Ciencia, Tecnología y Sociedad: una mirada desde la Educación en Tecnología

Por Germán Darío Rodríguez Acevedo: es coordinador del Programa de Educación en Tecnología del Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

 La dimensión educativa de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad presenta matices muy diversos y complejos, producidos, por una parte, desde el campo específico de los estudios CTS que han permitido abrir la discusión acerca de las implicaciones de la ciencia y la tecnología en el contexto social y, por otra, desde la enseñanza de la ciencia que viene incorporando paulatinamente discusiones sobre el papel que debe jugar la ciencia en la sociedad. Ahora bien, desde una concepción más amplia de la tecnología, un nuevo actor en el escenario se abre paso, la Educación en Tecnología, que gracias a involucrar en la actividad escolar tanto los aspectos técnicos como los culturales de la tecnología en una deseable relación teórico-práctica, constituye una prometedora contribución a la desmitificación y democratización de la ciencia y la tecnología.

 1. Introducción

Tal vez uno de los fenómenos más relevantes del mundo contemporáneo es el inusitado valor que ha adquirido el saber, como condición indispensable para el desarrollo de los pueblos. Según Toffler1, vivimos en una sociedad del conocimiento, caracterizada porque la base de la producción son los datos, las imágenes, los símbolos, la ideología, los valores, la cultura, la ciencia y la tecnología. El bien más preciado no es la infraestructura, las máquinas y los equipos, sino las capacidades de los individuos para adquirir, crear, distribuir y aplicar creativa, responsable y críticamente (con sabiduría) los conocimientos, en un contexto donde el veloz ritmo de la innovación científica y tecnológica los hace rápidamente obsoletos.

No son necesarias elucubraciones para comprender el desafío que los anteriores planteamientos hacen a la educación en general. El modelo educativo mundial entró en crisis y las naciones más desarrolladas del planeta hacen esfuerzos, desde diversos sectores, para mejorar cualitativamente los sistemas de formación tanto de los niños y niñas como de los adultos, aún de aquellos que ya han cursado los estudios formales básicos o los profesionales y avanzados.

Es por esta razón, como sugiere el título del presente artículo, que la temática Ciencia, Tecnología y Sociedad se enfocará desde la mirada genérica de la Educación en Tecnología y no se enmarcará específicamente en el esquema CTS, aunque se debe entender que hablar de Educación en Tecnología implica relacionar, en el marco del contexto educativo, la ciencia, la tecnología y las profundas implicaciones sociales de ambas, con las posibilidades de un trabajo escolar integral y significativo para los estudiantes.

En efecto, la dinámica de la Educación en Tecnología conjuga aspectos técnico-científicos, culturales y valorativos, que en su desarrollo escolar la habilitan como un poderoso instrumento de integración curricular y como una interesante contribución al logro de fines educativos.

Hoy, cuando el deseo de contar con escuelas que brinden conocimientos y comprensión a un gran número de estudiantes con capacidades e intereses diversos, provenientes de medios culturales y familiares distintos, choca con la realidad de las escuelas en los diferentes lugares urbanos y rurales donde los maestros enseñan y los alumnos aprenden como hace dos décadas; hoy, ad portas del tercer milenio —cuando los medios tecnológicos traducidos en computadores, discos compactos, multimedia, realidad virtual, telecomunicaciones, superautopistas de información—, la educación permanece fiel a su práctica tradicional. Hoy, cuando se requiere una escuela informada, dinámica, reflexiva, que posibilite la retención del conocimiento, la comprensión del conocimiento y el uso sabio de éste por parte de los estudiantes, la Educación en Tecnología tiene mucho que decir.

2. ¿De cuál Tecnología hablamos

«El hombre no es la más majestuosa de las criaturas. Antes incluso que los mamíferos, los dinosaurios eran decididamente más espléndidos. Pero él posee algo que los demás animales no tienen: un caudal de facultades que por sí solo, en más de tres millones de años de vida, le hizo creativo. Cada animal deja vestigios de lo que fue; sólo el hombre deja vestigios de lo que ha creado» (Jacobo Bronowski: El ascenso del hombre).

2.1. Aproximación histórica

Hace dos millones de años una criatura un poco oscura y perdida en el tiempo (Australopitecus Africanus), carnívora, según las evidencias encontradas por Richard Leakey, se encuentra ante dos problemas concretos que resolver: el primero parte de una necesidad vital, el segundo es un requerimiento social.

La necesidad está relacionada con su dieta alimenticia a base de carne, alimento que requiere ser macerado para su posterior ingestión; así, estos «casi» hombres y mujeres inventan (conciben y producen) una herramienta de piedra diseñada tecnológicamente y la elaboran técnicamente mediante el procedimiento de afilado de los cantos a base de golpes (el cuchillo de sílice). La fuerza del invento es colosal2, tanto, que durante un millón de años más no cambió significativamente.

El requerimiento tiene que ver con la máxima edad de vida del Australopitecus (20 años se calcula), lo cual produjo en el núcleo social la presencia de muchos huérfanos en edades infantiles que debieron ser adoptados, cuidados y «educados» por la comunidad (Bronowski, 1983). La solución al problema no es tangible pero es un instrumento tecnológico, representado por la organización de la comunidad para cumplir un propósito particular, la primera estrategia escolar, que, como en el caso de las estrategias de caza y otras formas de organización desarrolladas por nuestros antecesores prehistóricos, reafirman el potencial tecnológico humano.

Un millón de años después del Australopitecus, dicen los antropólogos, se puede hablar del hombre. Uno de los factores más determinantes de la diferenciación entre el «casi hombre» y el género hombre, a juicio de los investigadores, es el uso de herramientas. Parece una situación trivial: hombres y mujeres que usaban herramientas; sin embargo, esta premisa es incompleta, porque no es solamente el uso de herramientas sino el diseño (invención, concepción y producción de las mismas), el verdadero hito. Hombres y mujeres de hace un millón de años, criaturas pequeñas frente a animales colosales, seres débiles frente a fieras dotadas de garras y dientes. En esta situación la necesidad concreta de defensa es vital; una piedra se convierte en proyectil y un leño en arma contundente. ¿Producto del puro instinto? Se cree que no. Allí hay un acto poiético3 basado en la competencia humana de prefigurar las acciones, de generar ideas y de crear.

De plano esto nos debe llevar a mirar el cuchillo de sílice (y otros instrumentos creados por el hombre prehistórico) con un profundo respeto. En efecto, es un instrumento tecnológico portentoso. Forma, estructura y función están allí conjugados armoniosamente para proporcionar la solución a un problema vital cuyo centro es el hombre (el casi hombre que lo inventó). No había allí postulados teóricos, ni modelos explicativos, ni hipótesis de trabajo. Sólo un problema concreto, un cerebro de 800 centímetros cúbicos, un medio agreste pero rico en materiales, un conjunto de ideas basado en la experiencia cotidiana, y la chispa creativa que haría de estos «casi» hombres los seres que transformaron el medio natural en ambientes artificiales cruzados por la omnipresencia de la tecnología.

Ahora bien, la producción tecnológica es inherente al hombre mismo. El homo faber no puede ser distinguido del homo sapiens. El hombre se convirtió en una criatura pensante en virtud de su capacidad de construir y, a su vez, lo construido hizo al hombre un ser pensante. En efecto, en el último millón de años el género humano introdujo significativos cambios en los instrumentos, producto de la evolución de la mano y del perfeccionamiento del cerebro. El individuo se convirtió en una criatura biológica y culturalmente más refinada y, por ende, los productos de su talento fueron cada vez más funcionales y de calidad, de lo cual hay evidencias contundentes que permiten reafirmar la capacidad tecnológica de los hombres y mujeres prehistóricos.

El sentido de hablar de los útiles de piedra, que son los artefactos más antiguos que se conservan, es porque se encuentran al comienzo de una serie de productos del esfuerzo humano deliberado, articulados y continuos, que no se ha roto nunca. La tecnología de la piedra ejerció una duradera influencia en los posteriores útiles de metal y aún en las herramientas más modernas y conocidas, como el martillo, la sierra y el hacha, al igual que instrumentos eléctricos y neumáticos conservan principios y movimientos subyacentes en los primeros productos de piedra.

El propósito de lo expuesto no es otro que el de replantear la concepción bastante generalizada sobre la tecnología como entidad subordinada con respecto a la ciencia. La producción de un artefacto (el objeto físico tridimensional) es el resultado de la creatividad y del esfuerzo intelectual humano, e involucra conocimientos y saberes no supeditados a la existencia previa de un argumento científico:

«La tecnología es tan antigua como la humanidad. Existía mucho antes de que los científicos comenzaran a recopilar los conocimientos que pudieran utilizarse en la transformación y control de la naturaleza. La manufactura de útiles de piedra, una de las más primitivas tecnologías conocidas, floreció hace cerca de dos millones de años antes del advenimiento de la mineralogía o la geología. Los creadores de cuchillos y hachas de piedra tuvieron éxito porque la experiencia les había enseñado que ciertos materiales y técnicas arrojaban resultados aceptables, mientras que otros no. Cuando tuvo lugar el tránsito de la piedra al metal (la primera evidencia de la transformación del metal data del año 6000 a.C.), los primeros trabajadores del metal siguieron, igualmente, fórmulas de naturaleza empírica que les proporcionaban el cobre o bronce que buscaban. Hasta finales del siglo XVIII no fue posible explicar los procesos metalúrgicos simples en términos químicos, e incluso hoy en día subsisten procedimientos en la moderna producción de metales cuya base química exacta se desconoce».«Además de ser más antigua que la ciencia, la tecnología, no auxiliada por la ciencia, es capaz de crear estructuras e instrumentos complejos. ¿Cómo podría explicarse si no la arquitectura monumental de la Antigüedad o las catedrales y la tecnología mecánica (molinos de viento, bombas de agua por rueda, relojes) de la Edad Media? ¿Cómo si no podríamos explicar los muchos logros brillantes de la antigua tecnología china?» (George Basalla, 1991).

2.2. Aproximación conceptual

En la base de la discusión sobre la temática Ciencia, Tecnología y Sociedad se encuentran las diferentes concepciones sobre tecnología, ciencia, técnica, conocimiento científico, conocimiento tecnológico, conocimiento técnico, conocimiento empírico y sus correspondientes implicaciones en el contexto social. De hecho, las consideraciones, percepciones, argumentaciones y opiniones que un conglomerado social tenga sobre las anteriores categorías, marcará la razón, el ser y el sentido de la dimensión educativa de la temática Ciencia, Tecnología y Sociedad. Por esta razón, en primera instancia y sin pretender ser exhaustivo, en el presente artículo se parte de una aproximación conceptual a la tecnología y sus relaciones con la técnica y la ciencia, reflexión pertinente y base que sustenta la posterior concepción de Educación en Tecnología.

2.2.1. Acerca de la Tecnología

Una de las más relevantes características de nuestros tiempos es la incuestionable importancia de la tecnología en todos los ámbitos sociales. Ya sea en pro, en contra o en posiciones intermedias, desde la tecnofilia o desde la tecnofobia o aun pretendiendo ser indiferentes, la gente tiene que ver con ella. Aunque las definiciones de tecnología son numerosas y las concepciones son disímiles y hasta contradictorias, se considera como factor clave en el logro o no de metas y fines de índole social, cultural económico y político.

La idea social en relación con la tecnología se ubica en innumerables contextos donde sus aplicaciones o productos son venerados por considerarse socialmente útiles, o maldecidos por los impactos en el ambiente. Es así como toda la producción humana de instrumentos traducidos en artefactos, sistemas y procesos mirados desde el mismo momento en que el hombre se puede considerar hombre hasta nuestros días, está mediada por la discusión sobre el ser, la razón y el sentido de la tecnología.

Tecnología es un término polisémico y con múltiples interpretaciones. Su uso cotidiano y corriente es tal, que se ha llegado a su intercambiabilidad con los términos técnica y ciencia, situación que a la postre dificulta la discusión sobre el sentido de la Educación en Tecnología.

En la mentalidad popular, el término tecnología es sinónimo de máquinas, cosas modernas o novedosas, inventos y, en general, toda la gama de productos tangibles que rodean al hombre. Por esta razón la pregunta ¿de cuál tecnología estamos hablando?, resulta a todas luces pertinente (nada fácil de responder) y aplicable también a la ciencia y a la técnica.

Una primera aproximación al término tecnología permite encontrar algunas explicaciones del porqué del uso a veces indiscriminado de la palabra técnica como sinónimo de tecnología. En efecto, el significado etimológico de la palabra técnica es la techné griega, a la que se refiere Platón para diferenciar las actividades desarrolladas con base en el conocimiento derivado de la relación directa con los objetos de aquellas que exigen fundamentación para realizarlas. Aristóteles es más preciso al afirmar que techné es una aptitud para captar discursivamente, es decir, exigiendo un fundamento explícito o explicitable y mediante razonamiento la verdad de una producción. Quien está en la techné puede dar respuesta discursiva y argumentativa en forma oral y escrita.

No obstante lo anterior, en la sociedad contemporánea es común considerar la técnica desde una concepción procedimental, más cercana a la definición de artesanía (del ars latino), cuya base es el método y la capacidad para desarrollar ciertas actividades a partir de la experiencia y la relación práctica con los objetos.

A su vez, en la concepción griega del mundo existe una clara diferencia entre la episteme contemplativa y la techné utilitaria. La ciencia pura es theoría, contemplación desinteresada de las esencias. El elemento de la ciencia es el logos, el pensamiento especulativo y no la materia sensible.

A partir del siglo XVII la ciencia toma un rumbo más terrenal con una actitud más técnica y se posibilita la interacción entre las dos. Galileo Galilei convierte un instrumento de asombro (el catalejo de Flandes) en un instrumento de navegación y, posteriormente, en otro de investigación con el cual logra hacer los primeros dibujos de la luna y otros experimentos y observaciones astronómicos que marcaron un hito en la historia de la humanidad. El trabajo de Galileo permitió asociar estrechamente el aspecto teórico con el práctico a través del experimento. Así, un producto de la tecnología de la época (el catalejo) fue la base para el desarrollo de la ciencia experimental; de aquí en adelante no habría ciencia sin tecnología ni tecnología sin ciencia.

Ahora bien, hoy en día el común de la gente asocia el término tecnología con artefactos o instrumentos sofisticados como los computadores y las naves espaciales. Algunas definiciones parten de la estructura etimológica de la palabra y la presentan como el estudio de las técnicas, de las herramientas, de las máquinas, de los materiales (el logos de los productos técnicos). Otras la conciben como dependiente de la ciencia o como aplicación del conocimiento científico a fines prácticos, o como el estudio de las ciencias aplicadas con particular referencia a los diversos procedimientos para la transformación de las materias primas en productos de uso o de consumo (la ciencia de la aplicación del conocimiento a fines prácticos, la ciencia aplicada).

Desde otras ópticas, se define la tecnología como «la manera de hacer las cosas, el cómo se hacen las cosas», agregando el porqué se hacen. También se encuentran definiciones que enfatizan sobre los propósitos de la tecnología, describiéndola como «el intento racional y ordenado de los hombres para controlar la naturaleza».

Definiciones más amplias hablan de la tecnología como del factor creativo del proceso de producción de cuanta cosa ha desarrollado el hombre; como del hecho cultural básico de nuestra especie, la productividad del trabajo; como del intento del hombre por satisfacer sus requerimientos a través de su acción sobre objetivos físicos.

En síntesis, este breve panorama sobre las concepciones de la tecnología permite evidenciar algunos puntos recurrentes y tal vez imprescindibles en una concepción amplia de tecnología. Hombre, cultura, saberes, requerimientos y necesidades, trabajo e instrumentos, se encuentran de alguna manera mencionados en la concepción de tecnología, donde la invención es un factor clave y la creatividad corresponde a una actividad tanto individual como social.

En este orden de ideas y no como punto final sino como punto de partida en el posterior abordaje del tema educativo, en este artículo se asume la tecnología como el conjunto de saberes inherentes al diseño y concepción de los instrumentos (artefactos, sistemas, procesos y ambientes) creados por el hombre a través de su historia para satisfacer sus necesidades y requerimientos personales y colectivos.

2.2.2. El conocimiento técnico y tecnológico

De las anteriores premisas se deduce que el conocimiento implicado en la técnica y en la tecnología es diferente. En el caso de la técnica el eje fundamental es la experiencia previa acumulada, lograda a través del tanteo y de los éxitos y fracasos, experiencia que no puede ser comunicada en forma oral o escrita sino a través de la actividad misma: «El conocimiento técnico en cuanto conocimiento empírico es de carácter más experimental que práctico instrumental. Lo empírico o empiria no es sólo la práctica o experiencia simple, sino esencialmente la observación, la experimentación, la medición, la conceptualización o razonamiento, como condiciones para la transformación de la práctica. La reducción de lo empírico a lo práctico, a la experiencia simple, a lo instrumental, refleja una inadecuada utilización del concepto de empiria o una subvaloración del conocimiento práctico, derivada de la desigual división social entre el trabajo práctico y el de índole intelectual» (Gómez, V.M., 1993).

El conocimiento tecnológico, por su parte, tiene atributos reflexivos que fundamentan la actividad, lo cual le proporciona una base argumentativa que permite su explicación. El conocimiento tecnológico demanda una relación teoría-práctica indisolubles, el acopio permanente de información que permite nuevas formas, nuevas técnicas, nuevos resultados. Es sobre todo interdisciplinar, lo cual le permite redefinir sus dominios e incluso crear otros. Es propio del conocimiento tecnológico transformarse constantemente. La reflexión en el conocimiento tecnológico es doble: por una parte, la causalidad y la verdad de una producción; por otra, las posibles y distintas alternativas para obtener esa producción (la transformación tecnológica). El conocimiento tecnológico es creatividad, lo que no impide buscar nuevos espacios aun sin antecedentes previos.

2.3. La ciencia y la tecnología (relaciones)

Pese a que el mito de la divinidad de la ciencia comienza a desvanecerse y a que la humanidad está viviendo un período de profundas transformaciones que van contra la fe ciega en la ciencia que cuestiona sus atributos y cualidades sobrehumanas, en las puertas del tercer milenio persiste la imagen social de la ciencia como un ente superior con atributos de infalibilidad, objetividad y neutralidad, reservado a seres privilegiados elegidos por sus especiales cualidades intelectuales, dedicados toda su vida al estudio, encerrados en laboratorios y ataviados con batas blancas y aire circunspecto: los sacerdotes del saber, los científicos, los dueños del conocimiento superior.

A pesar de que a partir del siglo XVI la ciencia moderna se va afirmando y el encuentro de la Theoría con la Praxis se hace realidad, «en la imagen tradicional o <concepción heredada> de la ciencia, ésta constituye fundamentalmente una actividad teórica cuyo producto son las teorías científicas» (López Cerezo, 1996).

Tanto el saber teórico como el práctico son productos del conocimiento y se van construyendo paso a paso en la interacción social. Estos saberes son el legado cultural de las sociedades y están en permanente construcción y reconstrucción. La ciencia y la tecnología son productos históricos y saberes sociales, organizados y sistematizados, en continua creación. Hoy en día, el saber científico y el saber tecnológico se interrelacionan mutuamente; podría afirmarse que la tecnología está «cientifizada» y la ciencia «tecnologizada»; sin embargo, en la construcción de la ciencia y la tecnología subyace una especialización del saber teórico y del saber práctico.

Los saberes se construyen en el proceso de solución de problemas. Los conocimientos tanto teóricos como prácticos aplicados en la interpretación y transformación del entorno configuran los saberes científicos y tecnológicos, y proporcionan desde sus respectivas intencionalidades modelos de solución de problemas.

A continuación se consignan dos tablas que permiten ilustrar las relaciones y diferenciaciones entre la ciencia y la tecnología según sus intencionalidades en la solución de problemas (tomadas de la ponencia presentada por el profesor J.R. Gilbert, del Departamento de Educación Tecnológica y Científica de la Universidad de Reading, Gran Bretaña, en el IV Congreso Internacional sobre investigación de la didáctica de las Ciencias y la Matemática, Barcelona 1993):



2.4. Las nuevas tecnologías

El término nuevas tecnologías ha sido relacionado únicamente con los avances en telecomunicaciones e informática; sin embargo, abarca mucho más. Antes que los desarrollos en comunicaciones e informática, existe una base de saberes tecnológicos que no son tan nuevos (aunque muchos de sus productos sí lo sean) y que forman parte de la plataforma sobre la cual avanza el desarrollo y la producción de bienes y servicios.

Los avances en tecnología que se expresan socialmente como «nuevos» tienen su historia y no aparecen repentinamente; pasaron por el campo de las competencias más elementales y por la maduración cultural y cognitiva. Las llamadas nuevas tecnologías están caracterizadas por la extrema rapidez de su evolución y por su potente impacto transformador de la estructura social, pero han sido posibles gracias a la capacidad humana de evocar, aprender y construir conocimiento.

En la base del conocimiento tecnológico actual predominan algunos campos particulares de expresión de la tecnología, sobre los cuales hay consenso en ser considerados como tecnologías de punta o nuevas tecnologías. Estos son:

· Microelectrónica,

· Biotecnología,

· Nuevos materiales,

· Tecnología química,

· Mecánica de precisión.

La microelectrónica es considerada como la plataforma de toda la revolución tecnológica actual. Esta tecnología ha sido normalmente relacionada con la presencia de aparatos, equipos, dispositivos y demás elementos denominados electrónicos. Como su nombre indica, microelectrónica es un término referido a los microcomponentes de los artefactos, en particular a los microconductores (diodos, transistores, circuitos integrados), los cuales han experimentado un acelerado proceso de evolución y miniaturización desde aquellas voluminosas y quemantes válvulas de las viejas radios de tubos (las más pequeñas ocupaban un volumen de 20 centímetros cúbicos), hasta los transistores (los primeros ocupaban un volumen de entre 1 y 4 centímetros cúbicos, mientras que los actuales están en el orden de un billonésimo de centímetro cúbico), y de ahí a los circuitos integrados.

La Biotecnología es tal vez uno de los campos de la tecnociencia más polémicos y sensibles para la sociedad, debido a las implicaciones éticas y morales que lo acompañan. La manipulación de la vida y de los factores bioquímicos, la intervención en la estructura genética de los seres vivos, la conquista del genoma de una especie y su posibilidad de colonización con otra —lo cual permite crear seres transgénicos—, es una realidad que en muchos produce pavor y en otros optimismo. El avance de la Biotecnología permitirá en poco tiempo tener un mapa completo del genoma humano, con lo cual se podrán predecir enfermedades y evitar su aparición, pero también se abre camino a la eugenesia, una verdadera amenaza para la raza humana.

Ingeniería genética, anticuerpos monoclonales, mejoramiento de especies, micropropagación, fertilidad y procreación asistida, bioquímica y bioindustria, tratamiento biológico de residuos peligrosos, entre otros, son términos relacionados con la actividad biotecnológica. Sus consecuencias e impacto social son ineludibles. Temas provocadores que deben estar presentes en la escuela como fuente indiscutible de reflexión.

Nuevos materiales es un término relacionado con un grupo de productos que están en la base de los nuevos desarrollos de la estructura industrial. Son el resultado de combinar o asociar materiales convencionales a través de nuevos procesos de producción, en procura de la optimación de las propiedades físico-químicas.

La obtención de aceros con grados de resistencia inimaginables, menor peso y más eficientes procesos de producción; aleaciones especiales superlivianas y superresistentes; materiales refractarios y cerámicos; fibras ópticas, polímeros, materiales reforzados y superconductores; todos ellos son ya una realidad en la industria del transporte automotriz, en la de carga pesada, en la aeroespacial, en las telecomunicaciones, en la medicina y en la construcción, sustituyendo a los de uso tradicional y creando perspectivas para nuevos usos y aplicaciones y, a su vez, nuevas combinaciones y materiales.

La tecnología química supera la tradicional concepción de la química como un laboratorio, con sus respectivos tubos de ensayo y su quemador de gas. La tecnología química se ocupa de las reacciones químicas en condiciones industriales y a escala comercial. Sus presupuestos se basan en criterios de precio y economía de energía. También se ocupa del diseño y producción de equipos y dispositivos apropiados para los fines respectivos.

Reactores químicos, catalizadores, reactores de lecho fluido, procesos de membranas, lavado de gases, destilación de sustancias, extracción, fermentación, son expresiones propias de la tecnología química un poco extrañas y lejanas al común de la gente. Sin embargo, están detrás del combustible de los vehículos, de la pintura doméstica, del proceso de diálisis para tratar a los enfermos renales, de la producción de refrescos y gaseosas, de las chocolatinas, los jabones y demás productos de limpieza casera.

La química fina también forma parte de la tecnología química y se refiere a la creación de una gran variedad de productos de alto costo que requieren un elevado nivel de sofisticación tecnológica y que se obtienen en pequeñas cantidades. En esta categoría se encuentran los precursores de medicamentos y fármacos.

El tema de la mecánica de precisión podría ser análogo al de la microelectrónica (guardadas las proporciones), en atención a que está relacionado también con el diseño y producción de componentes y piezas micrométricas que, en razón de su función, estructura y forma, requieren procesos de producción distintos a los de la mecánica convencional. El componente metrológico en la mecánica de precisión es medular. Superficies con grados de pulimento especulares, ensambles con exigencias de precisión extremadas y elementos que jamás podrían ser producidos en máquinas-herramienta con desprendimiento de viruta, son propios del tema de la mecánica de precisión. Metrología dimensional, graduación de superficies mecánicas y análisis experimental de tensiones, son campos propios de la actividad tecnológica en mecánica de precisión. También sus productos están muy cerca de nosotros: en las cabezas tipográficas de la máquina impresora, en los motores de paso, en la cabezas de grabación de las videograbadoras, etc.

Estos campos de expresión de la tecnología, a los cuales podríamos denominar como básicos, se hallan presentes en los cimientos de la producción tecnológica de nuestra era. Algunos de ellos están fuertemente interrelacionados e incluso su avance se ha producido en virtud del desarrollo de otros. La microelectrónica ha sido posible gracias al descubrimiento de los semiconductores; los adelantos en Biotecnología no se habrían alcanzado sin el microscopio electrónico que, a su vez, se apoya en los avances en mecánica fina. La máquina más ubicua, famosa y necesaria de la actualidad (el computador) es producto de la combinación de nuevos materiales, microelectrónica y mecánica de precisión. Por otra parte, el computador insertado en los procesos automáticos asume el control de muchas tareas peligrosas y fatigantes para el hombre, con lo cual nos encontramos con el mundo de la robótica; en el pináculo está la conjugación de estas tecnologías con la biotecnología y obtenemos la biónica, que ya no es ciencia ficción. De aquí al cyborg sólo habrá que esperar un tiempo.

«La simbiosis hombre-máquina tendrá un aire muy diferente a aquel en el que el ser humano es considerado como un elemento del sistema mecánico, o la máquina como un componente del sistema humano. Todo modelo que da prioridad a la máquina lo llamo <cyborg>; aquel que da prioridad al ser humano lo llamo <prótesis>. [...]. El concepto de cyborg sigue el punto de vista del ingeniero; el de prótesis, el punto de vista del médico [...]. La noción de cyborg se refiere a un sistema coordinado hombre-máquina con el fin de encajar aquello que ni el uno ni el otro podrán realizar separadamente [...]. El concepto de prótesis se refiere a los instrumentos, mediante los cuales una función determinada del organismo humano es, al menos parcialmente, restaurada [...]. <Cyborg> señala la inferioridad del hombre respecto a la máquina; <prótesis> el servicio de la máquina para beneficio del hombre [...]. Así, el primero podría ser llamado <deshumanizante> de seres humanos, el segundo <humanizante> de máquinas. En resumen, en el caso de una prótesis, la máquina compensa una deficiencia del organismo humano, mientras que en el caso del cyborg el organismo humano compensa un vacío en la máquina (E. Birne, en P.T. Durbin (ed.), «Humanization of Technology: slogan or ethical imperative», pp. 152 ss). (Tomado de El paradigma Bioético. Una ética para la tecnociencia. Gilbert Hottois, 1991).

 **Enfoques para la Educación en Tecnología**

Es evidente que el contexto socioeconómico-cultural, regional o local, determina las concepciones, enfoques o tendencias asumidos para la puesta en funcionamiento de la Educación en Tecnología. En este sentido, la UNESCO publicó un estudio sobre los modelos más relevantes asumidos por los sistemas educativos de un buen número de países. El volumen quinto, relativo a las innovaciones en Ciencia y Tecnología, presenta los siguientes modelos:

a) Modelo con énfasis en las artes manuales.

El eje central de este enfoque, en términos de ambiente, es el taller. Este es un modelo en el cual los medios físicos de trabajo escolar simulan los ambientes industriales. Las máquinas y equipos son similares a los que usa la empresa y, por tanto, se utilizan como si de puestos de trabajo se tratara. Las actividades están prescritas por el profesor, que normalmente es un experto en el oficio respectivo y puede haber sido formado en un establecimiento de la misma naturaleza. En términos de género, la formación en este enfoque se orienta primordialmente a los varones. La intención última del modelo es la formación de trabajadores para la industria. Se utilizan diagramas y planos de tallados de la pieza a construir, incluyendo materiales y tratamientos. La mayor parte del tiempo se emplea en producir piezas de metal o madera.

b) Modelo con énfasis en la producción industrial, agropecuaria o comercial.

Constituye una extensión del anterior. Aquí las habilidades prácticas a desarrollar se eligen en relación con la producción en alguno de los sectores indicados (industria, comercio o agropecuario). Todas las actividades de los alumnos están prescritas. Los alumnos no sólo producen piezas sino también aprenden cómo se producen en la industria, o efectúan prácticas de cultivos o simulaciones de la actividad comercial; muchos docentes provienen de estos sectores. En términos de género, la participación de los jóvenes de uno y otro sexo en las distintas modalidades está sesgada por estereotipos culturales inequitativos. Su enfoque deriva de la visión social de que el hacer productivo es un asunto vital. Incorporan la tecnología como una materia teórica propia de las especialidades y refuerzan una concepción de la tecnología orientada a productos.

c) Modelo de alta tecnología.

Aunque difiere del anterior por otorgar un alto status a la tecnología, el concepto es análogo a los enfoques precedentes, dado que se enfatiza en el uso y manipulación de equipos modernos. Los computadores tienen un papel esencial, y las clases están equipadas con máquinas sofisticadas, demandando altas inversiones. Los docentes se capacitan en el uso y mantenimiento de los equipos, pero no profundizan en su aprovechamiento pedagógico. Este enfoque es estimulado por la concepción de que la posesión de equipos modernos es sinónimo de apropiación tecnológica. Se evidencia más equidad de género en la selección de los cursos.

d) Modelo de ciencia aplicada.

Este modelo ha sido desarrollado por educadores de ciencias con el propósito de hacer su materia más interesante a los alumnos. Según él, el camino desde el conocimiento científico hasta el producto tecnológico es directo. Los alumnos son motivados a investigar fenómenos científicos a partir de la observación de un producto y se hacen preguntas sobre su funcionamiento. Después de haber estudiado los principios científicos y las leyes, aprenden cómo éstos han sido aplicados al producto. Este modelo se desarrolla en los laboratorios tradicionales para la enseñanza de las ciencias y es orientado por profesores de las mismas. Se presenta en lugares donde el trabajo práctico es percibido como menos importante que los elementos cognitivos de la educación. En general interesa más a los varones. El diseño y la creatividad no son preocupaciones relevantes en este enfoque. La tecnología se presenta como una actividad cognoscitiva que depende fuertemente de las ciencias.

e) Modelo de conceptos tecnológicos generales.

Ha sido desarrollado en relación estrecha con las disciplinas académicas de la ingeniería. Como el anterior, enfatiza lo cognitivo y ayuda a los alumnos a comprender los conceptos tecnológicos y las leyes básicas para el desarrollo de productos. El concepto más utilizado en la práctica es el de sistemas. En casos extremos los alumnos aprenden a analizar flujos de materia, energía e información en artefactos tecnológicos. Las clase están equipadas con modelos operantes de objetos tecnológicos. Los conjuntos de construcción (kits) se utilizan para mostrar los principios de una manera directa. Los docentes generalmente son ingenieros. En este enfoque existe un alto status de disciplinas tecnológicas. Es un espacio que también tiende a ser dominado por varones. La tecnología aparece como una actividad cognitivo-analítica.

f) Modelo con énfasis en diseño.

Incorpora la metodología proyectista en los procesos. Los alumnos reciben problemas de diseño que deben resolver de manera relativamente independiente y que deben materializar como elemento clave de la evaluación. A veces agrega la posición de futuros usuarios así como el mercado del producto y la preparación del manual del cliente. Las aulas son lugares que estimulan la investigación, la construcción de modelos y la simulación. Se encuentran también máquinas y herramientas sencillas, mesas de dibujo y conjuntos constructivos. A menudo añaden en los lugares de trabajo bibliotecas especializadas y colecciones de videos. Los docentes están capacitados no sólo en artes manuales sino también en plásticas y en diseño. Este enfoque es apropiado para ambientes en donde la educación es percibida como un proceso para desarrollar en los alumnos independencia y habilidades para resolver problemas. En este modelo hay intereses iguales para niños y niñas y se considera la creatividad como rango esencial de la tecnología.

g) Modelo de competencias clave.

Difiere del anterior por su mayor énfasis en el uso de conceptos teóricos en las tareas. Como en aquél, los alumnos aprenden a resolver problemas. Estos pueden ser de diseño o aún más analíticos; por ejemplo, referidos al mal funcionamiento de un producto. El desarrollo de habilidades generales relacionadas con la creatividad, la cooperación, el análisis y la evaluación, es percibido como el propósito principal; el aula es similar al enfoque anterior, y a menudo los docentes tienen experiencia industrial. Este enfoque deriva de ver la necesidad de una fuerza de trabajo creativa para el sector productivo. Interesa por igual a estudiantes de ambos sexos. Transmite el concepto de la tecnología que privilegia la innovación como rasgo principal.

h) Modelo de ciencia, tecnología y sociedad.

Es una extensión del enfoque de ciencia aplicada, prestando más atención a los aspectos humanos y sociales de la tecnología. Los alumnos y las alumnas no sólo aprenden que la ciencia influye sobre la tecnología, sino también la tecnología sobre la sociedad. Este enfoque se encuentra en lugares donde la gente toma conciencia de los efectos adversos de la tecnología. Crea un concepto amplio de ella, incluyendo sus aspectos humanos y sociales así como los científicos. El modelo es débil en los procesos y el diseño no juega un papel muy importante.

El aspecto general de estos enfoques permite evidenciar tres tendencias claramente delimitadas en relación con el trabajo escolar de la tecnología, desde las cuales se pueden agrupar por atributos semejantes los distintos modelos planteados.

En la primera tendencia se clasificarían el modelo con énfasis en las artes manuales, el modelo de producción industrial, agropecuaria o comercial y el modelo de alta tecnología. Estos se basan en la concepción de la Educación en Tecnología como una actividad limitada al desarrollo de habilidades y destrezas de tipo operativo, donde la manipulación de equipos y procesos es medular y el fin último formar trabajadores para el sector productivo. Su fortaleza radica en la necesidad inmediata de dotar a los jóvenes de un conocimiento práctico en relación con un oficio específico destinado a la posterior consecución de empleo. Su debilidad radica en que las vertiginosas transformaciones en los sectores productivos han cuestionado la pertinencia de este tipo de formación, dada su rápida desactualización en relación con las realidades empresariales. Por otra parte, la discriminación de género y los marcados estereotipos en la formación lo hacen débil en cuanto a la participación equitativa de la mujer en las distintas especialidades, que de antemano están marcadas culturalmente. Así mismo, no es evidente la reflexión sobre las implicaciones éticas de la actividad tecnológica en el contexto social.

La segunda tendencia abarcaría el modelo de conceptos tecnológicos generales y el modelo de ciencia aplicada. Tiene como punto de partida una concepción de la tecnología como servidora de la ciencia y supeditada a ella, sobre la base de que la adquisición de principios científicos y la mirada analítica de los mismos son suficientes para comprender las implicaciones de la tecnología. Estos modelos presentan un sesgo teórico. Su fortaleza radica en el valor pedagógico de la actividad analítica sobre los productos, lo que permite contextualizar los conocimientos científicos. La debilidad consiste en la insuficiencia de estas actividades para la Educación en Tecnología, porque dejan de lado los procesos de solución de problemas tecnológicos y la acción práctica sobre la realidad.

La tercera tal vez sea la más completa, siempre y cuando esté bien combinada y aglutine el modelo de diseño, el de competencias claves y el modelo CTS. Su fortaleza radica en la concepción de la tecnología como actividad teórico-práctica, apoyada en procesos de reflexión-acción; reconoce el papel de la actividad práctica y técnica, la creatividad, los principios científicos y la dimensión social de la ciencia y la tecnología. Su debilidad se halla en la tendencia a convertir el diseño o la actividad CTS en asignaturas concretas sin nexo aparente. En particular, el enfoque CTS puede convertirse en una materia rica en reflexión sobre las implicaciones sociales de la tecnología y la ciencia pero de corte teórico, sin asidero concreto y carente de un mecanismo articulador con los procesos tecnológicos, que estimule la creatividad, la solución de problemas concretos y la cultura técnica.

En este orden de ideas, Gilbert (1993) señala en relación con la Educación en Tecnología que ésta recoge y sintetiza no sólo las tendencias que se ocupan de los aspectos técnicos (a los que ha llamado Educación para la Tecnología), sino también las tendencias que se ocupan únicamente de los aspectos culturales (a los que denomina Educación sobre la Tecnología). Se entiende que la Educación en Tecnología supera la mera unión de estas partes constituyentes y agrega valor y posibilidades al proceso en la escuela. El siguiente gráfico ilustra lo planteado.