

**CORCHUELO, Miguel. Una aproximación a los procesos de formación de ingenieros. En: Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa [en línea]. Vol.1, No.1 (Julio-Diciembre de 2004). Disponible en Internet: <<http://revista.iered.org>>. ISSN 1794-8061**

Copyright © 2004 Revista ieRed.

Se permite la copia, presentación y distribución de este artículo bajo los términos de la Licencia Pública Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs v2.0 la cual establece que: 1) se de crédito a los autores originales del artículo y a la revista; 2) no se utilicen las copias de los artículos con fines comerciales; 3) no se altere el contenido original del artículo; y 4) en cualquier uso o distribución del artículo se den a conocer los términos de esta licencia. La versión completa de la Licencia Pública Creative Commons se encuentra en la dirección de Internet: <<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>>

## **UNA APROXIMACIÓN A LOS PROCESOS DE FORMACIÓN DE INGENIEROS**

Miguel Corchuelo  
[micorcho@unicauca.edu.co](mailto:micorcho@unicauca.edu.co)

Seminario Permanente sobre Formación Avanzada - SEPA  
Departamento de Física  
Universidad del Cauca  
Popayán - Colombia

### **INTRODUCCIÓN**

Reflexionar sobre los procesos de formación de ingenieros en Colombia implica además de observar las tendencias globalizantes, las políticas de estado, las aspiraciones de las instituciones de educación superior y la problemática nacional, tener en cuenta las propuestas de formación que surgen al respecto. Es una tarea compleja pero apremiante. A continuación se presenta una aproximación a la comprensión de la situación a partir de la evolución de la ingeniería tanto en el contexto mundial como en el caso particular del país. Posteriormente, se considera la necesidad de introducir transformaciones curriculares a partir de las concepciones de ciencia y tecnología que se vienen desarrollando en los últimos tiempos y la necesidad de promover una formación para una participación social activa desde el enfoque en los estudios CTS, como perspectiva para empezar a proponer soluciones a nuestros propios problemas y desde allí acceder a la globalidad.

El currículo universitario en ingeniería como el de otras profesiones se ha venido administrando por vías burocráticas desde una visión administrativa desde las esferas superiores, llámese gobierno, instituciones del estado, rectorías, comisiones de especialistas, y se ha restringido a la organización de planes de estudios fragmentados y focalizados en lo académico reduciendo espacios para la investigación y la proyección social. Lo evidente es que la capacidad de una sociedad para incorporar la ciencia y la tecnología como factores dinámicos para su progreso depende sistemáticamente tanto de las concepciones como de las articulaciones para el funcionamiento de los sistemas: educativo, productivo, de ciencia y tecnología, y de las interrelaciones con el sistema social. ¿Qué iniciativa tomar al respecto? Esa es la iniciativa que conduce a un trabajo de investigación de tesis de Doctorado en Ciencias de la Educación.

## DEL CONTEXTO MUNDIAL

La denominación de ingeniero proviene de los “ingenium”, nombre asignado a las máquinas de guerra (como la ballesta, la torre de asalto, la catapulta, etc.) desarrollados por los antiguos romanos. La educación romana transmitió al mundo occidental el estudio de la lengua latina, la literatura clásica, la ingeniería, el derecho, la administración y la organización del gobierno. La base de conocimientos se centraba en las siete artes liberales que se dividían en el trivium (formado por gramática, retórica y lógica) y el quadrivium (aritmética, geometría, astronomía y música). San Isidoro de Sevilla aportó materiales básicos con sus Etimologías para el trivium y el quadrivium y su posterior polémica curricular.

Desde el siglo V al VII estos compendios fueron preparados en forma de libros de texto para los escolares por autores como el escritor latino del norte de África Martiniano Capella, el historiador romano Casiodoro y el eclesiástico español san Isidoro de Sevilla.

El filósofo inglés John Locke recomendaba un plan de estudios y un método de educación basado en el examen empírico de los hechos demostrables antes de llegar a conclusiones. En “Algunos pensamientos referidos a la educación” (1693), Locke defendía un abanico de reformas, y ponía énfasis en el análisis y estudio de las cosas en lugar de los libros, defendiendo los viajes y apoyando las experiencias empíricas como medio de aprendizaje.

Así, animaba a estudiar un árbol más que un libro de árboles o ir a Francia en lugar de leer un libro sobre Francia. La doctrina de la disciplina mental, es decir, la habilidad para desarrollar las facultades del pensamiento ejercitándolas en el uso de la lógica y de la refutación de falacias, propuesta a menudo atribuida a Locke, tuvo una muy fuerte influencia en los educadores de los siglos XVII y XVIII.

Esta visión empírica contribuyó para que en Inglaterra, Francia y Alemania, se reconociera la profesión de ingeniero a la persona dedicada al estudio de los ingenios. En esta época los trabajos de construcción a gran escala se ponían en manos de los ingenieros militares. La ingeniería militar englobaba tareas tales como la preparación de mapas topográficos, la ubicación, diseño y construcción de carreteras y puentes, y la construcción de fuertes y muelles. Por ejemplo, en 1678 Francia contaba con unas fuerzas estables cuyo número superaba los 200.000 hombres. El mariscal Sébastien Le Prestre de Vauban diseñó un sistema de ataque a posiciones fortificadas, mejoró el sistema de fortificaciones defensivas y creó el primer cuerpo moderno de ingenieros. Joseph Cugnot (1725-1804) francés, sirvió como ingeniero en los ejércitos francés y austriaco, y se hizo famoso por la invención de un fusil y de diferentes materiales de topografía.

En el siglo XVIII, tras la revolución industrial, el ingeniero comenzó a adquirir estatus de diseñador y constructor de obras no militares. John Smeaton (1724-1792) fue el primero en llamarse a sí mismo ingeniero civil en contraposición a los ingenieros militares de aquellos días. Anteriormente, la ingeniería era sólo una ocupación vagamente definida. Fue reconocida como ocupación de dedicación exclusiva ya en el siglo XVII. Por ejemplo en Francia, tal como lo relata Rómulo Gallego – Badillo (1.995), apareció la escuela de ingeniería de puentes y caminos (1747), de la que egresó

Gaspar Monge y quien en 1794 organizó la Escuela Politécnica, cuyo plan se desarrollaba en tres años, de los cuales dos estaban dedicados a la enseñanza de las ciencias. Con base en la geometría descriptiva y en la mecánica newtoniana se resolvían problemas del maquinismo. Sadi Carnot (padre de la termodinámica) fue egresado de esta escuela. En Londres se tuvo la apertura del University Collage promovido por S. Mill y reconocido por la realeza hasta 1833. Thomas Telford (1757-1834), ingeniero civil británico, utilizó ciertas técnicas por primera vez en la construcción de canales, carreteras y puentes, y se convirtió en el primer presidente de la Institución Civil de Ingenieros en 1818. En Alemania se fundó la primera escuela técnica en 1821 por Meter Beuth. Estas instituciones eran miradas como carentes de alcurnia y prestigio. Los frutos que empezaron a brindar dieron al traste con tal prejuicio. Debido al aumento de la utilización de maquinaria en el siglo XIX como consecuencia de la Revolución Industrial, la ingeniería mecánica se consolidó como rama independiente de la ingeniería; posteriormente ocurrió lo mismo con la ingeniería de minas.

Los avances técnicos del siglo XIX ampliaron en gran medida el campo de la ingeniería e introdujeron un gran número de especializaciones. Entrado ya el siglo XIX los Estados Unidos se incorporaron al proceso industrial y comenzaron a hacer aportes sustantivos a los desarrollos tecnológicos. Por ejemplo, en el Instituto de Tecnología de Massachussets -MIT- inaugurado en 1865 por el geólogo William Barton Rogers, en un principio sólo se estudiaban las ciencias industriales.

Las incesantes demandas del entorno socioeconómico del siglo XX incrementaron aún más los campos de acción. Ello provocó la aparición a una gama diferenciada de disciplinas, con distinción de múltiples ramas en ámbitos tales como: la aeronáutica, la química, la construcción naval, de caminos, de canales y puertos, las telecomunicaciones, la eléctrica, la electrónica, la ingeniería industrial, la geología, los materiales y la informática.

Tiene particular interés el estudio de los materiales si se reconoce su importante influencia en el mundo contemporáneo. Tanto de los materiales metálicos como no metálicos, y de la forma de adaptarlos y fabricarlos para responder a las necesidades que los actuales desarrollos tecnológicos exigen. Científicos e ingenieros (ingenieros de físicos y de materiales por ejemplo) empleando las técnicas de laboratorio, los instrumentos de investigación de la física, la química, la metalurgia y de la biología (más recientemente), junto con los aportes de las tecnologías de la información y la comunicación, están hallando nuevas formas de utilizar el plástico, la cerámica y otros no metales en aplicaciones antes reservadas a los metales.

El rápido desarrollo de los semiconductores para la industria electrónica, que comenzó a principios de la década de 1960, dio el un gran impulso a la ciencia de materiales. Después de descubrir que se podía conseguir que materiales no metálicos como el silicio condujeran la electricidad de un modo imposible en los metales, científicos e ingenieros diseñaron métodos para fabricar miles de minúsculos circuitos integrados en un pequeño chip de silicio. Esto hizo posible la miniaturización de los componentes de aparatos electrónicos como los ordenadores o computadoras.

A finales de la década de 1980, la ciencia de los materiales tomó un nuevo auge con el descubrimiento de materiales cerámicos que presentan superconductividad a temperaturas más elevadas que los metales. Si se consigue encontrar nuevos

materiales que sean superconductores a temperaturas suficientemente altas, serían posibles nuevas aplicaciones, como trenes de levitación magnética o computadoras ultrarrápidas.

Aunque los últimos avances de la ciencia de materiales se han centrado sobre todo en las propiedades eléctricas, las propiedades mecánicas siguen teniendo una gran importancia. En la industria aeronáutica, por ejemplo, los científicos han desarrollado — y los ingenieros han probado— materiales compuestos no metálicos, más ligeros, resistentes y fáciles de fabricar que las aleaciones de aluminio y los demás metales actualmente empleados para los fuselajes de los aviones.

En ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas de diferentes maneras a saber: una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa), una deformación permanente o una fractura. Los efectos de una fuerza externa dependientes del tiempo son la plastodeformación y la fatiga, características muy importantes en los materiales estructurales. Adicionalmente se han incorporado más recientemente, campos del conocimiento que antes eran ajenos a la ingeniería como la investigación genética y nuclear.

Algo interesante en este proceso es que aparecerán dos tipos de instituciones en los procesos de formación en este campo: Primero, las que propiamente otorgan el título de ingeniero orientadas por una didáctica que permita la elaboración de representaciones básicas para el diseño y construcción de máquinas e instrumentos y/o implementación de procesos. Segundo, las que proveen personal calificado para mandos medios en ambientes de la ingeniería para atender situaciones de mantenimiento y distantes para producir conocimiento.

## **DEL CONTEXTO COLOMBIANO**

Lo que sucediera en el contexto mundial tiene buena similitud con el caso de nuestro territorio. Uno de los estudios sobre ingeniería prehispánica es el de Asdrúbal Valencia Giraldo de la Universidad de Antioquia, para quien los orígenes de la ingeniería colombiana, se ubican en por lo menos tres raíces: el aporte indígena, el aporte negro y el aporte europeo. La ingeniería prehispánica en Colombia se basa fundamentalmente en dos manifestaciones de la ingeniería: la de materiales (que lleva hasta la minería) y la civil. Se observa el papel de los ingenieros prehispánicos no sólo en la construcción de algunos caminos de piedra, sino también en las construcciones arquitectónicas de mayor envergadura que se combinan armoniosamente con el paisaje natural. Así pues, si la profesión de ingeniero, como se conoce hoy, apenas vino a definirse a fines del siglo XVIII, no hay ningún problema en denominar ingenieros a quienes ejercieron la profesión muchos siglos antes, desde los Sumerios, Egipcios, Minoicos, Griegos y Romanos hasta los Mayas, Aztecas, Incas, Agustínianos, Calimas, Taironas y Quimbayas. Como anota Lechtman, debemos reconocer que actividades como el hilado, el tejido o el vaciado de vasos o el de la cera perdida son técnicas de poder. Es importante también poner de relieve que en todos estos casos estamos ante

tecnologías porque nos proporcionan información, pues la razón de sus productos iba en gran parte determinada por el poder comunicativo de su mensaje.

En el libro de Salazar “En los orígenes de la ingeniería colombiana”, están bien documentados los métodos constructivos de Taironas, Koguis, Wiwas, Ikjas y Baris y se da cuenta de las implicaciones técnicas, religiosas y ecológicas de estos sistemas de construcción sea de viviendas, muros, puertos, pozos, alcantarillados, asentamientos urbanos, puentes o terrazas de cultivo. Las estatuas como las de la cultura de San Agustín magistralmente talladas en roca volcánica, dispersas en una amplia zona implican un componente ingenieril, desde la selección de la roca, su tallado y traslado, hasta su erección en el sitio indicado.

La cerámica precolombina se ha clasificado en cinco niveles tecnológicos, desde la ausencia total hasta la más avanzada en plástica y pintura, entre estas última se encuentran los productos de algunas culturas colombianas, por ejemplo la cerámica de Tierradentro, con una factura de altísima calidad, compite en belleza y variedad de usos con la de las más avanzadas culturas precolombinas. En la zona Quimbaya, la cerámica es muy variada en cuanto a técnicas de fabricación, estilos y formas, tanto en lo doméstico como en lo ceremonial. En la región Calima la cerámica alcanzó gran desarrollo y lo mismo se puede señalar de otras varias regiones del país. Las técnicas de la alfarería, desde la selección de la arcilla, el amasado, la construcción de los hornos, la cocción y la utilización de otras sustancias, constituyen conocimientos técnicos notables. Se ha escrito sobre la cerámica desde el punto de vista arqueológico y sus interpretaciones, pero no sucede lo mismo desde un enfoque tecnológico o ingenieril. Existe un valioso conocimiento en los procedimientos para ablandar el barro, limpiarlo de impurezas, tritarlo despacio, añadir cenizas como desengrasantes, y una vez bien homogénea la masa proceder al modelado, quemarlo al aire libre o en hornos subterráneos para quemar la loza y lacarlo.

Algo similar ocurre con las piezas precolombinas de oro, de plata, de cobre y de tumbaga. Eran fabricadas por diversos métodos, que van desde el martillado y el recocido con o sin relieves repujados, pasando por los vaciados a la cera perdida tanto de láminas delgadas como de piezas volumétricas, hasta métodos más complejos como el modelado en frío con oro precipitado y la soldadura por fusión, por lámina. Todos estos detalles muestran unas concepciones y tradiciones que permiten hablar propiamente de una ingeniería prehispánica constructiva bien determinada y desarrollada.

Otro estudio que permite observar la evolución de la ingeniería en nuestro territorio es el trabajo de Gabriel Poveda Ramos (1993) patrocinado por COLCIENCIAS. Él manifiesta, como una de las primeras manifestaciones de la ingeniería fruto de la influencia europea, el caso de las fortificaciones de Cartagena por encargo de Felipe II (1587) para hacer frente a los ataques de Inglaterra. Se confió la construcción al mariscal de campo don Juan de Tejada y al ingeniero militar italiano Bautista Antonelli. Durante el siglo XVII fue intenso el incremento de la producción aurífera lo que convirtió a Cartagena en blanco de piratas. Por tal razón se emprendió la construcción del castillo de San Felipe de Barajas en 1656, cuya supervisión final estuvo a cargo del ingeniero Luis Vengas Osorio. Las fortificaciones posteriores estuvieron a cargo de don José de Herrera. Estas obras dan cuenta de conocimientos en torno a matemáticas,

dibujo, Topografía, Cartografía, Hidráulica, Navegación, Materiales, Artillería, Balística, Máquinas Simples y Minas.

Hasta comienzos del siglo XIX la tecnología era rudimentaria y era manejada por personajes sin ningún grado de preparación formal. En 1801, por orden de Carlos III, el señor Bernardo Domínguez del Castillo creó la primera escuela de ciencias físicas y matemáticas. La expedición botánica de finales de s. XVIII y comienzos del s. XIX impulsó la difusión de las ciencias básicas de la ingeniería en manos de Mutis. Ya en 1814 Don Juan del Corral funda, en Río Negro (Antioquia), el colegio militar de ingenieros dirigido por Don Francisco José de Caldas, que entre otros propósitos tenía el de fabricar los cañones para el ejército libertador, empresa que terminaría con el proceso de pacificación.

Francisco de Paúla Santander, como buen organizador y administrador estableció y modernizó el sistema educativo a partir de un sistema judicial republicano promoviendo el respeto por el gobierno y las normas. Una de sus obras fue la formación de una élite técnica a través de la creación de colegios y la fundación de Universidades de Cartagena, del Cauca (1827) y Central en Bogotá y otorgó comisiones de estudio a varios colombianos para su formación en Europa.

Don Lino de Pombo fue el primer colombiano que tuvo una educación formal como ingeniero. Nació en Cartagena en 1797, fue discípulo de Caldas, estudió en la Escuela de Ingenieros militares de Zaragoza, donde se graduó como oficial de ingenieros y perfeccionó sus estudios en la escuela de puentes y caminos de París donde obtuvo diploma en 1830. Los primeros ingenieros colombianos fueron alumnos del colegio militar en 1848.

En mayo de 1850 el Congreso, suprimió los títulos profesionalizantes, incluyendo el de ingeniero, y autorizó el libre ejercicio de todas las profesiones en el país. Debido al golpe de estado dado por Melo se cerró el Colegio Militar en 1854 y dejó al país sin la preparación de ingenieros. En 1861 el general Mosquera regresó al poder y lo reabrió como Colegio Militar y Escuela Politécnica bajo la dirección de Lorenzo María Lleras.

Diana Obregón (1992) señala como los liberales radicales por medio de la Ley 22 de 1867 crearon la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia conformada por seis escuelas: Jurisprudencia, Literatura y Filosofía, Ingeniería (en el Colegio Militar), Medicina, Ciencias Naturales y Artes y oficios.

En 1866, Mosquera expide la Ley 70 sobre deslinde y formación del catastro de tierras baldías de la nación, lo que condujo a la creación del cuerpo nacional de ingenieros.

Hacia 1873 la facultad de ingeniería contaba con 65 estudiantes de 184 que tenía la Universidad. El "currículum" comprendía las materias de: aritmética, álgebra, geometría, topografía, química industrial, física, astronomía, mecánica, hidráulica, botánica, geología, mineralogía, máquinas, ferrocarriles y electricidad.

La Sociedad Colombiana de Ingenieros se fundó en 1873 por iniciativa de los egresados y de algunos profesores. Tomó auge a partir de 1887 en busca de su reconocimiento como gremio la lucha y por la asignación de contratos ante la competencia de aquellos que ejercían sin la calificación necesaria y contra los

ingenieros extranjeros. Hablar de ingeniería en esta época se refería a la ingeniería civil dada la escasez de industrias en el país, esta duraría hasta mediados del siglo XX.

El pujante crecimiento de la de la minería aurífera antioqueña llevó a que en 1879 el estado ordenara la creación de la Escuela de Minería en la Universidad de Antioquia e inició labores en 1884 y se convirtió en el centro de la actividad tecnológica en la región. La escuela sería clausurada en 1895 por el gobierno oscurantista de Miguel Antonio Caro y su posterior reapertura fue durante la administración de José Manuel Marroquín en 1903.

La Ingeniería Civil apareció con la Comisión Corográfica y luego se consolidó con el proceso de construcción de ferrocarriles en el último tercio del siglo XIX. Tras la construcción obras públicas vendría los procesos de electrificación de las ciudades, las radiocomunicaciones y el desarrollo del petróleo.

A finales del siglo XIX la Universidad Nacional ya estaba preparando profesores de ingeniería. Así en 1891 se graduó Julio Garavito Armero como ingeniero civil y como profesor de ciencias y matemáticas. Su trabajo fue de tan alto nivel que indudablemente elevó el nivel académico de la facultad. Personaje al que hoy se hace memoria en los billetes de veinte mil pesos. Los textos eran fundamentalmente franceses y americanos y tan solo se usaban los textos nacionales de matemáticas escritos por Lino de Pombo.

Durante la guerra de los mil días se disminuyó la actividad de los ingenieros por la suspensión de las obras. Varios de ellos tomaron las armas en este periodo como Pedro Nel Ospina. Se perdieron más de cien mil vidas y el departamento de Panamá. El primer tercio del siglo XX estuvo bajo la dirección de los conservadores. Desde 1918 empezaron los movimientos de obreros por las bajas condiciones laborales, especialmente contra la Tropical Oil Company y la United Fruit Company, ambas norteamericanas. La represión conservadora, el deterioro de las condiciones de trabajo y el excesivo poder de la iglesia condujeron a la caída del régimen.

La administración de Alfonso López Pumarejo tuvo como lema “La revolución en marcha”. Garantizó la libertad de culto y de enseñanza. Ello influyó para que a la Universidad Nacional de Colombia le fuera concedida autonomía universitaria en 1935. Para entonces funcionaban adicionalmente las facultades de ingeniería civil de la Universidad del Cauca (inaugurada en 1906), la de la Universidad de Cartagena y La Javeriana en Bogotá. El país entró en un vigoroso crecimiento industrial, especialmente en Medellín y Bogotá con nuevos renglones como la industria fabril, la refrigeración industrial y la producción de acero y se generalizó el uso del motor eléctrico. Ello dio lugar a que ya en 1943 existieran otras ramas de la ingeniería como la química (Universidad Católica Bolivariana de Medellín), la mecánica y la eléctrica. Por ejemplo, la Universidad Industrial de Santander, fue fundada por decreto en 1940 y comenzó a impartir clases de Ingeniería Química, Mecánica y Eléctrica en la sede del Instituto Dámaso Zapata en 1948. En 1949 se creó la Universidad de Los Andes con los programas de ingeniería civil, química, mecánica y eléctrica y en el mismo año la Universidad del Valle abrió el programa de ingeniería electromecánica. De manera que para 1950 ya funcionaban más de veinte facultades de ingeniería en el país con lo que los planes de estudio se incrementaron y diversificaron.

Durante el gobierno de Rojas Pinilla ingresó al país la televisión. Ello implicó que los sistemas de radiocomunicaciones se expandieran y modernizaran junto con la necesidad de programas de formación en ingeniería electrónica. De esta manera surgieron el de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” en 1957 y en 1961 el de la Universidad del Cauca con el apoyo de Telecom. Simultáneamente se dio un vertiginoso crecimiento en la generación de electricidad.

Pueden sugerirse tres elementos importantes en los proceso de formación de ingenieros de mitad de siglo XX:

- La exigencia académica en estudios de ciencia básicas, al punto de convertirse en un sistema de selección intelectual severo y hace que la historia de estas estén muy vinculadas al desarrollo de la ingeniería.
- La preparación polivalente para desempeñarse en distintos campos.
- La asimilación rápida de las ciencias económicas, que a pesar de su escasa preparación formal, entraban rápidamente en contacto por la naturaleza de su trabajo.

El 19 de Septiembre de 1975 se funda la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería con el propósito de propender por el mejoramiento de la calidad de las actividades de docencia, extensión e investigación en Ingeniería que desarrollan las Facultades o Programas de Ingeniería de Colombia, trazándose los siguientes objetivos:

- Participar en los organismos de asesoría, concertación, gestión y control de entidades públicas y privadas.
- Asesorar al Gobierno Nacional en materia de educación en Ingeniería.
- Difundir el quehacer académico, investigativo y de servicios de las Facultades de Ingeniería como estrategia de apoyo al mejoramiento de la calidad de la educación en esta disciplina.
- Promover la formación ética dentro de los programas de Ingeniería.
- Facilitar la comunicación entre los miembros activos y servir como interlocutor ante las directivas gremiales, empresariales y estatales.

Desde 1980, cada año ACOFI participa activamente en Reuniones nacionales de facultades de Ingeniería presentando ponencias y resultados de los encuentros.

La desmesurada proliferación de programas en Colombia, fundamentalmente se presenta a partir de 1992. Con la Constitución Política del año 91 (artículos 68 y 69) abrió la posibilidad para que los particulares pudieran fundar establecimientos educativos y garantizó la autonomía universitaria. En el mismo sentido la Ley 30 de 1992, en el artículo 28 haciendo referencia a la autonomía universitaria, le dio el derecho a las instituciones de crear, organizar y desarrollar programas académicos y con los artículos 96 y 97 les otorgó a los particulares el derecho de crear instituciones de Educación Superior. De contar con solo dos facultades de ingeniería civil y una

centena de ingenieros al iniciar el siglo XX se pasó a más de 104 programas diferentes y más de 30.000 ingenieros al final del siglo.

La Ley 30 también creó el Sistema Nacional de Acreditación para instituciones de educación superior, lo que dio lugar a que en se promulgara el decreto 792 de 2001 por el cual se establecieron los estándares de calidad en programas académicos de pregrado en ingeniería. Si bien los procesos de acreditación obligaron a los programas a responder a criterios establecidos, ignorando ciertas particularidades, igualmente se convirtió en una oportunidad para reflexionar sobre los procesos de formación de ingenieros.

Indudablemente el desempeño de los ingenieros colombianos ha sido exitoso frente a las difíciles condiciones de nuestro medio (una de ellas la topografía entre tantas otras) pero aún hay una gran distancia en la invención de máquinas y/o estructuras relevantes ante la problemática del país. Esto significa que nuestros estudiantes de ingeniería reciben los artículos como de fabricación extranjera desde el sistema métrico (1847) hasta el computador personal (1981).

Sin embargo, el desarrollo de la ingeniería en nuestro país no aparece como el resultado de un proceso endógeno de producción tecnológica, sino como un requisito para incorporar inventos importados en el lento proceso de integración a la economía mundial.

Nuestros ingenieros no pueden seguir siendo solamente aprendices inteligentes y aplicadores exitosos de tecnología extranjera. Hay necesidad de introducir transformaciones curriculares para motivarlos a la innovación en materiales y procesos técnicos más eficientes que den respuesta a las necesidades específicas de nuestro país y efectivamente se conviertan en mejor calidad de vida. Por tanto nos encontramos que el desarrollo de la ingeniería es también un proceso social y cultural. Se trata de entender como la vida política, económica y social interactúan con la ingeniería en los procesos de producción.

Algo curioso en los planes de estudio es que en buena parte ellos, aparece ausente la historia de su profesión, ya sea por el espíritu pragmático que se imprime en la formación, por los esquemas de formación que se adoptan del extranjero y/o por el afán de atender la creciente demanda. Solo unos cuantos se han preocupado por la historia, como es el caso del Doctor Alfredo Bateman.

Se hace entonces necesario aprender a identificar nuestros problemas, y en ello juega un papel muy importante la historia, reconocer los éxitos, vicisitudes y fracasos, como las decisiones políticas han influido en el devenir de la ingeniería y recíprocamente, como la ingeniería incide en las condiciones socioeconómicas del país. Una muestra de ello se refleja en la preocupación que planteó ACOFI durante la XXIII reunión nacional de facultades de ingeniería en la ciudad de Cartagena en el 2003, cuyo debate académico tuvo como eje “La dimensión social en las facultades de Ingeniería” desde tres campos: las estrategias curriculares y responsabilidad social; el impacto social de la investigación; y la perspectiva social en las relaciones con el sector externo.

## LOS DESASTRES DE LA TECNOCENCIA EN EL MUNDO

Ciencia y tecnología constituyen los pilares de la ingeniería. Sin embargo, la percepción pública de la ciencia y la tecnología resulta ambivalente. La proliferación de mensajes contrapuestos de tipo optimista y catastrofista, en torno al papel de estos saberes en las sociedades actuales, ha llevado a que muchas personas no tengan muy claro qué es la ciencia y cuál es su papel en la sociedad. Para completar el cuadro se agrega el estilo de la acción política pública sobre la ciencia incapaz de considerarla como fuente de inversión para el beneficio social a través de cauces participativos que contribuyan al debate abierto sobre sus asuntos, y en general a favorecer una apropiación de calidad por parte de las comunidades.

La concepción clásica de las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad, es una concepción triunfalista, según la cual unas personas “especiales” producen ciencia, cuyas aplicaciones tecnológicas traen consigo desarrollo y automáticamente sobreviene el bienestar social. Pero el mundo ha sido testigo de una sucesión de desastres relacionados con la ciencia y la tecnología, incrementados desde la segunda Guerra Mundial: Vertidos de residuos contaminantes, accidentes nucleares, envenenamientos farmacéuticos, derramamientos de petróleo, etc. Todo esto confirma la necesidad de revisar la política científico-tecnológica y su relación con la sociedad, y desde luego, da lugar a la reflexión los procesos de formación del talento humano.

Las décadas del 60 y 70 señalan el momento de revisión y corrección del modelo lineal como base para el diseño de la política científico-tecnológica. La nueva política es más intervencionista, donde los poderes públicos desarrollan y aplican una serie de instrumentos técnicos, administrativos y legislativos para encauzar el desarrollo científico-tecnológico y supervisar sus efectos sobre la naturaleza y la sociedad. El estímulo de la participación pública será desde entonces una constante en las iniciativas institucionales relacionadas con la regulación de la ciencia y la tecnología.

Algunos acontecimientos recientes para reflexionar son:

- La guerra en Irak
- El ataque a las torres gemelas de Nueva York el 11 de Septiembre de 2001
- La amenaza de las guerras biológicas
- La desintegración del trasbordador Columbia al ingresar en la atmósfera terrestre en enero de 2003
- El ataque a la estación de trenes en Madrid.
- Nuestro conflicto narco-guerrilla, paramilitarismo y atentados con explosivos.

La anterior reacción refleja el denominado “Síndrome de Frankenstein”, el cual hace referencia al temor de que las mismas fuerzas utilizadas para controlar la naturaleza se vuelvan contra nosotros destruyendo al ser humano. Los orígenes mismos de la cultura escrita atestiguan ese temor. El mito de Prometeo, en la Grecia Clásica, constituye un ejemplo: Prometeo roba el fuego a los dioses pero no es lo suficientemente divino para

hacer buen uso de él. Hoy día, novelas y películas como Parque Jurásico contribuyen a mantener vivo ese temor a las fuerzas desencadenadas por el poder del conocimiento.

Esto significa que es evidente la comprensión de lo sostenible, que va más allá de lo puramente económico, social o ecológico. Es un principio ético que interrelaciona, integra y sustenta todas estas dimensiones en conjunto. Es un proceso, de tal manera que no es obtenido de una vez y para siempre sino que constantemente preserva la posibilidad del mejoramiento continuo. Una reglas de gestión ambiental responsable, con los principios constitucionales colombianos que incluyen sostenibilidad, equidad, participación ciudadana, descentralización, pluralidad cultural y competitividad.

## **IMÁGENES DE LA TECNOLOGÍA**

En la actualidad nuestra vida diaria, nuestras actividades, dependen en gran medida de los productos tecnológicos. El transporte, los medios de comunicación, los equipos de producción, la salud, el vestuario, los nuevos materiales, el valor agregado en los alimentos son algunos de estos ejemplos que le permiten al ser humano adaptarse a diferentes condiciones, facilitan las tareas, permiten actuar con rapidez y desempeñar múltiples funciones. Vivimos rodeados de productos tecnológicos pero poco conocemos de su funcionamiento, sus limitaciones, riesgos, la forma como se producen y hasta que punto inciden positiva o negativamente en nuestra vida, en la vida de otras especies y de las generaciones futuras.

Análogamente, sólo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía, si se olvida de la sociedad para atender únicamente a un criterio interno de eficacia técnica. Ciencia y tecnología son presentadas así como formas autónomas de la cultura, como actividades valorativamente neutrales, como una alianza heroica de conquista cognitiva y material de la naturaleza.

Por ejemplo, existen muchos conductores de automóviles, pero no todos son concientes del plan de mantenimiento del vehículo, de cumplir las reglas de conducción por convicción y de hacerlo de manera que el consumo de combustible sea mínimo. Los productos aparecen espontáneamente en el televisor, en las vitrinas o en las revistas para el ciudadano corriente de manera que pareciera que su única tarea sea la de consumir, reduciendo de manera paradójica las posibilidades para el desarrollo de la creatividad, solo posible para unos pocos.

Un ciudadano del mundo moderno requiere de la alfabetización tecnológica para que pueda participar en los procesos de toma de decisiones que amerita la sociedad. “La alfabetización implica una reflexión explícita sobre los valores tecnológicos, la forma como se generan y circulan en los diferentes contextos de la sociedad, así como en las distintas prácticas y saberes.

Algunos perciben la tecnología como conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial o también como el conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto. Creo que la tecnología es más que un conjunto.

Desde la etimología, la palabra tecnología viene del griego techné = arte más el logos = tratado. La primera parte se refiere a la técnica, a la producción de las cosas, el hacer, que para los latinos se convirtió en “ars” (arte), un hacer que se basa en lo descriptivo y explicativo desde la relación causa - efecto.

La segunda parte hace referencia a la configuración de un discurso, ello implica la presencia de una estructura con base en unos principios la articulación coherente de los mismos que se evidencian en la producción. Es este uno de los casos en que el todo es más que las partes, puesto que la presencia de un discurso coherente implica considerar dos aspectos: uno la posibilidad de su enseñabilidad, es decir, que es un saber en el que se pueden organizar los contenidos y ser dispuestos con ayuda de la didáctica para el aprendizaje sin necesidad de la imitación (proceso que se dio en técnica al ser heredada por ejercicio y contacto directo de padres a hijos o de instructor a aprendiz en el taller). El otro, la educabilidad del ser humano, es decir, pensar que puede, a través del proceso de aprendizaje, desarrollar competencias que permitan profundizar y avanzar en el conocimiento tecnológico.

Todos los aparatos de los que hoy nos servimos constituyen productos de la tecnología pero no son la tecnología en si misma. Detrás de ellos existe una problemática a la que se pretende dar respuesta a partir de principios, fundamentos, diseños, procedimientos, experiencias, análisis, ajustes y valoraciones. Todo un equipo de trabajo dentro de un sistema a fin de materializar una idea, una propuesta. Constituye el “saber hacer”.

Si bien dentro del proceso tecnológico en ocasiones se da espacio al ensayo y al error como método de producción, no significa que esta sea la generalidad, ya que es una posibilidad que en buena parte de los casos puede resultar tediosa y costosa. (Basta contar el número de ensayos de Edison para obtener la bombilla eléctrica).

Es aquí en donde el método del diseño que se emplea en ingeniería cobra importancia a fin de acceder más rápidamente a los requerimientos. Por tanto no puede considerarse la Tecnología como solo ciencia aplicada, si así lo fuera podría funcionar con el método científico y la práctica revela que así no se cumple. Se requiere de conocimiento tecnológico, de concepciones de diseño, de análisis de factibilidad en los que en buena medida se emplean los conocimientos de la ciencia como herramienta para configurar el conocimiento tecnológico, así como la ciencia utiliza resultados de la tecnología para avanzar en el conocimiento científico.

Resulta absurdo establecer ¿qué es primero: la ciencia o la tecnología?. Los desarrollos históricos muestran que en unas situaciones primero ocurre el desarrollo científico y posteriormente aparecen las aplicaciones en la tecnología, como sucedió con el álgebra de Boole que posteriormente se aplico en los ordenadores. Pero también se presentan casos en que se desarrollan primero las aplicaciones tecnológicas y tiempo después se llega al principio científico, tal es el caso de termodinámica en donde primero surgió el termómetro y mucho tiempo después se estableció el concepto de temperatura.

## DE LA FILOSOFÍA EN LA INGENIERÍA

Según Mitcham, la filosofía es importante en los desarrollos tecnológicos por lo menos con tres razones: primero, la filosofía es necesaria para que los ingenieros y los tecnólogos puedan entender y puedan defenderse contra las críticas filosóficas; segundo, la filosofía, sobre todo la ética profesional, es necesaria para ayudar a los ingenieros en las decisiones del ejercicio profesional; tercero, debido al inherente carácter filosófico de la ingeniería, la filosofía realmente puede funcionar como un medio de mayor comprensión de la ingeniería. Cuando ingenieros y estudiantes de ingeniería - para no mencionar aquellos que hacen uso de los servicios de la ingeniería - desprecian el análisis filosófico y la reflexión marginal a la práctica ingenieril, están equivocados en por lo menos dos cosas: lo histórico y lo profesional.

Engelmeier apuesta por un trabajo interdisciplinar, en el que técnicos, ingenieros y filósofos trabajen en estrecha colaboración con el objetivo de clarificar el concepto de tecnología, de forma que se pueda evitar que lo que escriban los pensadores carezca de rigor técnico, y que lo que escriban los ingenieros no tenga el suficiente rigor analítico.

La esencia de la tecnología no se encuentra ni en la manufactura industrial (que simplemente da lugar a la producción en masa de artefactos) ni en los productos (que sólo son consumidos por los usuarios), sino en el acto de creación o producción tecnológica. En este sentido, Dessauer identifica la inspiración creativa del técnico y la del artista con el objetivo de relacionar la ingeniería con las humanidades.

Mumford piensa que las máquinas imponen una serie de limitaciones a los hombres fruto de los accidentes que han acompañado su evolución, que surgen del rechazo de lo orgánico y de lo vivo. Por tanto, si la máquina es una proyección de los órganos humanos, como defienden algunos filósofos en la tradición ingenieril, lo es sólo entendida como limitación. La verdad es que hoy día, en la sociedad de conocimiento, no se considera la máquina como extensión de las manos sino como extensión del cerebro acuñando el término de tecnofactos, realzando el poder creador señalado por Dessauer.

De acuerdo con Ortega, la técnica está necesariamente involucrada en lo que es el ser humano. Ortega basa su filosofía de la tecnología en la idea de que la vida humana esta íntimamente relacionada con las circunstancias. Ahora bien, no se trata de una relación pasiva, sino de una respuesta activa: el hombre crea esas mismas circunstancias. La naturaleza humana, a diferencia de una roca, un animal o un árbol no es algo dado de antemano, sino algo que el hombre ha de crear por sí mismo.

En este proceso de creatividad hay dos etapas. La primera etapa es la imaginación creativa de un proyecto del mundo que el ser humano desea conseguir, y la segunda etapa es la realización material de este proyecto. Ahora bien, una vez que la persona ha imaginado y desarrollado creativamente cuál es su proyecto, hay ciertos requisitos técnicos necesarios para su realización.

El error del divorcio fue advertido por la sociedad de ingenieros alemanes después de la segunda guerra mundial y desde entonces se gestó un movimiento que dio origen a la evaluación del impacto de los proyectos en lo Científico, lo Tecnológico y lo Socio –

Ambiental. Aparece entonces la evaluación constructiva de la tecnología. Su carácter es participativo; centrada en el proceso de generación o "construcción" de las tecnologías; es un modelo anticipativo; con orientación interdisciplinar y comprehensiva. Se trata, en general, de reflejar en el proceso evaluativo la diversidad de valores e intereses presentes en la percepción de un problema técnico y el diseño de líneas de acción.

En los modelos multidireccionales se trata de explicar por qué unas variantes sobreviven y otras perecen. Para realizar esto se valora cuáles son los problemas que cada variante soluciona y, posteriormente, se determina para qué grupos sociales se plantean esos problemas. El proceso de selección de variantes aparece así como un proceso claramente social, superando la concepción lineal del progreso científico – tecnológico. Es decir, este enfoque investiga cómo se construyen los artefactos tecnológicos por medio de procesos sociales. El ejemplo de la evolución de la bicicleta resulta muy ilustrativo para mostrar que un producto de la tecnología no se "inventa" sino que se desarrolla a través de un proceso social. La gama de bicicletas que hoy día se encuentra en el mercado se debe a que grupos de usuarios influyen sobre el posterior desarrollo de los prototipos par que aparezcan nuevas versiones. Cada artefacto plantea ciertos problemas a sus usuarios, y la solución a esos problemas crea un nuevo artefacto más adaptado a sus necesidades. Así aparecen innovaciones parciales y totales.

## **PARA EL SIGLO XXI: LA ALTERNATIVA DESDE EL ENFOQUE CTS**

La expresión "ciencia, tecnología y sociedad" (CTS) suele definir un ámbito de trabajo académico, cuyo objeto de estudio está constituido por los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que concierne a los factores sociales que influyen sobre el cambio científico-tecnológico, como en lo que atañe a las consecuencias sociales y ambientales.

La expresión política de esa visión tradicional de la ciencia y la tecnología, donde se reclama la autonomía de la ciencia-tecnología con respecto a la interferencia social o política, es algo que tiene lugar inmediatamente después de la II Guerra Mundial.

La ciencia aplicada y la tecnología actual está en general demasiado vinculada al beneficio inmediato, al servicio de los ricos o de los gobiernos poderosos, por decirlo de un modo claro. Sólo una pequeña porción de la humanidad puede permitirse sus servicios e innovaciones.

Sin olvidar, para completar este oscuro panorama, campos científico-tecnológicos tan problemáticos como la energía nuclear o la biotecnología, denunciados no sólo por su aplicación militar sino también por su peligrosidad social y ambiental. Prometen, no sólo no resolver los grandes problemas sociales, sino también crear más y nuevos problemas.

El problema de base, como señala Freeman Dyson (1997), es que las comisiones donde se toman las decisiones de política científica o tecnológica sólo están constituidas por científicos u hombres de negocios. Unos apoyan los campos de moda, cada vez más alejados de lo que podemos ver, tocar o comer; y otros, como era de

esperar, la rentabilidad económica. Al tiempo, se movilizan los recursos de la divulgación tradicional de la ciencia, en periódicos, museos y escuelas, para difundir una imagen esencialista y benemérita de la ciencia, una ciencia que sólo funcionará óptimamente si se mantiene su financiación y autonomía frente a la sociedad.

En un mundo de competencia internacional y libre mercado, donde la innovación científico-técnica tiene un valor económico decisivo, el escaparate de la ciencia puede revalorizar acciones de compañías multinacionales o incluso estimular sectores productivos completos. Cuando suceden estas cosas, el público inteligente comienza a suspender el juicio y puede llegar a contemplar a la ciencia con suspicacia.

La cuestión, por tanto, no consiste en entrar en los laboratorios y decir a los científicos qué tienen que hacer, sino en asumirlos tal como son, como seres humanos con razones e intereses, para abrir entonces a la sociedad los despachos contiguos donde se discuten y deciden los problemas y prioridades de investigación, donde se establece la localización de recursos.

El punto de arranque de lo que se ha llamado la "tradición europea" en los estudios CTS se sitúa en la Universidad de Edimburgo (Gran Bretaña) en los años 70. Es aquí donde autores como Barry Barnes, David Bloor o Steve Shapin constituyen un grupo de investigación (la "Escuela de Edimburgo") para elaborar una sociología del conocimiento científico. Se trataba de no contemplar la ciencia como un tipo privilegiado de conocimiento fuera del alcance del análisis empírico. Por el contrario, la ciencia es presentada como un proceso social, y una gran variedad de factores no epistémicos (políticos, económicos, ideológicos, etc. -el "contexto social") que participan en la explicación del origen, cambio y legitimación de las teorías científicas.

Los esfuerzos de los sociólogos del conocimiento científico se encaminaron entonces (desde la segunda mitad de los años 70) a poner en práctica el Programa Fuerte, aplicándolo a la reconstrucción sociológica de numerosos episodios de la historia de la ciencia: el desarrollo de la estadística, la inteligencia artificial, la controversia Hobbes-Boyle, la investigación de los quarks, el registro de las ondas gravitacionales, el origen de la mecánica cuántica, etc.

El programa teórico en sociología del conocimiento científico enunciado por Bloor, fue posteriormente desarrollado por un programa más concreto que postula Harry Collins en la Universidad de Bath, a principios de los años 80: el EPOR (Empirical Programme of Relativism -Programa Empírico del Relativismo), centrado en el estudio empírico de controversias científicas. La controversia en ciencia refleja la flexibilidad interpretativa de la realidad y los problemas abordados por el conocimiento científico, revelando la importancia de los procesos de interacción social en la percepción y comprensión de esa realidad o la solución de esos problemas. El EPOR tiene lugar en tres etapas:

- En la primera se muestra la flexibilidad interpretativa de los resultados experimentales, es decir, cómo los descubrimientos científicos son susceptibles de más de una interpretación.
- En la segunda etapa, se desvelan los mecanismos sociales, retóricos, institucionales, etc. que limitan la flexibilidad interpretativa y favorecen el cierre de las

controversias científicas al promover el consenso acerca de lo que es "la verdad" en cada caso particular.

- Por último, en la tercera, tales "mecanismos de cierre" de las controversias científicas se relacionan con el medio sociocultural y político más amplio.

Los estudios CTS definen hoy un campo de trabajo reciente y heterogéneo, aunque bien consolidado, de carácter crítico respecto a la tradicional imagen esencialista de la ciencia y la tecnología, y de carácter interdisciplinar por concurrir en él disciplinas como la filosofía y la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio técnico. Los estudios CTS buscan comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales como de sus consecuencias sociales y ambientales, es decir, tanto por lo que atañe a los factores de naturaleza social, política o económica que modulan el cambio científico-tecnológico, como por lo que concierne a las repercusiones éticas, ambientales o culturales de ese cambio.

El aspecto más innovador de este nuevo enfoque se encuentra en la caracterización social de los factores responsables del cambio científico. Se propone en general entender la ciencia-tecnología, no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo (resultante de la aplicación de un método cognitivo y un código de conducta), sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no epistémicos o técnicos (por ejemplo valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de las ideas científicas y los artefactos tecnológicos.

Los estudios y programas CTS se han desarrollado desde sus inicios en tres grandes direcciones:

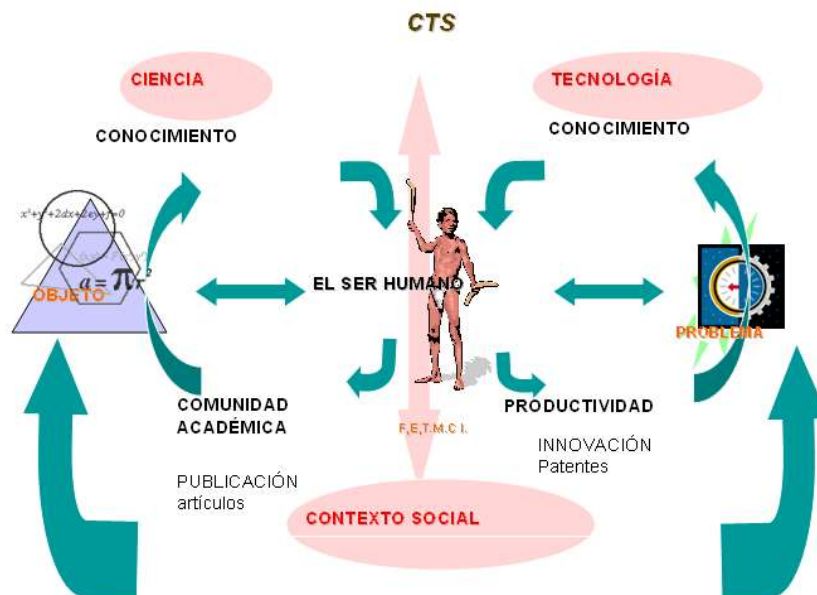
- En el de la investigación, promoviendo una visión socialmente contextualizada de la ciencia y la tecnología.
- En el de las políticas de ciencia y tecnología, defendiendo la participación pública en la toma de decisiones en cuestiones de política y de gestión científico-tecnológica.
- En el educativo, tanto en la educación secundaria como universitaria, contribuyendo con una nueva y más amplia percepción de la ciencia y la tecnología con el propósito de formar una ciudadanía alfabetizada científica y tecnológicamente.

Desde sus inicios, los estudios CTS han buscado promover y desarrollar formas de análisis e interpretación sobre la ciencia y la tecnología de carácter interdisciplinario, en donde se destacan la historia, la filosofía y sociología de la ciencia y la tecnología, así como la economía del cambio técnico y las teorías de la educación y del pensamiento político.

La orientación de los estudios CTS puede mostrarse mediante el llamado "silogismo CTS":

- El desarrollo científico-tecnológico es un proceso social conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos.
- El cambio científico-tecnológico es un factor determinante principal que contribuye a modelar nuestras formas de vida y ordenamiento institucional. Constituye un asunto público de primera magnitud.
- Compartimos un compromiso democrático básico.
- Por tanto, deberíamos promover la evaluación y control social del desarrollo científico-tecnológico, lo cual significa construir las bases educativas para una participación social formada, así como crear los mecanismos institucionales para hacer posible tal participación

Para comprender la trama de las interacciones se puede acudir a una representación como la que aparece en la siguiente figura. El punto de partida es el ser humano, entendido como ser social y asumiendo su compleja corporeidad, en términos de Trigo (2003) “es cuerpo físico, cuerpo emocional, cuerpo mental, cuerpo trascendente, cuerpo cultural, cuerpo mágico y cuerpo inconsciente”. La cognición, inherente al él, en términos de Capra (2002) es el proceso mismo de la vida, que le permite crear formas de organización como la actividad metal e interactuar con un organismo vivo -planta, animal o humano- con su entorno, con cualquier otro objeto motivo de interés y motivo de interacciones cognitivas. Dicho objeto también es un objeto social, se construye en la interacción social y su percepción se encuentra mediada por la cultura. El mundo se construye desde la percepción del ser humano; el mundo no está dado, no está ahí afuera de nosotros. Vida y cognición están indisolublemente unidas, la cognición implica el proceso vital completo que incluye percepción, emoción y comportamiento.



Fruto de esta interacción que puede ser sistematizada por un método, el ser humano elabora cadenas cognitivas, construye modelos interpretativos en busca de la comprensión de la situación y entra en diálogo con la comunidad académica para establecer acuerdos y desacuerdos. Son estos debates los que definen la construcción del conocimiento científico. Este conocimiento elaborado se convierte en información que nutre la mentalidad para profundizar en la interacción o abordar una nueva. Así la Ciencia es un proceso dinámico, cíclico y renovado motivado por los interrogantes y el diálogo. Por ello se asiste a congresos y demás eventos donde se exponen y confrontan los resultados. Aparecen entonces como termómetro las publicaciones para jerarquizar el trabajo. Es el guiño de la comunidad académica lo que permite que la propuesta acceda a la categoría de conocimiento científico y se convierta en patrimonio de la humanidad para que nuevamente se utilice en la formulación de nuevos interrogantes.

De manera similar se pretende explicar la Tecnología estableciendo como elementos claves: Ser humano, preocupado por la satisfacción de necesidades, los problemas reales propios de un determinado contexto, que le exigen un análisis detallado de las circunstancias para establecer a través del diseño la solución lo factible, el modelo, el prototipo, la técnica o el servicio. Las pruebas suministran la información para hacer los ajustes pertinentes. En este proceso es la eficacia y la eficiencia en la productividad puesta en el mercado la que lo valida y le permite acceder a la categoría de conocimiento tecnológico para el uso de la humanidad. Aquí innovar y patentar constituyen el termómetro de la actividad tecnológica.

El cruce de estos dos ciclos viene a determinar la tecnociencia, en la que el problema y el objeto se convierten en uno sola preocupación y demanda de la eficiencia en la actual inversión en ciencia y tecnología. Más si se aplica el silogismo CTS, aparecerá el complejo tejido social como base para la toma de decisiones.

Por ejemplo, desde el campo de óptica, el físico puede inquietarse por el tratamiento digital de imágenes. Al ingeniero físico le corresponde ir más allá observando desde el punto de vista tecnológico, debe considerar las necesidades del contexto que le permitirían acceder a un desarrollo. De esta manera el ingeniero puede construir la propuesta en la que utilice el procesamiento digital de imágenes para el control de maduración de frutas y con ello desarrollar la técnica y los prototipos del caso con una empresa previamente identificada que esta interesada en colocar jugos de frutas tropicales en el mercado internacional (ello implica responder a las exigencias de normatividad y control de calidad). Simultáneamente se evalúa la trascendencia sobre la comunidad dentro del marco del proyecto productivo integral (PPI) observando los beneficios dentro de la cadena productiva tanto para los cultivadores que van a encontrar el mercado para sus productos como para los industriales que pueden colocar un producto de calidad en el mercado al tiempo que se generan fuentes de empleo.

El Desarrollo Sostenible incorpora la dimensión ambiental al desarrollo económico; para ello, internaliza los costos ambientales y sociales de las actividades humanas. El deterioro Ambiental creciente no solo afecta la calidad de vida en el ámbito de las localidades sino que tiene repercusiones transfronterizas que están amenazando la especie humana a escala global. La óptica empresarial moderna y de producción actual, incorporan el medio ambiente como una oportunidad de mejorar la

competitividad y la calidad de vida mediante el replanteamiento de la administración de recursos, procesos, productos y gestión administrativa.

La responsabilidad ambiental compartida entre Estado, empresas y consumidores, tiene un profundo soporte en el sistema educativo, en especial en las universidades, las cuales forman los gestores, administradores y productores Industriales y agropecuarios de nuestra sociedad. Es necesario cambiar la visión inmediatista de resolución de problemas, por una de largo plazo comprometida con el futuro de las generaciones venideras. Esta nueva perspectiva del desarrollo se caracteriza por centrarse en la gestión de los recursos y del riesgo, con aprovechamiento de las ventajas comparativas y competitivas, generadas al articular variables económicas, sociales, tecnológicas y ambientales, en la búsqueda del bienestar con sostenibilidad productiva, sobre la base de valores éticos y morales.

Cabe señalar que esto será posible para la educación de los países latinoamericanos, en la medida en que la transversalidad en el currículo se convierta en una tendencia educativa que permita confluir temáticas de la educación ambiental, de la educación en tecnología, de la educación cívica y de la cultura democrática, entre otras.

Los enfoques en educación desde la perspectiva CTS exploran una comprensión de la ciencia y la tecnología, sin desligarla de sus fines y utilidades sociales. Esto tiene profundas implicaciones por cuanto lleva a analizar no sólo el carácter social de la ciencia y la tecnología sino también a la sociedad en su conjunto, ya que se posibilita el espacio de reflexión sobre aspectos como los modelos de desarrollo, la inequidad y el acceso a los bienes y servicios de la ciencia y la tecnología, y sobre todo al sentido de responsabilidad necesario para continuar viviendo en mejores condiciones.

Los enfoques CTS no precisan hacer del currículo un asunto difícil y complejo para ser implementado. Se insertan bajo modalidades tan accesibles como pueden ser pequeños debates, por ejemplo, sobre la contaminación industrial del agua, o un análisis en clase sobre los efectos y las responsabilidades respecto al manejo de las basuras y rellenos sanitarios de una ciudad, etc. Tales preocupaciones pueden conectar a una clase siempre que quiera y se proponga estudiar un poco las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Otras modalidades más complejas de educación CTS corresponden a enseñar ciencia o tecnología desde un problema directamente asociado a los desequilibrios del desarrollo científico-tecnológico. En ese caso, el trabajo en equipo puede ser una alternativa para abonar la discusión sobre el tipo de problema, así como para el análisis del sistema tecnológico que puede involucrar. En grupo se enfrentan mejor las incertidumbres en la educación.

No obstante, esos nuevos enfoques necesitan generar pensamiento y construir esa nueva racionalidad, lo cual requiere de un equipo docente para la investigación, la educación y la formación en el desarrollo sostenible del nuevo empresario y productor, caracterizado por una actitud social responsable y comprometida con el medio ambiente. Esta nueva dimensión del desarrollo debe ser asumida en los planes de estudio como tema transversal en las diferentes disciplinas profesionales y ser implementada dentro de la actividad académica de una manera dinámica de acuerdo con los esquemas actuales del conocimiento. El análisis de las diferentes herramientas

que posee cada disciplina del conocimiento y cada profesional del Desarrollo Sostenible. Gestionar el Desarrollo Sostenible es visto como una oportunidad de progreso profesional y empresarial, donde la producción de bienes y servicios es económicamente rentable, tecnológicamente factible, ambientalmente favorable y socialmente conveniente.

## **A MANERA DE TAREA**

Los programas universitarios presentan para su aprobación unas estructuras curriculares organizadas en base a objetivos educativos contextualizados. Pero cuando este ideal se desarrolla en las instituciones, la estructura se reduce a listados de asignaturas motivo de discusión a la hora de distribuir la labor docente.

Es importante, como lo señala ACOFI, que la Universidad deje atrás la tradición de identificar el plan de estudios con el currículo, con lo cual ha pretendido que el ordenamiento de asignaturas que cada programa profesional ofrece constituya toda la vida universitaria, haciendo que la formación se restringa a las clases, a la preparación de tareas y a los exámenes; lo que conlleva a que las demás actividades dentro o fuera de la Universidad se consideren como extracurriculares.

Otro desafío de nuestro tiempo es abrir espacios, para el debate, la comprensión y la participación pública de la ciencia y de la tecnología. Abrir, en suma, la ciencia y la tecnología a la luz pública y a la ética. Este es el nuevo contrato social que se reclama en foros como el del Congreso de Budapest, el objeto de la renegociación de las relaciones entre ciencia y sociedad: ajustar la ciencia y la tecnología a los estándares éticos que ya gobiernan otras actividades sociales, democratizadas, para estar entonces en condiciones de influir sobre sus prioridades y objetivos, reorientándolos hacia las auténticas necesidades sociales, es decir, aquellas necesidades que emanen de un debate público sobre el tema. Situación a la que recientemente le sacó el cuerpo los Estados Unidos en la reunión de Río de Janeiro.

Es el momento para abrir espacios para preguntarnos sobre que tipo de profesionales ingenieros queremos formar: ¿aplicadores de técnicas y procedimientos elaborados en otras latitudes? ¿Innovadores en ciencia y tecnología? ¿Talento humano que proporcione soluciones propias a nuestra problemática?

Supone el reto de comprender y aceptar dos nuevos paradigmas científicos:

1. la teoría de la complejidad, típico de los fenómenos emergentes y que dan lugar a la innovación.
2. el reconocimiento de que el análisis de la experiencia vivida, es decir, de los fenómenos subjetivos, tiene que ser parte integrante de toda ciencia de la consciencia.

Supone la tarea de vincular estas reflexiones a la práctica docente cotidiana para convertirla en objeto de investigación y de esta manera poder avanzar significativamente en las transformaciones curriculares y en la construcción de estrategias didácticas que respondan a la problemática de los procesos de formación

de nuestro contexto, desde la base para no sigan proliferando reformas curriculares desde el marco de la administración por vías burocráticas.

Se trata de invitar a otros a forjar nuevos horizontes, nuevos procesos de formación que le permitan a las generaciones venideras disfrutar de un mundo más amable, de una mejor calidad de vida y de ser más humanos. En otras palabras, retomando el lema del Foro Internacional organizado por COLCIENCIAS; MALOKA y el Convenio Andrés Bello: “trabajar por una cultura de ciencia, tecnología e innovación en la sociedad”

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOFI (2001) Actualización y Modernización curricular en Ingeniería. En: [www.acofi.edu.co](http://www.acofi.edu.co).

ACOFI – ICFES (2000) Nomenclatura de Títulos de Pregrado en Ingeniería en Colombia. Bogotá.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA año 1991

CUTCLIFFE, S. (1990), “CTS: Un campo interdisciplinar”, en Medina, M. y J. Sanmartín Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública, Barcelona, Anthropos.

GALLEGO B, Rómulo (1.995) “Discurso Constructivista sobre las tecnologías” Biblioteca Básica del Educador. L & L.

GARCÍA Palacios, E. M. Martín Gordillo M. et al, (2.001) Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual. Cuadernos de Iberoamérica. OEI. Madrid, España

Grupo Editorial Océano. (1.999) Geografía, Historia, Sociedad y Cultura de Colombia. España.

ICFES - MEN. (1.999) Nuevo Examen de Estado para el ingreso a la educación superior. Cambios para el siglo XXI. Ciencias Naturales.

Grundy Shirley (1.987) Producto o praxis del Currículum Ediciones Morata, Madrid

GUTIÉRREZ, Elio Fabio. (1.999) Referentes para afianzar políticas y procesos curriculares en la Universidad del Cauca.

GUADARRAMA, Pablo. Pereliguin Nikolai. (1.998) Lo Universal y lo específico en la Cultura. Universidad Central de las Villas.Santa Clara, Cuba

LÓPEZ Cerezo, J. A. y P. Valenti “Educación tecnológica en el siglo XXI”, En: <http://www.campus-oei.org/cts/edutec.htm>

MEN (1992) Ley 30. Por la que se organiza el servicio público de la Educación Superior en Colombia.

OBREGÓN Torres Diana (1992) Sociedades Científicas en Colombia. La invención de una tradición 1859 – 1936. Banco de la República. Bogotá D.C.

POSNER George. (1.998) Análisis de Currículo. McGraw-Hill. Bogotá

POVEDA Ramos Gabriel (1.993) Ingeniería e Historia de las Técnicas. Historia Social de la Ciencia en Colombia. Tomos IV y V. COLCIENCIAS.

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

STENHOUSE L. (1.987) La investigación como base de la enseñanza. Ediciones Morata. Reimpresión 1.996. Madrid.

VALENCIA Giraldo Asdrúbal.- “Sobre la Ingeniería Prehispánica en Colombia” En: <http://museo.udea.edu.co/codice/codice5/ingenieria6.html>