepción pública, cultura científica y participación ciudadana RICYT/CYTED-OEI. Marzo 2003). Estos indicadores en principio diseñados por la Unión Europea, Canadá, EU, y otros países se inspiraron en la base metodológica y conceptual de The National Science Foundation de Estados Unidos en sus volúmenes sobre indicadores: *Science and Engineering Indicators* (1972).

1. *Interés*: se trata de indicadores con los cuales se intenta captar la importancia relativa que la sociedad otorga a la investigación científica y al desarrollo tecnológico.

2. *Conocimiento*: se utilizan para examinar el nivel de comprensión de conceptos científicos considerados básicos, así como el conocimiento de la naturaleza de la investigación científica.

3. *Actitudes*: estos indicadores comprenden dos aspectos, por un lado, actitudes de la sociedad al financiamiento público de la investigación, y al mismo tiempo, la confianza en la comunidad científica, y por otro lado, la percepción sobre beneficios y riesgos de la ciencia y la tecnología.

En el presente año 2005, Colciencias realizó una investigación relacionada con «La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología». También en este mismo año, se realizó un estudio similar en el programa de Educación Infantil en las universidades Pedagógica Nacional y Libre de Colombia, como parte del proyecto de investigación «Estrategias de educación científica y tecnológica para la formación de educadores infantiles», cuyos resultados coincidentes se exponen.

Estudios análogos realizados en España y varios países de América Latina, evidencia resultados semejantes, demostrando la urgente necesidad de actualizar su comprensión en consonancia con los nuevos conocimientos del progreso de la ciencia y la tecnología y con la nueva realidad que conlleva el proceso de globalización.

En los resultados se destaca lo siguiente:

- Comprensión de la ciencia: asociada al pensamiento y la teoría. Su método científico, fundamentalmente el a priori deductivo o empírico analítico. Descontextualizada, neutral y alejada de la sociedad. Racionalidad teórica.
- Comprensión de la tecnología: como aplicaciones del conocimiento científico, fundamentalmente materializadas en aparatos, equipos e instrumentos. Se asocia a los procesos productivos y a la innovación. Cercana a la sociedad por sus aplicaciones, pero no como fenómeno social. Racionalidad práctica.
- Optimismo acrítico hacia la ciencia y la tecnología, basado en un desconocimiento de los avances actuales.
- La relación de la ciencia y la tecnología con la sociedad, se ve fundamentalmente hacia la Economía: en la eficiencia, la competitividad y los bienes materiales. Muy baja la relación con la ética, la moral, el medio ambiente y la responsabilidad social.
- La investigación alejada de la realidad, asociada al pensamiento, a la teoría (lo científico). Descontextualizada y neutral.
- Desconocimiento acerca de los adelantos científicos y tecnológicos aún los asociados a sus profesiones.

- Escaso conocimiento de la historia de la ciencia y de sus profesiones.
- Desconocimiento generalizado hacia la gestión de la ciencia y la tecnología, en conceptos como innovación, invención, transferencia de tecnología, etc.
- No hay experiencia en investigación e incluso en la práctica de la profesión.
- Comprensión de la Educación científica y tecnológica: de carácter inmediatista y utilitarista por su asociación a la didáctica de la enseñanza. Asociada sólo a las Ciencias Naturales y Exactas, ni a las Sociales, ni a las Tecnológicas. Desconocimiento casi absoluto de los Estudios CTS. Descontextualizada. No relacionada a la formación integral a la cultura general y a la participación ciudadana.
- La Educación tecnológica se identifica con la informática y las computadoras.

Conocer la percepción que sobre la ciencia y la tecnología en diferentes grupos sociales representativos, indica la concepción que de ellas se tiene y por tanto, ¿qué se educa en las aulas, en los medios de comunicación masiva, en las políticas públicas y privadas, estatales y empresariales? Del mismo modo permite comprender en qué medida está preparada la sociedad para responder a las exigencias del desarrollo científico y tecnológico en el contexto particular de América Latina y Colombia.

Otro evento importante que corrobora los problemas que existen en Colombia en la Educación científica y tecnológica es el Foro Distrital de Bogotá, celebrado en agosto del 2005, sobre ciencia y tecnología en maestros, cuyas conclusiones concuerdan con el estudio de Percepción sobre la Ciencia y Tecnología realizado por Colciencias a la sociedad colombiana, a los profesores universitarios, maestros y empresarios, y que también coinciden con los resultados de la investigación que realizan las Universidades Pedagógica y Libre. De dichas conclusiones mencionamos sus aspectos puntuales:

- Como hecho común, existen grandes vacíos teóricos y conceptuales que se tienen con respecto de la ciencia y la tecnología, que se reflejan desde los conceptos básicos, hasta la forma como se articulan a los procesos pedagógicos y didácticos en las instituciones educativas.
- Como situación que caracteriza y agrava este vacío conceptual, se plantea el de las grandes diferencias al interior de la comunidad de docentes y la falta de unidad de criterios frente al tema: no todos los docentes se apropian de las nuevas perspectivas en la enseñanza de la ciencia, no tienen la misma capacitación o tienen diferentes enfoques pedagógicos, lo cual se refleja en prácticas diversas, quitándole la necesaria coherencia y unidad al proceso de enseñanza.

Por ello, una de las conclusiones centrales, establece la necesidad de suscitar la reflexión, al interior y entre las instituciones, sobre lo qué, para qué y cómo de la enseñanza en Ciencia y Tecnología: ¿Cuál debe ser el nivel en que se enseñe en la escuela? ¿Cuál es su papel en el proceso educativo? ¿Ofrecen los estándares de calidad unas metas y una ruta adecuada?; reflexión que, como consenso general, se asocia a un debate de carácter político acerca del país y la sociedad que se quiere y al papel que en ellos debe jugar la ciencia y la tecnología.

Otras de las conclusiones destacan:

- Alrededor de los temas más específicos de tecnología, técnica, informática y tecnologías de la comunicación, existe consenso en que es necesario separar más claramente, desde lo teórico y lo práctico, los conceptos de tecnología y técnica; no debe asociarse de manera tan estrecha la educación técnica, que implica el desarrollo de habilidades y destrezas concretas, con la enseñanza de la tecnología, que implica una comprensión y una mirada crítica sobre la forma como el ser humano se apropia y transforma su entorno físico y social.
- Similar pasa con la relación entre tecnología e informática. Sin desconocer que la informática es un desarrollo tecnológico fundamental en la vida actual, la enseñanza de la tecnología no debe circunscribirse a ella como pasa en la mayoría de las instituciones y aún menos, si de manera análoga, la informática se limita al manejo de los computadores y específicamente del Microsoft y las tecnologías de la comunicación al uso del Internet.

Sobre lo curricular y pedagógico se dieron conclusiones importantes:

- Que la enseñanza de ciencia y tecnología, más exactamente el desarrollo del pensamiento científico, debe darse desde la educación preescolar, concebido como un proceso y no como una actividad de los últimos cursos.
- Que es básica una real transversalidad del tema de ciencia y tecnología, que conlleve a la integración de los contenidos a lo largo de todo el proceso educativo.
- Que debe partir de los intereses y la motivación de los estudiantes. Especialmente entre los jóvenes existe el consenso de la necesidad de nuevas metodologías que hagan atractiva la enseñanza de la ciencia y la tecnología, para que de esta forma se convierta en una verdadera estrategia de desarrollo del país.
- Que debe haber equilibrio entre teoría y práctica, en lo cual la investigación es fundamental, con lo que la ciencia y la tecnología adquieren sentido como forma de comprensión del mundo y, como propiciadoras de una mayor sensibilidad frente a la vida cotidiana.

Lo anterior muestra que predomina una imagen tradicional, intelectualista y neutral de la ciencia y la tecnología. Es necesario cambiar el enfoque reduccionista, mecanicista y monodisciplinario, por otro sistémico, integrador, complejo y transdisciplinario.

Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad

Los Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad, identificados bajo la sigla de CTS surgen a finales de los años sesenta, son múltiples las causas que producen éste movimiento en el pensamiento hacia la ciencia y la tecnología, como fenómenos sociales. Su origen se asocia con la aparición de los trabajos de C. P. Snow, D. Meadows, L. Munford, E. F. Schumacher, I. Illich quienes se cuestionaron los efectos y consecuencias de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad. También son relacionados con la crítica a la ciencia empirista del neopositivismo.

Cabe destacar que en ello incidieron los acelerados cambios científicos y tecnológicos que dieron lugar a la Tercera Revolución Industrial, la reestructuración de las economías nacionales y sus conexiones internacionales o globalización económica; determinándose así, el nuevo paradigma tecnoeconómico y, por tanto, un nuevo pensamiento acerca del conocimiento, la ciencia, la tecnología, sus conexiones, sus impactos con la sociedad y la naturaleza, sus instituciones, etc. Comienza a entenderse que la ciencia y la tecnología son factores endógenos a la economía y al desarrollo, lo cual desmorona mitos como: el desarrollo científico y tecnológico es lineal y acumulativo, la separación entre ciencia pura y ciencia aplicada o tecnología, estando la primera a salvo de enjuiciamiento moral, mientras la segunda podría hacerse acreedora de tales juicios en función de su buena o mala aplicación.

En la academia, se inicia un cuestionamiento de la imagen de la ciencia y la tecnología que venía propagándose en el seno de varias disciplinas, entre las cuales se encontraban la Filosofía de la Ciencia, Filosofía de la Tecnología, la Historia de la Ciencia y de la Tecnología, la Sociología de la Ciencia y de la Tecnología, y otras, observándose un giro en su enfoque en cuanto a factores históricos y externos; revisando su tradicional y enraizado culto internalista.

Como antecedentes epistemológicos importantes de los estudios CTS, están: el surgimiento de la Filosofía de la Ciencia, la cual comienza con la formación del Círculo de Viena, alrededor de la figura de Moritz Schlick con las ideas sobre el empirismo lógico y, la obra de Thomas Kuhn: La estructura de las revoluciones científicas, la cual constituye el punto máximo de cuestionamiento a las tesis del positivismo lógico.

Para la concepción del empirismo lógico, positivismo lógico o neopositivismo, consiste en que todo conocimiento debe ser reducido a la observación para ser considerado científico, así Schlick sostuvo que el significado de una proposición es el método de su verificación, entendiéndose la ciencia como conjunto de

teorías que forman parte de un conjunto de enunciados, que contienen términos teóricos y observacionales conectados entre sí. De ahí que la ciencia es fundamentalmente actividad teórica, su resultado la teoría y, su instrumento, el método científico empírico-racional.

La obra de Kuhn es considerada una reacción académica contra la visión clásica de la imagen de la ciencia; en la obra se analiza como la ciencia, no se desarrolla de manera acumulativa y progresiva, como la entiende el empirismo lógico, sino a través de saltos; para ello se apoya en un modelo de desarrollo de la ciencia que contempla entre otros conceptos, los de «ciencia normal», «paradigma», y «revolución científica», «ciencia extraordinaria», etcétera. De cualquier manera, niega el antihistoricismo observado en el empirismo lógico, subraya el papel que juegan las comunidades científicas como sujetos de la ciencia y, aunque no desarrolla específicamente el problema de la historia externa, es decir, de los factores no específicos de la teoría en cuestión (psicológicos, sociológicos, políticos, entre otros) que influyen en la elección de teorías, menciona explícitamente su importancia para la comprensión del proceso científico (Kuhn, 1962:16).

La Ciencia, Tecnología y Sociedad (Science, Technology and Society, STS) ó Science and Technology Studies (Estudios en Ciencia y Tecnología) en Europa y Estados Unidos respectivamente, coinciden en resaltar la dimensión social de la ciencia y la tecnología, aunque, la primera enfatiza las consecuencias sociales con un carácter práctico y evaluativo, la segunda, resalta la forma en que los factores sociales son antecedentes que contribuyen a la génesis del desarrollo científico-tecnológico con un carácter más teórico y descriptivo (Ursúa,1993:35).

«Todos pueden aprender cómo la ciencia, la tecnología y la sociedad se relacionan e interactúan entre sí y podrán hacer uso de este conocimiento en su toma de decisiones en una época en que nuestros asuntos están dominados por la ciencia y la tecnología». (Ursúa, 1993:35). Las dos fuentes van encaminadas a eliminar las discrepancias de las llamadas dos culturas, la científico-técnológica y la sociohumanista.

Los rasgos que caracterizan a los Estudios CTS son: la crítica, el enfoque interdisciplinar, la contextualización, la multidimensionalidad, la formación y la participación ciudadana.

Sus principales enfoques consisten en:

- La naturaleza social de la ciencia y la tecnología, a partir de que las mismas tienen lugar en el marco de la actividad social de los seres humanos.
- La ciencia y la tecnología son fenómenos socialmente significativos, en tanto inciden en toda la vida social y cultural donde se insertan y, a su vez están determinadas por dicha sociedad.

- La ciencia y la tecnología son el resultado de un proceso de creación colectivo, realizado en instituciones sociales, empresas, universidades, etcétera.
- La ciencia y la tecnología tienen contenido ideológico.
- La ciencia y la tecnología deben ser sometidas a un control social.
- La ciencia y la tecnología por sí solas no conducen al desarrollo.
- La ciencia y la tecnología deben estar libres de intervenciones externas, pues ellas inducen el progreso social.

Los estudios CTS tienen entre sus objetivos promover una nueva imagen de la ciencia y la tecnología como fenómenos sociales, la que se denomina Imagen CTS o Imagen Integrada.

En el siguiente cuadro se establece una comparación entre la imagen tradicional y la imagen CTS o Integrada de la ciencia y de la tecnología.

Rasgos de la Imagen Tradicional de la ciencia	Rasgos de la Imagen CTS de la ciencia
<ul style="list-style-type: none">• Verdad absoluta y verificable.• Como explicativa. Representación objetiva de la realidad. <ul style="list-style-type: none">• Neutral y acritica.• Expresión de la racionalidad teórica.• Conocimientos disciplinarios.• Método experimental y cuantitativo.• Conocimientos acumulativos y lineales.• No hay relación entre hecho y valor.• El sujeto separado del objeto.• La lógica vale en todo se excluyen las emociones	<ul style="list-style-type: none">• Actividad, proceso y resultado.• Como aproximaciones sucesivas a la verdad.• Explicativas e interpretativas.• Representación objetiva y subjetiva de la realidad.• Naturaleza social.• Expresión de la racionalidad teórica y práctica.• Conocimientos interdisciplinarios y transdisciplinarios.• Método de investigación.• Hecho y valor son inseparables.• La naturaleza se revela en nuestras relaciones con ella y los fenómenos son conocidos en su contexto.• Las emociones tienen sus algoritmos precisos.

Rasgos de la Imagen Tradicional de la Tecnología:	Rasgos de la Imagen CTS de la Tecnología:
<ul style="list-style-type: none"> • Como ciencia aplicada, es un conocimiento práctico que se deriva de la ciencia como teoría. • Como artefacto o instrumento, es un conjunto de herramientas y aparatos eficaces. • Expresión de una racionalidad práctica. Son sus usos los objetos de debate social. 	<ul style="list-style-type: none"> • La tecnología como proceso social. • Expresa nexos con la ciencia, con la moral, la política, la economía, etc. • Coadyuva a la capacidad valorativa y a la actuación con responsabilidad social en el ejercicio de la profesión.

Los estudios CTS son expresión de la dinámica e interactividad de la ciencia, la tecnología y la sociedad. Estos estudios buscan revelar a la ciencia y a la tecnología en todos los aspectos de la vida, demostrando la interdependencia de la totalidad del pensamiento humano. Los estudios CTS fundamentan una nueva visión de la ciencia y la tecnología en contraposición a la tradicional, intelectualista y neutral que existe de esta actividad social, destacando la naturaleza social y cultural de la ciencia y la tecnología como creaciones humanas.

Un antecedente a la comprensión de la ciencia como fenómeno social se halla en John Bernal, quien la analizó «como institución social, como método, como tradición acumulada de conocimientos, como factor principal en el desarrollo y mantenimiento de la producción, y como una de las influencias más poderosas en la elaboración de creencias y actitudes hacia el universo y el hombre» (Bernal, 1954:32)

La ciencia desde los Estudios CTS, es definida por algunos autores como el sistema de conocimientos que modifica nuestra visión del mundo real y enriquece nuestra imaginación y nuestra cultura; se le puede comprender como proceso de investigación que permite obtener nuevos conocimientos, los que a su vez ofrecen mayores posibilidades de manipulación de los fenómeno; es posible atender a sus impactos prácticos y productivos, caracterizándola como fuerza productiva que propicia la transformación del mundo y es fuente de riqueza; también se nos presenta como una profesión institucionalizada portadora de su propia cultura y con funciones sociales bien identificadas. (Núñez, 1999:17-18)

Un antecedente del enfoque social de la tecnología se halla en Arnold Pacey en 1990 en su obra *La cultura de la Tecnología*, el cual aborda el tema elaborando un modelo conceptual de la práctica tecnológica que incluye aspectos relacionados con tres dimensiones sociales:

- La dimensión técnica (conocimientos, capacidades y destrezas técnicas; instrumentos, herramientas y máquinas; recursos humanos y materiales; materias primas, productos obtenidos, desechos y residuos; etc.). Esta dimensión está asociada con el significado más restringido, pero también más habitual, de la tecnología.
- La dimensión organizativa (político-administrativa: planificación y gestión; aspectos de mercado, economía e industria; agentes sociales: empresarios, sindicatos, etcétera; cuestiones relacionadas con la actividad profesional productiva y la distribución de productos; usuarios y consumidores; etc.). Esta dimensión amplía el concepto de la tecnología, extendiéndolo para incluir aspectos sociopolíticos importantes.
- La dimensión ideológico-cultural (finalidades y objetivos; sistema de valores y códigos éticos; creencias sobre el progreso etc.). También esta dimensión permite la ampliación conceptual de la tecnología, tomándose en cuenta ahora los valores y las ideologías que conforman una perspectiva cultural capaz de influir en la actividad creativa de los diseñadores e innovadores tecnológicos.

Este análisis realizado por Pacey, mundialmente conocido, también parte del presupuesto de que la tecnología tiene una naturaleza social. Pudiéndose afirmar, que la tecnología proviene de analizar determinados problemas de la sociedad y de buscar su solución, relacionando la técnica (sus conocimientos, herramientas y capacidad inventiva, etcétera), con la ciencia (el campo de los conocimientos científicos) y con la estructura económica y sociocultural del medio (las relaciones sociales, ideológicas, las formas organizativas, los modos de producción, el marco cultural y la superestructura social).

La educación científico-tecnológica desde la educación CTS

La Educación CTS se presenta a través de una diversidad de formas, métodos y concepciones, no obstante tienen como premisa y finalidad común, la comprensión de la naturaleza social de la ciencia y la tecnología; sus interacciones e impactos económicos, ambientales, psicológicos, institucional, político, social, etcétera en una sociedad concreta.

Existen dos grandes tendencias de la Educación CTS: la que se encamina a hacer énfasis en la llamada Didáctica de las Ciencias, que busca formar buenos técnicos, profesionales y especialistas, bajo el manejo del cambio conceptual, la investigación, el desarrollo de la creatividad y los análisis científicos para el adecuado manejo conceptual y metodológico y; la dirigida a la Formación Integral, que implica ampliar el conocimiento sobre la ciencia y la tecnología como cultura, en su relación con otros tipos de conocimientos como la moral, la política, el arte, etc.; dicha modalidad no sólo se encamina a la formación de profesionales con responsabilidad social, sino también a la formación ciudadana.

En éste trabajo, se asume que la Educación CTS se apoya y a la vez desarrolla la concepción integral del conocimiento. No es posible comprender e interpretar el mundo a través de métodos y modelos que aíslan los objetos y sujetos de estudio, es necesaria la integración, la complementación y la unificación de todos ellos.

La Educación científico-tecnológica debe desarrollar el pensamiento creativo, divergente, crítico y complejo. Significa evaluar contextos, valorar impactos, interpretar problemas, promover iniciativas, valorar la realidad desde diferentes dimensiones, por lo que requiere una cultura integral.

Fomentar el pensamiento y la actividad científico-tecnológica, no sólo se asocia al trabajo didáctico de la resolución de problemas, y a métodos de creatividad, sino también a la concepción filosófica y epistemológica que se tenga sobre el conocimiento, sobre la ciencia, la tecnología y la investigación, y del papel del ser humano en el mejoramiento de dicha realidad, es decir depende de:

- El paradigma del conocimiento científico y, su incidencia en la enseñanza y el aprendizaje.
- El paradigma pedagógico para enseñar.
- La concepción sobre ciencia, tecnología y su relación con la sociedad, la naturaleza y el ser humano.
- Por lo tanto es necesario:
- Poseer una adecuada percepción de la ciencia y la tecnología.
- Interpretar a la tecnociencia y su relación con la sociedad.
- Desarrollar un pensamiento científico y técnico capaz de determinar y solucionar problemas.

La Educación científico y tecnológica desde un enfoque de CTS requiere ser abordada desde tres procesos bien definidos:

A) Proceso de enseñanza-aprendizaje, asociado al tipo de conocimiento su historia y actualización, a la capacidad de realizar juicios valorativos, al estilo de pensamiento creativo, autónomo, divergente, al desarrollo del método científico y de la comunicación y lenguaje que permitan construir el pensamiento y comprender la realidad.

B) Proceso de formación profesional, asociado al uso y desarrollo de la ciencia y la tecnología para el ejercicio profesional, al saber hacer, al descubrimiento, la invención, la innovación y la responsabilidad social.

C) Proceso de asimilación de la ciencia y la tecnología, relacionado con el desarrollo del modo y la calidad de vida, y con el consumo y uso adecuados de los avances tecnológicos, que influyen en la vida cotidiana: familiar, social, etc. Asociado a las actitudes y comportamientos, y la participación ciudadana.

El contenido de la formación profesional, se refiere a la cultura que debe alcanzar éste para ejercer la profesión y el desarrollo de la personalidad profesional. La cultura científico-tecnológica, es la forma en que se organiza y desarrolla la teoría y la práctica de la ciencia y la tecnología, en su relación con otras formas culturales. Es el proceso que parte de la asimilación de los resultados de prácticas precedentes, para la creación de nuevos conocimientos, métodos, metodologías, técnicas, sistemas organizativos y valores. Es el modo de despliegue histórico de dichas experiencias, avances y desarrollos, que permite la elección de alternativas para dar respuesta a las necesidades de cada sociedad en un contexto específico. (Arana y Valdés, 1998:158)

La Educación científico-tecnológica debe ser entendida como el proceso continuo de aprender conocimientos teóricos, prácticos y de valores, que propicien un pensamiento científico-tecnológico y, una actitud crítica y transformadora de los aspectos contradictorios presentes en las relaciones entre actividad científico-tecnológica, y las otras formas de actividad social.

Existe en las universidades dos razones que justifican estrategias coherentes de Educación Científico-Tecnológica para una formación integral:

- La imagen tradicional de la ciencia y de la tecnología que existe.
- La necesidad de reestructuración y adaptación curricular de los programas y modelos profesionales a las exigencias de los cambios científico-tecnológicos y sociales.

Es preciso sustituir la imagen tradicional que parte de la identificación estrecha de la ciencia como resultado, acumulación de conocimientos, y cuerpos explicativos de la realidad institucionalizados, mientras que la tecnología se entiende como conjunto de artefactos e instrumentos técnicamente eficaces para la manipulación de la realidad; en especial superar la creencia de su carácter neutral. Corresponde promover un pensamiento y una actitud hacia la ciencia y la tecnología diferente que supere los aislamientos del conocimiento y la separación de las llamadas culturas, y acerque más su comprensión, interpretación y valoración a los cambios que operan en la actualidad.

Existen diferentes maneras de abordar los CTS en el currículo de la formación profesional, estas son las siguientes:

- Inclusión de módulos o unidades CTS en materias disciplinarias.

- Enfoques CTS en las materias ya existentes, a través de repetidas inclusiones puntuales a lo largo del currículo.
- Creación de una asignatura CTS.
- Integrando sus contenidos a todo lo largo del currículo.

Si bien todas las propuestas curriculares son valederas, la Educación Científico-Tecnológica, no puede ser sólo parte de un módulo de Educación CTS, o de asignaturas o espacios dedicados a la ciencia y la tecnología con enfoques CTS. La Educación CTS, no sólo es asunto de diseño curricular, sino de concepción de educación, de pedagogía y didáctica; de concepción epistemológica sobre el conocimiento, la ciencia y la tecnología; de formación y ejercicio profesional, debiendo estar presente los enfoques CTS, desde la definición del objeto de estudio de la profesión y el modelo del profesional (funciones o modos de actuación del profesional), hasta los objetos de estudios de cada asignatura, módulo, espacio, etc. Es decir, los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad no se circunscriben a un tipo de contenido, ni a su organización, sino a penetrar en el objeto de la profesión con un sentido de integración de la cultura humanista y científico-tecnológica, dirigida a la formación de la personalidad del profesional. La Educación CTS, debe estar presente a lo largo de todo el currículo, pues se trata del desarrollo del pensamiento y, la actitud científica y tecnológica para lo cual debe trabajarse en todas las materias en su relación con la formación profesional.

A modo de conclusión

El vertiginoso progreso de la ciencia y de la tecnología, hace que sea imperiosa la capacitación y actualización en ciencia y tecnología de nosotros los educadores, para poder contribuir a la formación integral de los estudiantes, teniendo como eje el pensamiento científico y tecnológico, los valores y actitudes que lo acompañan. Éste es un compromiso que nos enriquece moralmente, puesto que somos los educadores quienes iniciamos la motivación y el interés de las nuevas generaciones por la ciencia y la tecnología, conduciéndolas hacia el conocimiento, y la transformación. Linda obra y tarea tenemos con nosotros mismos, y para con los niños y jóvenes. Sólo un permanente «enamoramiento» hacia el conocimiento, puede contribuir a la transformación deseada de la realidad, en aras del bien y del bienestar de la humanidad. Esta es la mejor obra de vida que puede realizar un educador.

Bibliografía

- Alfonso, G. 1991. *Teoría de la verdad y ética de la responsabilidad*, Barcelona, Paidós.
- Arana, M. 1998. «La concepción de tecnología apropiada» en Colectivo de Autores GEST, *Tecnología y Sociedad*. 19-30. La Habana, Félix Varela.
- Arana, M. y N. Batista. 1999. «La educación en valores. Una propuesta pedagógica». Programa Educación en Valores. CTS. OEI. <http://www.oei.es/cts.html>
- Arana, M. y N. Batista. 2003. «Los valores éticos en las competencias profesionales». Programa de Educación en Valores. OEI. Monografías Universidad, profesorado y ciudadanía. <http://www.campus-oei.org/valores/monografias>
- Arana, M. y M.C. Armenteros. 1997. «La universidad como promotora de una cultura innovadora» en *Innovación, Competitividad y Desarrollo Sustentable*. J.L. Solleiro (ed.), Vol. II: 1915-1923. La Habana, GECYT-ONUFI.
- Arana, M. *et al.* 2005. «Estrategias de Educación científica y tecnológica para el proceso de formación de educadores infantiles en las universidades: Pedagógica Nacional y Libre de Colombia». Informe no publicado. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.
- Bernal, J. 1954. *La ciencia en su historia*. México D.F, UNAM.
- Bosque, J. 2002. «Estrategia de Educación científico – tecnológica para el proceso de formación profesional del Licenciado en Cultura Física». Disertación doctoral no publicada, Universidad de La Habana.
- Candela, A. 1999. *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México D.F, Paidós.
- Clark, I. 1998. «Ciencia, tecnología y sociedad, desafíos éticos» en Colectivo de Autores GEST, *Tecnología y Sociedad*. 261-270, La Habana, Félix Varela.
- COLCIENCIAS. 2005. *La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología*. Bogotá, Panamericana.
- Fernández, A. 2003. *Los muchos rostros de la ciencia*. México D.F, Fondo de Cultura Económica.
- Secretaría de Educación. 2005. «Mesa de diálogo ciencia y tecnología». Informe Foro Distrital, Bogotá, Secretaría de Educación.
- Proyecto Iberoamericano de indicadores de percepción Pública. 2003. «Documento de trabajo No 9». Informe de investigación sobre los resultados de la encuesta de percepción pública de la ciencia realizada en Argentina, Brasil, España y Uruguay. Buenos Aires, Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior de Argentina.
- Naciones Unidas. 2001. *Informe de Desarrollo Humano. Nueva York, Naciones Unidas*.
- Naciones Unidas. 1999. *Declaración mundial sobre la ciencia*. Budapest, Naciones Unidas.
- Galtung J. 1995. *Investigaciones teóricas. Sociedad y cultura contemporánea*. Madrid, Tecnos.

- García, J. 2003. *Didácticas de las ciencias. Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá, Magisterio.
- Giddens A. 1999. *Consecuencias de la Modernidad*. Madrid, Alianza.
- Hargraeaves, A. 2003. *Enseñar en la sociedad del conocimiento*. Barcelona, Octaedro.
- López, J.A. 1997. *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Crítica académica y enseñanza crítica*. Madrid, Signos.
- Llinás, R. 2000. *El Reto: educación, ciencia y tecnología*. Bogotá, Tercer Mundo.
- Manifiesto Humanista Planetario. 1999. s.f. Obtenido en <http://www.geocities.com/rpfa/manhum.html>
- Margulis, L. 2002. *Planeta Simbiótico. Un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Barcelona, Debate.
- Mitcham, C. 1989. *¿Qué es la filosofía de la tecnología?* Barcelona, Anthropos.
- Mitcham, C. 1990. *El Nuevo mundo de la filosofía y la tecnología*. Santo Domingo, Corripio.
- Neef, M. 1986. *Desarrollo a escala humana: una opción para el futuro*. Santiago de Chile, CEPAAUR-Fundación Hammarskjold.
- Núñez J, 1999. *La ciencia y la tecnología como procesos sociales*. La Habana, Félix Varela.
- Pacey, A. 1990. *La cultura Tecnológica*. México D.F, Fondo de Cultura Económica.
- Pérez R. 2000. *¿Existe el método científico?* México D.F, Fondo de Cultura Económica.
- Pozo, J. 1994. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, Morata.
- Pozo, J. y Gómez, M. 1998. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata.
- Quintanilla, M 1990. *Tecnología: un enfoque filosófico*. Madrid, Fundesco.
- Quintanilla, M. 1996. *Educación Moral y Cultura tecnológica. Filosofía moral. Educación e Historia*. México, UNAM.
- Snow, C.P. 1977. *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid, Alianza.
- Tünnermann, C. 2004. «El papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en la sociedad del conocimiento». Disertación inaugural del año académico, República Dominicana.
- Ursúa, N. 1998. «Educación en Sociedad, Ciencia y Tecnología en Europa» en Colectivo de Autores GEST, Tecnología y Sociedad. 271-283. La Habana, Félix Varela.
- Wilson, E. 1999. *Consiliencia. Barcelona*, Círculo de Lectores.
- Ziman, J. 1985. *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad*. México D.F, Fondo de Cultura Económica.