

IGNACIO MENDEZ RAMIREZ,  
"Relaciones entre investigación científica  
e investigación tecnológica"

## RELACIONES ENTRE INVESTIGACION CIENTIFICA E INVESTIGACION TECNOLOGICA

IGNACIO MÉNDEZ RAMÍREZ

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM,

### *Introducción*

Para poder señalar algunas relaciones entre ciencia y tecnología, intentaré primero algunas definiciones de ellas; después, realizaré un esbozo histórico del desarrollo de dichas relaciones a través del tiempo, para concluir propiamente señalándolas. Cabe destacar que las definiciones de ciencia y tecnología retomadas en este texto son similares.

Parto de que la técnica como tal nació mucho antes que la ciencia en base a prácticas constantes de ensayo y error y a su repetición permanente. Asimismo, considero que al surgir la ciencia en el Renacimiento, tuvo poco impacto sobre la técnica ya que más bien, la ciencia se nutrió en ese entonces de hechos, ideas e instrumentos que proveía la tecnología. De esta manera, apenas hace 200 años, se ha buscado de manera paulatina el apoyo de la ciencia para el desarrollo de la tecnología. El acercamiento institucional entre ciencia y tecnología se da de hecho hasta el siglo xx.

### *Definiciones y conceptos básicos*

A.R. Wallace señaló que el hombre es el único animal capaz de efectuar una evolución dirigida no orgánica ya que él hace sus herramientas. Sin embargo, la identificación de esas herramientas con artefactos materiales

es arbitraria. El lenguaje y los conceptos abstractos también son herramientas. De hecho, todas las disciplinas parten de distinciones arbitrarias como ésta. Así se define como herramientas el ábaco y el compás, y por tanto como tecnología, pero la tabla de multiplicación o de logaritmos no lo son.

El objeto de la tecnología es "cómo hacer las cosas". Sin embargo, debiera ser de acuerdo a Wallace, "cómo el hombre hace las cosas": el propósito es superar las limitaciones del ser humano como animal. Así, la tecnología capacita al hombre, un bípedo terrestre, para poder volar y sumergirse por largos periodos; al animal subtropical para poder sobrevivir en cualquier parte del mundo; a uno de los primates más lentos y débiles, para desplazarse a velocidades superiores al sonido y mover miles de toneladas. Asimismo, le permite sobrevivir unas tres o cuatro veces más que el periodo biológico (25 años) para asegurar su reproducción.

Este enfoque de la biología humana, concluye que la tecnología no tiene que ver nada más con cosas: herramientas, procesos y productos; más bien tiene que ver con trabajo, es decir, con la actividad específicamente humana por medio de la cual el hombre vence las leyes de su biología, que condenan a los otros animales a dedicar todo su tiempo y energía para mantenerse vivos el siguiente día o la siguiente hora.

Es así que podemos definir la tecnología como la acción humana sobre objetos físicos, o como un conjunto de objetos físicos que sirven a los propósitos humanos.

Las herramientas y técnicas disponibles, influyen fuertemente el tipo de trabajo que se puede realizar y las maneras de hacerlo, aunque el trabajo mismo, su estructura, organización y conceptos también influyen poderosamente en las herramientas, las técnicas y su desarrollo. De esta manera la organización del trabajo, es una de las principales formas para lograr esa evolución dirigida no orgánica, que es específicamente humana y que es en sí misma, una importante herramienta del hombre.

Abbagnano, en su diccionario de filosofía, da la siguiente definición: "Técnica es todo conjunto de reglas aptas para dirigir eficazmente una actividad cualquiera". En este sentido, la técnica no difiere de la ciencia ni del arte, ni de cualquier otro procedimiento u operación capaz de lograr un efecto cualquiera. Se pueden distinguir:

- a. Técnicas racionales. Que son relativamente independientes de sistemas particulares de creencias y pueden conducir a la modificación de tales sistemas. Ellas mismas son autocorregibles.
- b. Técnicas mágicas o religiosas. Que es posible ponerlas en acción sólo por sistemas de creencias particulares y no modificables. Ellas mismas son inmodificables.

Las técnicas racionales pueden dividirse en: simbólicas (ciencia y bellas artes), y de comportamiento (morales, políticas, económicas y de producción). Esta última es la que comúnmente se conoce como "técnica".

Davies *et al.* (1979) considera que "la actividad humana puede ser representada como: integración de ideas, objetos materiales y las vidas de la gente, y difiere en las proporciones de la mezcla. El científico, en un extremo de su trabajo (como en el estudio de la astronomía, la electricidad o la materia), sólo se preocupa por ideas y cosas, ya que su satisfacción puede ser la contemplación de una correlación o un modelo que encaje (por ejemplo, la teoría de la relatividad o de los cuanta). El comerciante, en su postura más ortodoxa, junta cosas y gente, sin ideas. El artista, que a veces puede trabajar sólo con ideas, suele preocuparse más por las ideas y las personas, con alguna atención a las cosas". Su definición de tecnólogo es la de una persona que trata con ideas, cosas y gente; es decir, en la intersección de los científicos, artistas y comerciantes. (Figura 1).

Los autores citados, definen al tecnólogo y con ello la tecnología, del siguiente modo: "... un tecnólogo sirve a unos fines sociales mediante el uso de la ciencia cuando ésta se encuentra disponible, y con técnica o empirismo cuando falta la ciencia. Su producción puede adquirir la forma de bienes o de sistemas y servicios. Generalmente emplea metodologías conocidas, pero allí donde éstas son insuficientes improvisa con lo desconocido, y a veces con ello genera nueva ciencia. Así, posee campos de actividad en común con los científicos, los comerciantes, los artesanos y artistas. No siempre ha dispuesto de la ayuda de la ciencia y obtuvo gran parte de su fuerza inicial a partir de la artesanía y la tradición, de las que dependían la medicina y la metalurgia moderna... y aunque suele emplear métodos lógicos, es arrastrado a menudo por percepciones artísticas y produce resultados artísticos en forma de puentes y edificios atractivos".

mente diseñados y emplazados, objetos de grácil aerodinámica, y esquemas y estrategias intelectualmente gratos”.

González Casanova (1987), da una definición amplia de técnica y considera que “la técnica es el dominio de un fenómeno de acuerdo a un modelo; es la reproducción de un conocimiento en la realidad. El dominio y el conocimiento pueden ser más o menos limitados; pero para que haya técnica es necesario poder actuar en la producción o reproducción de los hechos ideados. Hay distintas clases de técnicas: la técnica cotidiana o del trabajo manual, la técnica científica o del trabajo teórico, y lo que podríamos llamar la técnica mágica”.

Lo que González Casanova llama técnica cotidiana es lo que comúnmente conocemos como técnica y la técnica científica como ciencia aplicada.

Así, González Casanova considera que “la técnica cotidiana o del trabajo manual es aquella que se basa en las experiencias derivadas de la acción cotidiana, del trabajo diario, y consiste en una serie de procedimientos definidos prácticamente que dan resultados útiles. Estos procedimientos son transmitidos de unas generaciones a otras mediante explicaciones verbales y, sobre todo, mediante la imitación manual y práctica.

La técnica científica también llamada técnica del trabajo teórico se basa en el análisis metódico de las experiencias pasadas y presentes; se transmite a través del estudio de conceptos, hipótesis, leyes y teorías científicas, y de su aplicación organizada y sistemática a la producción de determinados efectos mediante la manipulación de factores e instrumentos, determinados a su vez teórica y prácticamente”.

La técnica mágica en principio, no se distingue de la cotidiana, salvo que recurre a explicaciones sobrenaturales.

La técnica cotidiana corresponde a la filosofía del llamado “sentido común”; sentido común entendido como “el conjunto de opiniones que han sido admitidas en una época y lugar dados, de una manera tan general, que las opiniones contrarias aparecen como aberraciones individuales, que sería inútil refutar seriamente y de las que más valdría burlarse si son ligeras, o a las que habría que eliminar si son graves”.

El sentido común refleja la lenta evolución que caracteriza a las técnicas cotidianas y su tendencia a permanecer iguales, a veces durante siglos.

A la técnica científica o del trabajo teórico corresponden el llamado espíritu científico y la filosofía científica. El espíritu científico consiste en una actitud intelectual que postula la necesidad de verificar cualquier concepto mediante la observación y la experiencia. Exige un rigor metódico, el conocimiento pleno de la teoría científica para su aplicación a un problema particular o para la eliminación y sustitución rigurosa de la teoría, cuando nuevas observaciones y experiencias revelan su inexactitud, o permiten elaborar otra nueva teoría que refleje con más precisión la realidad.

Cuando la naturaleza se convierte en la herramienta más importante empleada por el hombre para ejercer un control sobre ella misma, se le denomina técnica natural; asimismo, cuando el hombre se convierte en el instrumento por medio del cual él mismo podrá ejercer control sobre otros hombres, se le llama técnica social.

#### *Esbozo histórico*

No toda técnica es científica. La “revolución” del paleolítico se dio con el uso y fabricación de instrumentos de piedra, la agricultura y domesticación de animales, representó la propagación de muchas técnicas; posteriormente se desarrolló la navegación y se dio la fabricación de instrumentos con bronce, luego hierro y finalmente acero. Prácticamente, todo el desarrollo de la humanidad hasta la Edad Media, se basó en técnicas no apoyadas en la ciencia, ya que la ciencia como tal surge hasta el Renacimiento, principalmente en Italia. Es así que se puede afirmar que aún hay desarrollos técnicos que no se basan en la ciencia, aunque ciertamente mientras más avanza la ciencia, hay más tecnología apoyada en ella.

Un claro ejemplo de que la técnica no requiere forzosamente del conocimiento científico, es el proceso de elaboración del pulque que desarrollaron los aztecas al fermentar el aguamiel del maguey, sin conocer la existencia de los microorganismos que provocan dicha fermentación. Sin embargo, sí sabían cómo iniciar y terminar el proceso.

La edad en que las ciudades se formaron alrededor de los ríos o lagos, para llevar a cabo una producción agrícola permanente, es reconocida por Drucker (1970), como la primera revolución tecnológica que provocó cambios importantes en muchos aspectos, entre ellos:

1. Establecimiento de un gobierno como una institución con estructura jerárquica y formación de la burocracia que permitió la creación de un imperio basado en la irrigación. Surgimiento del hombre como ciudadano y del primer dios supratribal. Distinción entre costumbre y ley, con el desarrollo de un sistema legal abstracto, impersonal. Creación de un ejército para defender a los agricultores que eran estables y vulnerables, pero proveían el alimento a todos. Con el ejército, se desarrolló la tecnología de guerra: caballos, carros, lanzas, escudos, armaduras y catapultas.
2. Desarrollo de clases sociales: agricultores, soldados y clase gobernante (sacerdotes y nobles). Especialización de labores: artesanos y artistas; carpinteros, vinateros, herreros, alfareros y profesionales; escribanos, abogados, jueces, médicos y comerciantes.
3. Se organizó e institucionalizó el conocimiento para mantener los sistemas de irrigación, defensa, comercio y gobierno y se impulsó la astronomía para predecir las distintas estaciones y épocas de lluvias en el año así como para dirigir los viajes por tierra y la navegación por mar. Se crearon las primeras escuelas y surgieron los primeros maestros; desarrollándose por primera vez un sistema para observar los fenómenos naturales, que de hecho, se convirtió en la primera visión de la naturaleza como algo ajeno, independiente y diferente al hombre, gobernado por sus propias leyes racionales. Es en ese momento cuando nace, aunque pobre, la ciencia.
4. Reconocimiento del individuo y con él, la afirmación de los conceptos de compasión y justicia así como de la existencia de las artes y los poetas; los sacerdotes y filósofos.

Estos aspectos nos llevan de inmediato a considerar el impacto de la tecnología en la transformación de la sociedad y podemos resumirlo en tres puntos:

- a. Un cambio tecnológico importante crea la necesidad de innovaciones políticas y sociales, ya que hace obsoletas las relaciones institucionales existentes.
- b. Los cambios tecnológicos específicos demandan innovaciones políticas y sociales también específicas.
- c. El cambio tecnológico, no hace inevitables ciertas instituciones, si requiere cambio social y económico, pero la dirección del cambio depende de los propósitos y valores específicos de la sociedad. Por ejemplo, las civilizaciones americanas no separaron ley de costumbre, ni inventaron la moneda, ¡pero tampoco usaron la rueda!

Desde hace 200 años iniciamos una gran revolución tecnológica, que aún no termina y por eso seguimos sufriendo cambios socioeconómicos. Enfrentamos la gran tarea de identificar las innovaciones políticas y sociales necesarias, y la tarea aún mayor de procurar que esas nuevas instituciones se apeguen a los valores en los que creemos y que aspiren a las finalidades que consideramos correctas y sirvan a los propósitos humanos con libertad y dignidad.

La tecnología, como la conocemos hoy (un trabajo sistemático y organizado sobre las herramientas materiales del hombre), nace en la revolución industrial y agrícola que se inicia en el siglo XVIII. Fue entonces cuando se establecieron las disciplinas tecnológicas para aprenderse y enseñarse, y poco a poco se dio la reorientación de la ciencia hacia el estímulo y alimentación de esas nuevas disciplinas de aplicación tecnológica. Así, la agricultura y las artes mecánicas cambiaron casi al mismo tiempo aunque independientemente, ya que desde ese siglo se usaron máquinas para cultivar la tierra, tiradas por caballos y se mejoró al ganado genéticamente. Estas ideas se publicaron y extendieron; los rendimientos se duplicaron y la mano de obra disminuyó a la mitad. Esto hizo posible la migración de los trabajadores a las ciudades, donde se convirtieron en consumidores y obreros de las nacientes industrias.

En 1780 se funda el primer colegio de agricultura en Alemania. En 1747 en Francia una escuela técnica industrial; en 1776 la escuela de minas de Freiberg, Sajonia y en 1794 la escuela politécnica de París, con la profesión de ingeniero.

La medicina fue la disciplina que tardó más tiempo en adoptar una base científica. Van Swieten, médico holandés, trató en vano de unir la clínica con algunos conocimientos anatómicos y etiológicos publicados por Morgagni y Boerhaave en 1700; pero como la medicina era practicada por un grupo de médicos organizados y respetados, no aceptaron las nuevas ideas. Fue hasta que la Revolución Francesa abolió todas las sociedades y escuelas de medicina, que se efectuó un cambio drástico. En 1820 en París, Corvisart unió la práctica con los conocimientos científicos, aunque la oposición a la ciencia continuaba fuerte; así Semmelweis fue exiliado de Viena, alrededor de 1840, después de su magnífico estudio sobre la fiebre puerperal. Hasta 1850 surge la medicina científica tecnológica organizada con Bernard, Pasteur, Lister, Koch y otros. Todos ellos eran científicos con un deseo de hacer, y no únicamente de saber.

Derry y Williams (1988) en *Historia de la tecnología*, reseñan con detalle la historia de todas las grandes tecnologías desde la antigüedad hasta 1950. Señalan que la ciencia se incorpora a la tecnología precediendo y condicionando los avances tecnológicos. Sin embargo, esto no ocurrió hasta que tanto la ciencia como la tecnología estuvieron organizadas. Veamos, por ejemplo, las declaraciones de la Royal Society en 1718:

El examen de peticiones de patentes fue una de las primeras misiones encomendadas a la Royal Society en 1662, claro ejemplo de la relación cada vez mayor, existente entre los científicos y tecnólogos, característica de la sociedad moderna.

Las sociedades culturales, que fueron un producto temprano del movimiento científico, ejercieron asimismo cierta influencia directa sobre la tecnología, al organizar la recopilación y publicación sistemática de datos para ilustrar las condiciones existentes en sus distintas ramas, así como las historias exactas de toda clase de curiosos y benéficos oficios de todos los países.

Derry y Williams (1988) señalan también que: "La segunda mitad del siglo xvii fue la época en que la tecnología más avanzada estaba intentando ponerse en contacto con la ciencia".

El nacimiento del espíritu científico fue una característica notable del Renacimiento: los hombres dejaron de aceptar a ciegas las opiniones de los antiguos, referentes al universo y a las leyes que supuestamente regían el mundo natural; el dogma fue sometido a la experiencia, y cuando no su-

peró la prueba, fue rechazado y se formularon nuevas teorías. Había nacido así, la ciencia en el sentido moderno de la palabra, momento a partir del cual se hicieron rápidos progresos en matemáticas, física, química y biología. Pero las consecuencias inmediatas para la tecnología permanecieron confinadas a unos pocos campos especializados; principalmente, el progreso técnico dependía todavía de la utilización de métodos empíricos por hombres prácticos. "En conjunto, hasta 1750 la ciencia, obtuvo probablemente más de la tecnología que ésta de aquélla: algunas de las excepciones más notables fueron los instrumentos náuticos, la aplicación del principio del péndulo para medir el tiempo y la creciente utilización de la química".

#### *Relaciones entre investigación tecnológica y científica*

A partir del Renacimiento, la ciencia intentó explicar por qué funcionaban muchas tecnologías; en otras palabras, buscó el conocimiento por sí mismo, pero su inspiración fue la naturaleza y sus productos modificados por la tecnología. Así por ejemplo, Pasteur explicó la fermentación y putrefacción conocida y desarrollada por el hombre desde 6 ó 7 mil años antes. Clausius y Kelvin dieron una formulación científica al comportamiento termodinámico de la máquina de Watt. Esto impactó a la ciencia definida como "la búsqueda sistemática de conocimiento racional". Fue así que la idea de conocimiento cambió su significado y pasó de ser únicamente "entendimiento" proyectado en la mente del hombre, para convertirse en "control": conocimiento enfocado a su aplicación en la tecnología. Podemos decir que nació entonces una "ciencia aplicada".

Alrededor de 1700 Harvey descubrió la circulación de la sangre y desaprobó la práctica del sangrado. Sin embargo, en 1827 Francia importó 33 millones de sanguijuelas para realizar dicho sangrado y se continuó aplicando hasta fines del siglo xix. La práctica citada desapareció no por el conocimiento científico sino por la observación clínica. También tenemos que los mismos médicos que practicaban la vacunación descubierta por Jenner a mediados del siglo xviii, enseñaban teorías que a la luz de la vacunación eran absurdas.

Una explicación muy probable de estos sucesos es que la ciencia y la tecnología no eran contempladas como disciplinas complementarias, ya que no tenía nada que ver una con la otra: la ciencia era una rama de la

filosofía que trabajaba con el conocimiento y su objetivo era superar la mente humana. La tecnología, por el otro lado, era contemplada en su sentido utilitario ya que su objetivo era incrementar la capacidad humana para hacer. La ciencia trataba con lo más general y la tecnología con lo más concreto. Esta fue la situación prevaleciente hasta principios de este siglo.

Los científicos, con raras excepciones, no se preocupaban por las aplicaciones de su nuevo conocimiento científico y aún menos por el trabajo tecnológico necesario para hacerlo aplicable. Similarmente, el tecnólogo, hasta épocas muy recientes, rara vez tenía contacto con los científicos y no consideraba importantes sus hallazgos para el trabajo tecnológico. Hoy, la ciencia requiere de su propia tecnología que es muy avanzada. Pero los adelantos tecnológicos logrados por el científico constructor de instrumentos, como una regla, no fueron extendidos a otras áreas y no condujeron a nuevos productos para el consumidor o nuevos procesos para el artesano y la industria. El primer constructor de instrumentos que se hizo importante fuera del campo científico fue Watt, el inventor del motor de vapor. Otros desarrollos aislados de los científicos del siglo XIX, fueron los fertilizantes de Von Liebig y los colorantes de Perkin; la ingeniería eléctrica partió del trabajo de físicos como Faraday, Henry, Helmholtz, Hertz y Maxwell.

Con la primera guerra mundial, todos los países beligerantes movilizaron a los científicos en el esfuerzo bélico y entonces la industria descubrió la enorme potencialidad de la ciencia para generar ideas e indicar soluciones tecnológicas. Asimismo, descubrieron el reto de los problemas tecnológicos.

Ahora, una gran proporción del trabajo tecnológico se basa conscientemente en el esfuerzo científico. De hecho, muchos laboratorios de investigación industrial realizan investigación en ciencia "pura"; además, los resultados de la investigación científica sobre las propiedades de la naturaleza, sea en física, química, biología, geología o cualquier ciencia, se analizan inmediatamente por miles de "científicos aplicados" y tecnólogos para averiguar sus posibles aplicaciones en la tecnología. Actualmente la tecnología no es sólo "la aplicación de la ciencia a productos y procesos", esto es una sobresimplificación. Sin embargo, en algunas áreas como química de polímeros, farmacéutica, energía atómica, exploración espacial y computación, la línea entre investigación científica y tecnológica es imperceptible.

El "saber cómo" del tecnólogo lleva más tiempo y esfuerzo en la mayoría de los casos que el "saber por qué" del científico.

Cuando los conocimientos científicos no nos permiten hacer una predicción aceptablemente exacta sobre el comportamiento de la naturaleza o la sociedad, entonces recurrimos a la exploración o experimentación empírica cuidadosa. Así se han encontrado las dosis de antibióticos adecuados, fórmulas de fertilización en cultivos agrícolas, proporción de componentes en una aleación metálica o algunas técnicas didácticas. Para mí, ésta es una actividad ubicada claramente en la frontera de la técnica y la ciencia ya que se usa una metodología rigurosa, eliminando factores que oscurecen el estudio, pero no hay una teoría que explique todo el proceso.

Box, Hunter y Hunter (1988) abordan un gran número de investigaciones tecnológicas. En particular en la figura 2 se reportan los resultados de un estudio en el que se varió la temperatura y el tiempo de una reacción química, para encontrar las condiciones que maximizan el producto químico resultante; además se hicieron pruebas con viscosidad e índice de color adecuados. Este es un caso donde los conocimientos científicos no son suficientes para dar la respuesta al problema planteado y se recurre a la experimentación empírica apoyada en modelos estadísticos.

Todos los que escriben sobre tecnología, reconocen que existen una serie de factores extraordinarios (variados y complejos) que juegan un papel importante en la tecnología, y que son a su vez, influenciados por ella: el sistema económico y legal, las instituciones políticas y los valores sociales, las abstracciones filosóficas, las creencias religiosas y el conocimiento científico.

El 21 de octubre de 1879, Edison logró mantener encendida una bombilla eléctrica durante poco tiempo. Con este experimento, el científico sentó las bases de la investigación tecnológica:

1. Definición de una necesidad: convertir la electricidad en luz.
2. Un objetivo claro: crear un recipiente transparente en el que la resistencia a la corriente calentara una sustancia al "blanco".
3. Identificación de los pasos principales y de las piezas que hay que elaborar: la fuente de poder, el contenedor y el filamento.

4. Retroalimentación de los resultados al plan de trabajo: encontrar que se requería un tubo de "vacío" en lugar de un tubo con un gas inerte.
5. Organización del trabajo de modo que cada segmento principal del proceso, se asigna a un equipo específico.

El trabajo tecnológico de este siglo se caracteriza por tres aspectos separados aunque muy relacionados:

1. Cambios estructurales: la profesionalización, especialización e institucionalización del trabajo tecnológico.
2. Cambios de metodología: la nueva relación entre ciencia y tecnología, la emergencia de la investigación sobre sistemas y el concepto de innovación; y
3. El enfoque de sistemas.

Desde la edad de piedra hasta hace 200 años aproximadamente y como una tendencia general, los artesanos (médicos, herreros, afareros, etcétera) usaban sus conocimientos para mejorar sus formas de vida y muerte, su trabajo, su alimentación y sus formas de convivencia. La revolución tecnológica moderna alcanzó tal impacto en la mente del hombre que ahora la aplicación y el saber; la materia y la mente; la herramienta y el propósito; el conocimiento y el control se han unido.

Ahora la tecnología es importante precisamente porque ha unido el universo del hacer con el del conocer, conectando la historia natural con la historia intelectual del hombre.

Ortega y Gasset, en Gardner (1986) comentan que el progreso científico ha eliminado a los enciclopedistas. Ahora el científico conoce sólo una ciencia determinada, y además de esa ciencia, sólo conoce bien la pequeña porción en la que él es investigador activo. Llega a proclamar como una virtud el no enterarse de cuánto quede fuera del angosto paisaje que especialmente cultiva, y llama diletantismo a la curiosidad por el conjunto del saber. Se considera un sabio-ignorante, cosa de sobremanera grave, pues significa que es un señor el cual se comportará en todas las cuestiones que ignora, no como un ignorante, sino con toda la petulancia

de quien en su cuestión especial es un sabio. Y, en efecto, éste es el comportamiento del especialista. En política, en arte, en los usos sociales, en las otras ciencias tomará posiciones primitivas, que reflejan su gran ignorancia; pero las tomará con energía y suficiencia, sin admitir —y esto es lo paradójico— especialistas de esas cosas”.

Se habla de la revolución científico-técnica, para señalar los enormes cambios en la ciencia y la tecnología ocurridos principalmente en el último siglo. Se refiere fundamentalmente al uso de la energía atómica, las computadoras, los nuevos materiales y la biotecnología.

Si antes el dominio de la técnica se limitaba principalmente a la producción de bienes materiales, ahora afecta profundamente toda la vida social y los modos de pensamiento.

La revolución científico-técnica infunde muchas esperanzas para la humanidad. Sin embargo, el entusiasmo y la fe en la ciencia con los desarrollos técnicos que ella promueve, y que existió desde mediados del siglo pasado a mediados del presente, se ha visto disminuido y empañado por algunas consecuencias negativas de ese “progreso” como la contaminación, el agotamiento de recursos naturales y la enajenación.

Como ha señalado Bertrand Russell en Gardner (1986), “en un mundo científico necesitamos un código moral un tanto distinto del que heredamos del pasado. Pero dar a un nuevo código moral la suficiente fuerza coercitiva como para frenar acciones anteriormente consideradas inofensivas no resulta sencillo, ni puede lograrse en un sólo día”.

Es absolutamente indispensable, aunque se reconoce lo difícil de la empresa, que los científicos y técnicos obtengan una formación sólida en sus áreas de especialización, pero con una cultura amplia, que les dé elementos de filosofía, arte y humanismo en general.