

# UNA REVISIÓN A LOS PROCESOS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN<sup>1</sup>

A REVIEW OF THE PROCESS OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND INNOVATION

UMA REVISÃO DOS PROCESSOS DA CIÊNCIA, DA TECNOLOGIA E DA INOVAÇÃO

**Edgar Serna Montoya**

Maestría en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional Medellín. Especialización en Computación para la docencia, Universidad Antonio Nariño. Ingeniero de Sistemas, Corporación Universitaria Remington, Medellín-Colombia. Investigador Corporación Universitaria Remington. Escuela de Ciencias Básicas e Ingeniería. Grupo de Investigación INGENIAR. Medellín - Colombia. edgar.serna@remington.edu.co

**Alexei Serna Arenas**

Ingeniero de Sistemas, Fundación Universitaria Luis Amigó - Medellín. Investigador Instituto Antioqueño de Investigación. Grupo de Investigación CCIS. Medellín - Colombia. alexei.serna@fundacioniai.org

## RESUMEN

Este trabajo es una revisión a la literatura para determinar los procesos con los cuales se desarrolla, aplica y difunde la ciencia, la tecnología y la innovación. Se trata de una investigación a las publicaciones con el objetivo de encontrar y analizar estos procesos para que la universidad y el Estado tengan una referencia, y lo puedan utilizar en sus proyectos futuros. También se presenta un análisis al desarrollo de esta temática en la academia colombiana desde la perspectiva de investigación e indicadores de desarrollo y de transferencia de conocimiento.

*development of this theme in Colombian academia from the point of view of research, development indicators, and knowledge transfer.*

## KEYWORDS

*Science, knowledge, innovation, research, technology.*

## RESUMO

*Esse trabalho é uma revisão da literatura para determinar os processos sob os quais se desenvolve, aplica e divulga a ciência, a tecnologia e a inovação. Essa é uma pesquisa as publicações com o objetivo de encontrar e analisar estes processos para que a universidade e o Estado possuam uma referência, e a possam usar em seus projetos futuros. Também apresenta uma análise ao desenvolvimento dessa temática na academia colombiana sob a perspectiva de pesquisa e indicadores de desenvolvimento e de transferência de conhecimento.*

## PALABRAS CLAVE

*Ciencia, conocimiento, innovación, investigación, tecnología.*

## ABSTRACT

*This work is a review of literature to determine the processes by which science is developed, applied, and disseminated. It is a study of publications for the purpose of finding and analyzing these processes so that the university and the State may have a reference, and may use it in their projects in the future. In addition, this work presents an analysis of the*

## PALAVRAS-CHAVE

*Ciência, conhecimento, inovação, investigação, tecnologia.*

Fecha de recepción: 30 - 01 - 2013

Fecha de aceptación: 26 - 02 - 2013

## Introducción

El concepto de ciencia y todo lo que tenga que ver con el término parece estar en un pedestal inalcanzable para la mayoría de personas. Nada más alejado de la realidad: la ciencia las circunda, las atrapa, las manipula, les marca el camino, les brinda comodidad o les hace la vida imposible; sin embargo, siempre tendrán relación con ella desde cualquier profesión que desempeñen.

Es cierto que muchas veces la terminología especializada resulta incomprendible para quienes, en su lenguaje cotidiano, no poseen el vocabulario técnico con el cual se comunica la ciencia, pero también es cierto que cada vez son más los esfuerzos de quienes la comunican a grandes núcleos de población: utilizan un lenguaje más accesible para todos y buscan romper el mito de que es densa, oscura e incomprendible. El objetivo es lograr que muchas más personas se informen y beneficien de los avances y adelantos científicos, ya sea en lo personal, su bienestar, su trabajo o para mejorar su calidad de vida en general (Alegria, 2006). La clave para lograr este objetivo es realizar *una lectura a la ciencia* y no permitir la manipulación desde los intrincados términos, leyes, principios y teorías con los que se produce, publica y aplica.

Para leer ciencia es necesario dejar de lado el apasionamiento y los prejuicios y hacerlo como si se tratara de un texto que se adquiere con la idea de pasar el rato, por necesidad o simplemente por interés (Snyder, 2004).

Para hacer una lectura a la ciencia se debe aplicar lógica simple, la misma que se utiliza con todo tipo de texto y que ha quedado como método de la experiencia que viven los seres humanos en sus procesos formativos. Por tanto, para obtener el máximo beneficio de un texto científico es necesario ser constante y disciplinado y aplicar un método como el que se propone a continuación.

1. *Organizar las lecturas.* No mezclar temáticas, ni autores, tampoco teorías -aunque sean de la misma temática-, hacerse a una idea del perfil del autor o de la temática antes de realizar comparaciones o de leer a otro autor.
2. *Seguir una secuencia histórica de contenidos.* Es decir, no empezar con los conceptos del siglo XVI,

para pasar a los del XX y luego volver a los del XVIII; este desorden en la lectura no permite asimilar la secuencia lógica del desarrollo temático que se lee e impide hacerse a una idea estructurada del objetivo en la lectura, lo que rápidamente genera desinterés y desánimo.

3. *Siempre tener una herramienta que permita ampliar conceptos y aclarar ideas.* Cuando en el texto las ideas o conceptos parecen confusas o no están bien definidas, es necesario consultar un diccionario, la internet o a un asesor; estas son las mejores herramientas disponibles. Pero se recomienda tener precaución con internet, porque el 90% o más de la información que allí se encuentra es manipulada y amoldada a intereses particulares, o son aportes sin juicio ni validez probada -basura intelectual (Adler, 1982)-, que pueden descontextualizar lo que se lee (Moya, 2003).
4. *Aplicar resúmenes, mapas mentales o conceptuales, u otra técnica de acotamiento.* La clave está en no leer de una vez todo el contenido; se requiere hacer pausas para escribir resúmenes desde la comprensión particular, a los que posteriormente se puede recurrir para aclarar dudas con el asesor o en foros de discusión.
5. *No desechar aportes.* Todos los aportes son útiles, ya sea para indicar una equivocación o para señalar a quienes no se debe consultar desde una visión particular (Adler, 1982).

De otro lado, se recomienda iniciar con una visión teórica de la ciencia y no con la visión científica (Galagovsky, Bonán y Adúriz, 1998), porque los documentos recomendados para comenzar una lectura deben conducir al lector hacia una descripción teórica, para luego pasar a lo científico y aplicativo de la temática leída (Calonge, 1995).

En este trabajo se hace una descripción a los procesos de producción de la ciencia, la tecnología y la innovación, pero su finalidad no es llegar a una definición acerca del significado de cada uno de los términos sino de hacer un acercamiento a ellos desde la utilidad contextual para su comprensión. Debido a esto no se abarca la amplia bibliografía en la que se debate sus significados, sino que se cubren lecturas y discusiones cuyo enfoque es de utilidad para lograr ese acercamiento.

## 1. El proceso de la producción científica

El siglo XX, con sus revoluciones científicas y evidentes repercusiones sociales, introdujo un innegable cambio en el paradigma de la ciencia: dejó de ser protagonizada mayoritariamente por ociosos y talentosos a quienes patrocinaba algún mecenas acaudalado (Aronowitz, 1988), para pasar a ser patrimonio de profesionales que realizan proyectos financiados con fondos públicos o capital privado, a los que se vinculan como investigadores en dedicación exclusiva. Muchos de los avances científicos logrados desde el cambio de paradigma son notables y de gran impacto social. La consecuencia directa fue pasar de considerar a la ciencia como labor individual a entenderla como trabajo de grupos, que se estructuran piramidal y jerárquicamente con un director responsable, algunos miembros con amplio conocimiento y sólidas bases formativas y un selecto equipo de investigadores en formación (Moirand, 1997).

Otra importante derivación fue la aceptación de su valor universal, lo que afectó los procedimientos para comunicar resultados y descubrimientos relevantes de la investigación. En el pasado la ciencia se difundía en sesiones académicas, por correspondencia postal entre investigadores o mediante ediciones restringidas en monografías o libros de edición local y en idiomas nativos (Loffler-Laurian, 1993); métodos que no eran ni ágiles ni eficaces para difundir y validar el nuevo conocimiento -los aportes de Mendel tuvieron que esperar treinta años para ser redescubiertos-. Hoy, la difusión del nuevo conocimiento se realiza mediante artículos adaptados a formatos estándar -papers- en revistas de circulación mundial -journals- y en inglés, el idioma aceptado por la comunidad científica para publicar masivamente sus aportes (Kempa, 1993).

Fruto de esta aceptación y gracias al floreciente desarrollo de la investigación, en los últimos años se incrementó la edición de nuevas revistas digitales que abarcan todas las ramas del saber y que tienen cobertura mundial a través de la Web. Esta abundancia y nivel de publicaciones constituye un reflejo de la capacidad, la trayectoria y la profundidad científica con la que trabajan los actuales grupos de investigación en todo el mundo (Jacobi, 1999). Además, se convierte en un importante parámetro de política científica que se utiliza para medir la calidad y

para decidir, debido a la escasez de recursos, qué líneas fundamentar y qué grupos seleccionar para darles apoyo. Ejemplo de esta situación es la introducción de algunos factores matemáticos para la medición del rendimiento de los grupos, lo que se evidencia en el número de artículos publicados -cantidad- y el prestigio del medio de publicación -citaciones y/o impacto- (Gibbs, 1995).

Este proceso, con amplia aceptación en la comunidad científica, no está exento de inconvenientes; por ejemplo, hay que decidir si la producción se valora en términos absolutos o relativos, es decir, si los aportes publicados se evalúan como conjunto o si se refieren al tamaño y presupuesto que tiene cada grupo; si todos los miembros del grupo se consideran con el mismo grado de autoría sobre el *paper* publicado, sin importar su número; además, la mayoría de artículos no tiene relación directa con los descubrimientos trascendentales (Biermann, 2001).

También es necesario analizar cómo se seleccionan los aportes para ser publicados en las revistas más influyentes. En este punto es conveniente aclarar que el prestigio e impacto de la publicación se basa precisamente en un método muy riguroso de selección, a través del cual se filtran los aportes más significativos en la frontera del conocimiento. Pero el inconveniente es que la revisión la hacen personas que, muchas veces, tienen acceso a los nombres de los autores con los que posiblemente comparten especialidad o mantienen distintos grados de afinidad o simpatía (González, 2002). Esto se refleja en la continua aparición de artículos irrelevantes en prestigiosas revistas en las que se otorga alto crédito científico a sus autores, mientras que aportes sobresalientes al conocimiento se deben recoger en órganos de menor impacto, porque sus autores no gozan de la simpatía o afinidad de los revisores en esas revistas de renombre (Barceló, 1998). Por otro lado, existen revistas importantes que rechazan aportes novedosos debido a que sus autores son investigadores que todavía no tienen renombre. Conviene aquí recordar los pocos, pero escandalosos, episodios en los que se han visto involucradas algunas revistas por aceptar para publicación aportes fraudulentos, sólo porque provienen de autores renombrados.

Cabe entonces preguntarse ¿qué es la ciencia desde la perspectiva de la publicación? La cuestión de fondo supone reflexionar acerca de si la esencia de la ciencia es crear o producir; si la búsqueda de nuevo conocimiento requiere un elevado número de brillantes publicaciones

o si un investigador *poco conocido* debe contar con el apoyo suficiente para divulgar (Blum, Knudson y Henig, 2005). En la concepción del actual sistema de difusión de la ciencia se da más importancia a los contenidos que a los autores, lo que condiciona la práctica de la investigación rutinaria a proyectos continuistas, de objetivos previsible y encaminados a obtener resultados a corto plazo, sólo con la idea de poderlos publicar. Esta estrategia saca del camino a aquellos osados y heterodoxos investigadores que, aún con escaso bagaje en producción científica, son capaces de plantear grandes desafíos acerca de paradigmas establecidos y, aunque la mayoría fracasa, cuando alguno tiene razón provoca verdaderas revoluciones en el conocimiento (Kuhn, 1990).

La disyuntiva que se origina es decidir si la investigación se debe orientar al favorecimiento del conocimiento para alcanzar el progreso de la humanidad o el currículo de los grupos y si se investiga para descubrir o para publicar. Resolver esta cuestión permite vislumbrar respuestas a la pregunta planteada, porque acercarse a una definición de ciencia es comprender para qué se investiga y cuál será el objetivo de publicar el nuevo conocimiento. De acuerdo con esto, no habrá investigación seria, rigurosa y profesional si no hay producción científica. Pero, cuando una persona *intenta* ser un investigador científico puede pensar que sus hipótesis, sus aproximaciones y sus interpretaciones son las mejores, aunque no haya hecho una inspección objetiva y rigurosa en la comunidad a la que sirve y de la que se sirve (Calsamiglia, 1997) y, cuando se es un investigador científico, lo primero que se debe hacer es reconocer la posibilidad de cometer errores o de engañarse, y reconocer que no se genera conocimiento genuino hasta que la comunidad científica lo acepte e incorpore, lo que constituye el cuerpo del conocimiento científico como tal y que se difunde en la rigurosa literatura científica a través de publicaciones en las mejores revistas internacionales.

Debido a que el objetivo básico de la investigación es crear nuevo conocimiento, nuevos productos o nuevos servicios, tradicionalmente su medición se realiza a través de los productos y sus efectos (Gibbs, 1995). En esta actividad producto se refiere a artículos en revistas científicas, libros, presentaciones en congresos y publicaciones en general; también a las patentes y todo lo relacionado con la posible aplicación y transferencia del nuevo conocimiento que, generalmente, es cuantificable. Los efectos se representan en la producción

de graduados de alta calidad, en las innovaciones tecnológicas, en la ampliación de la capacidad de los servicios de consultoría, en los servicios de investigación por contratación, en las relaciones internacionales con posibilidad de intercambio, en el acceso a los resultados, en la participación en redes, entre otras; efectos que difícilmente son cuantificables (Calvo, 1992).

Como resumen de este primer acercamiento se puede decir que para hablar de producción científica es necesario tener en cuenta conceptos como: producto, efecto, papers, journals, patentes, publicaciones en general y transferencia de conocimiento, cuyo mosaico definitorio acerca al conocimiento y permite comprender el proceso de la producción científica.

## 2. El proceso de la ciencia

¿Cómo se trabaja, comprende y aplica el concepto de ciencia? ¿Cuáles son los aportes de pensadores, científicos, filósofos y autodidactas encaminados a tratar de definir desde su especialidad el concepto de ciencia? No se pretende aquí ingresar al estudio de la historia de la ciencia, ni a su proceso productivo a través de la historia de la humanidad, el objetivo es discutir las opiniones que se han difundido para comprender cuál es la aceptación del concepto y poderlo contextualizar en un ambiente académico.

Para lograr este objetivo y poder alcanzar un acercamiento al concepto actual de ciencia es necesario considerar la historia como algo diferente a una simple colección de anécdotas o fechas cronológicas. Esto se debe a que ha hecho carrera el aceptar la imagen de que la ciencia es persuasiva y pedagógica (Di Trocchio, 1998). Es decir, una imagen-concepto que sólo puede ajustarse al mismo ideal que lo produjo e igual al que se obtiene de una cultura nacional a través de una guía turística. Por lo tanto, es necesario pensar que los textos y la historia no son buenas fuentes para comprender los aspectos fundamentales que permitan un acercamiento al concepto de ciencia. En este documento se plantea un concepto de ciencia absolutamente diferente, porque el objetivo es llegar a una definición desde bases orientadoras y apartadas del sesgo tradicional que la dirigen y manipulan.

Se sustenta este argumento en que si la ciencia es el cúmulo particular de hechos, teorías y métodos

contenidos en los textos actuales, entonces se debe concluir que los científicos son investigadores que se esfuerzan por contribuir con uno u otro elemento a ese cúmulo, sin importar el resultado de sus trabajos. Por ende, el desarrollo científico se convierte en un proceso gradual mediante el cual esos conceptos se suman, de alguna manera, al mismo cúmulo de conocimientos científicos; por lo que la historia de la ciencia misma llega a convertirse en algo más que una disciplina que registra y relata esos incrementos sucesivos, al igual que de los obstáculos que inhiben su acumulación (Miller, 2008). Cuando un historiador se interesa por trabajar acerca del desarrollo científico se encuentra con dos posibilidades: 1) averiguar por quién y cuándo fue descubierto o inventado cada hecho, ley o teoría científica o 2) describir y explicar los errores, mitos y supersticiones que impiden acumular rápidamente los componentes en el mismo cúmulo científico (Mohl, 2001).

Como producto de estas dudas y dificultades surge una revolución historiográfica encaminada a estudiar y definir la ciencia que, como revolución, apenas discurre en sus primeras etapas. Poco a poco, a veces sin tener conciencia de ello, algunos estudiosos de la historia de la ciencia se plantean preguntas y diferentes líneas de desarrollo con las cuales la definen; pero frecuentemente no tienen corte acumulativo, porque en vez de indagar por los aportes permanentes de las ciencias más antiguas, intentan mostrar la integridad de la ciencia en la historia y en su propia época (Álvarez, 2001). Para detallar sólo un ejemplo: no se indaga en cómo relacionar los aportes de Copérnico con los de la ciencia moderna, si no sobre qué relación existe entre sus aportes y los de su grupo circundante -maestros, contemporáneos y sucesores inmediatos en su rama de conocimiento-; además, se investigan los aportes de cada grupo en particular, con una visión que termina por concederles la máxima coherencia interna a un ajuste estrecho con la naturaleza, una visión muy diferente de la que posee la ciencia moderna (Chalmers, 1982). Al estudiar las obras que resultan de estos procesos, la ciencia pareciera comprenderse de manera muy diferente a la que poseen los escritores actuales: presentan una imagen de la ciencia que, al leerlos de forma desatendida, parece totalmente nueva y en contravía de lo que muestra la historiografía.

Para hacer ciencia, el científico debe determinar los aspectos que acapararán la mayor parte de su esfuerzo. Se destaca, por ejemplo, la insuficiencia de directrices

metodológicas que por sí mismas pueden generar argumentación sustantiva que responda a las preguntas científicas. Debido a esto es que las primeras etapas de desarrollo de la mayoría de las ciencias se enmarcan en discusiones continuas entre las diferentes concepciones de su naturaleza, que a su vez se derivan de la observación y del método científico y que son compatibles a todas ellas. Esto origina, aunque todas sean científicas, un modo particular de suponer el mundo y sus prácticas que no siempre son compatibles cuando se observan desde una ciencia diferente (Príncipe, 2002).

A lo largo de la historia estas posturas originaron una serie de actitudes en su defensa o en su negación, y cuando las personas que hacen ciencia trabajaron en el mismo sentido de sacar adelante su rama de conocimiento se originaron las llamadas revoluciones científicas, que incrementaron el volumen de nuevo conocimiento, o de innovación en otros casos (Friedman y Dunwoody, 1988). Entonces se da inicio a investigaciones extraordinarias que generaron en cada profesión nuevos compromisos y una nueva base para la práctica científica. Esos momentos extraordinarios, al interior de los cuales tienen lugar estas *revoluciones científicas*, son los que rompen con la tradición a la que se había ligado la actividad de la ciencia antes de ellos. Cada una de esas revoluciones tuvo que vivir el rechazo de parte de la comunidad y de las teorías científicas antes reconocidas, para poder adoptar otra que era incompatible con ellas; cada una debió producir cambios radicales en los problemas de los que disponía el análisis científico, así como en las normas por las que esa rama en particular podía determinar si se debía considerar como problema admisible o como solución real de un problema, y cada una de ellas transformó la imaginación científica en modos que se deben describir como una transformación del mundo en el que se realizaba el trabajo científico. Son justamente estos cambios, de la mano con las controversias que los acompañan, las características que definen una revolución científica (Cardoza y Villegas, 1996).

Este argumento es la causa por la que una nueva teoría, sin importar lo especial de su gama de aplicación, raramente o nunca constituye más que un incremento de lo que ya se conocía, porque para asimilarla es necesario reconstruir una teoría previa y re-evaluar hechos anteriores. Pero es un proceso revolucionario que rara vez puede lograr un sólo científico y que requiere tiempo, lo que sustenta la dificultad de la historia de la ciencia para atribuir fechas precisas a estos procesos.

**Lo anterior refuerza el concepto de que la ciencia duda de la veracidad de los hechos que se transmiten desde el pasado y que tratará de determinarlos nuevamente por experiencia propia, lo que constituye el acercamiento al concepto de ciencia del que se ocupa este documento:**

Es el resultado de descubrir que es valioso comprobar nuevamente lo que ya se ha alcanzado en las experiencias pasadas; enseña el valor del pensamiento científico racional y la importancia de la libertad de pensamiento; es el resultado asertivo que se origina al poner en duda la veracidad absoluta de lo aprendido; es un concepto totalmente alejado de aquel que se puede llegar a tener acerca de las formas y procedimientos utilizados para desarrollarla; es el convencimiento de la ignorancia de los expertos y nunca enseña nada, es la experiencia la que enseña (Bunge, 1998).

**Obtener un concepto de ciencia como este es bastante complicado, porque pareciera que la ciencia no llega a nada todavía. Pero es mejor guiarse por la sabiduría popular y permitirles a los científicos que sigan adelante, para que otros científicos los pongan en duda y nuevamente comience el ciclo (Habermas, 2007).**

El concepto de ciencia en el mundo que se describe y discute en este trabajo no se debe pensar como la razón para dudar de todo y de todos los que hacen ciencia, más bien es conveniente para analizar el hecho de que, al parecer, vivimos en una época científica en la que casi todo lo que ofrecen los medios es científico y, consecuentemente, se presenta una alta dosis de tiranía científica en nombre de la ciencia (Baudouin, 1993).

Recordemos que la humanidad no puede vivir por siempre, que cada generación, sin importar cómo lo logre, está en la obligación de transmitir responsablemente el conocimiento que ha alcanzado con su experiencia, de manera que no sean sólo sus errores los que deje de herencia sino el conocimiento acumulado sabiamente; además, debe dejar un mensaje de respeto por el pasado y de aceptarlo con todo y sus defectos.

Solamente la ciencia contiene en sí misma la enseñanza del peligro de la infalibilidad de los grandes científicos de las generaciones pasadas (González, 2002).

## 2.1. LA CIENCIA EN COLOMBIA

La historia de la ciencia en Colombia se estudia seriamente desde finales de 1960. La entidad reguladora de la actividad científica en el país -Colciencias- fue creada en 1968 y las políticas de cubrimiento y empeño por llevar la labor científica al estatus que se merece, apenas tienen décadas. En 1978 Colciencias hizo explícito su

(...) convencimiento cada vez mayor de que la ciencia y la tecnología se han convertido en factores principales del progreso económico y social, a tal punto que las diferencias entre países desarrollados y subdesarrollados se atribuyen en gran medida a las disparidades de sus acervos de conocimientos científicos y tecnológicos (DNP, 2007).

**Lo que refleja el estado de la ciencia en el país: enmarañada en siglos de lucha, revoluciones sin sentido, avaricia política, falta de compromiso académico y un empeño descontextualizado por promulgar la idea de que lo que se hace nacionalmente siempre está por debajo de lo extranjero, sin importar de lo que se trate. Pero se acepta, de forma general, que en Colombia sí hay y sí se hace ciencia y que, por supuesto, sí hay científicos; lo que se necesita es una discusión que permita encontrarlos y, sobre todo, poderlos conceptualizar para beneficio del concepto mismo del término (Misión de Sabios, 1996).**

Una importante recomendación debida a esta idiosincrasia nacional es que se debe separar radicalmente el concepto de ciencia, como organización social, del de ciencia como cultura, porque la historia colombiana tiene una ventaja sobre la de otras naciones: puede aprender de experiencias ajenas. En los países considerados avanzados en ciencia esta separación es el resultado de la autonomía creciente de las instituciones científicas (Chalmers, 1982), pero en el país, aunque la ciencia exista como una actividad socialmente positiva, todavía no se reconoce a los científicos, no se constituyen como comunidad científica, el Estado no es un actor protagonista en el apoyo y aprecio por la ciencia -lo mismo se puede decir de la sociedad civil- y los científicos aun no se desligan de la cultura literaria predominante (Ruíz, 1981).

**Aunque se ha intentado, no con mucho esfuerzo, desligar a las letras y a la ciencia, el país es más reconocido por**

las primeras que por la segunda; parecer ser un deseo manifiesto de que se le reconozca más por lo estético y no precisamente por su razón, prudencia y utilidad (Mesa, 1980). Se pueden citar ejemplos como el de José Enrique Rodó, representante de una resistencia literaria al espíritu científico; el de García Márquez, en cuya obra se describe de forma sorprendente el predominio de lo fabuloso, lo mágico y de rasgos presocráticos, de una comunidad trágica y fatalista en la que el conocimiento no sirve ni para prevenir una calamidad anticipada, complejos que en nada favorecen la comprensión de la ciencia. Esto sustenta lo descrito acerca de considerar abiertamente el papel de la ciencia en el contexto de la cultura nacional. Ahora bien, debido a que la cultura científica es una derivación de la cultura general, es conveniente examinar su génesis; además y como ya se indicó, el país todavía no tiene suficientemente clara esa diferenciación. Entonces, se debe determinar las condiciones que originaron la ciencia o el reconocimiento social del rol del científico, porque puede ser un modelo analítico e ilustrativo del que se extraerán los elementos o variables requeridos para acercarse al concepto de ciencia en Colombia.

Muchos de los estudios que intentaron alcanzar este objetivo no pasaron de ser descripciones elogiosas de acontecimientos acreditados como propios, cuando en realidad fueron descubiertos en otras latitudes, y por esto se da valor de literato o científico a quien no lo merece. Otros estudios se limitaron a describir al país como una cultura que no es compatible con el talento necesario para hacer ciencia e insisten en comparar la producción científica nacional con la de otras naciones -más antiguas, más desarrolladas y por tanto con más tradición científica- (Uricoechea, 1984). Labor característica del siglo XIX cuando se estimaba que existían unas razas con predisposición natural para la ciencia y otras incapaces de alcanzarla. Este concepto se modificó posteriormente cuando se acepta que la ciencia no se puede mirar en sentido unidireccional, sino como una tradición cultural que se desarrolla en un contexto en el que la afectan las variables sociales, políticas y educativas (Parra, 1995).

Pero en Colombia no se hace un buen manejo de estas variables, lo que origina inconvenientes para desarrollar ciencia de forma productiva y útil para la nación; una ciencia que se pueda orientar desde los estudios básicos hasta los superiores y cuyo producto se pueda difundir como teorías o como producto tecnológico. Existe *pereza mental* para orientar los procesos formativos por

el camino de la ciencia, ya sea porque realmente no se sabe nada de ciencia, no se cuenta con los recursos, o simplemente porque el complejo del subdesarrollo y el *parroquialismo* no lo permiten (Patarroyo, 1998).

Otra cuestión importante es que en el país confluyen muchos de los problemas que impiden el avance y el desarrollo de la ciencia, como un bajo nivel educativo, pobreza extrema y violencia cotidiana, que generan alta inestabilidad al respecto. Es una realidad inocultable que no debe oscurecer lo rescatable que se hace en ciencia, ni tampoco maquillarlo con detalles que no le pertenecen. El país debe ser fiel y enorgullecerse de su producción científica; impartirla en las escuelas, en los colegios y en las universidades; motivar y apoyar el estudio de posgrados en ciencia; dedicar los recursos necesarios para darle continuidad a lo hecho hasta ahora e incentivar para que no decaiga el ánimo de los científicos y que, como consecuencia, tengan que abandonar el país (Bateman, 1971).

La ciencia en Colombia es un actor fundamental y un factor emancipador y constructor de hombres y mentes libres, y es bien conocida su participación en las ideas de independencia y su influencia en la concepción de la República. Este detalle no se puede pasar por alto, porque el cultivo del conocimiento científico-tecnológico y la capacidad de innovación siempre parecen estar relacionados en el país, como en otras partes del mundo, con el ideal de tener una nación libre, con economía próspera y una comunidad solidaria y unida. Desafortunadamente, las características a las que ha estado asociado el conocimiento, como las guerras civiles, la inestabilidad política y la económica, en muchas ocasiones impiden que los esfuerzos por fortalecerlo no alcancen la madurez necesaria para resolver los problemas sociales (Misión de Sabios, 1996). Pero sin importar estos escollos, en el país se viene trabajando fuertemente en el campo científico y tecnológico, caracterizándose unas áreas de desarrollo más que otras (Obregón, 1984).

¿Cuál es la concepción de ciencia con la que se realiza esta labor? Colciencias se acerca a la ciencia desde la concepción de que: es mejor definir primero las áreas de interés para el desarrollo del país y encaminar todos los esfuerzos en investigación y desarrollo científico a lograr su afianzamiento (Misión de Sabios, 1996), y para lograrlo identifica las áreas del conocimiento que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Áreas del conocimiento según el concepto de ciencia en Colombia

- 
1. **Investigación fundamental.** Es la que se lleva a cabo sin estar directamente relacionada con una aplicación determinada sino exclusivamente, al menos principalmente, con el fin de hacer progresar los conocimientos y generarlos de forma organizada. Es la investigación que permite avanzar en las respuestas a las preguntas que constituyen las principales preocupaciones humanas.

---

  2. **Materia y energía.** Su objeto de estudio abarca desde la comprensión de la naturaleza de las *diferentes realizaciones* de la energía y la materia, pasando por la aproximación y el desarrollo de la tecnología requerida para manejar la gran diversidad de contextos en los que se presentan, hasta llegar a la invención para transformar el conocimiento científico y tecnológico en bienes y servicios que mejoren la calidad de vida de la población.

---

  3. **Procesos biológicos, agroalimentarios y de biodiversidad.** Su objeto de estudio es la vida, así como los procesos biológicos, físicos y químicos, desde sus diferentes niveles de organización biológica: moléculas, genes, organismos, poblaciones, comunidades y paisajes y también de sus interacciones. Además, incluye la valoración de las formas tradicionales de conocimiento; abarca los estudios relacionados con la identificación y caracterización de la biodiversidad y la generación de nuevo conocimiento en relación con los procesos biológicos en todos los niveles de organización.

---

  4. **Ser humano y su entorno.** Surge como respuesta a los problemas relacionados con la salud humana, la seguridad social y ambiental, la conservación del planeta y la necesidad de construir un desarrollo socioeconómico sostenible y humanitario, de forma que asegure la base ambiental para el bienestar de las comunidades.

---

  5. **Educación, cultura e instituciones.** Es el área de la comprensión integral de los sistemas humanos, la generación de innovaciones sociales y la contribución al desarrollo humano y social de las comunidades para permanecer como sociedad viable. Tiene como objeto construir conocimiento que permita comprender la complejidad de los problemas nacionales y brindar alternativas de solución.

---

  6. **Gestión del conocimiento, aplicaciones sociales y convergencia tecnológica.** Comprende tres temas fundamentales: 1) la naturaleza del conocimiento y la innovación y sus procesos asociados, 2) las relaciones de ese conocimiento con la sociedad y las aplicaciones sociales y productivas de la innovación y el conocimiento y 3) los productos de este conocimiento y sus tecnologías convergentes. En el estudio de estos temas surgen otros dos que contribuyen a su esclarecimiento: la gestión de la innovación y del conocimiento y la convergencia tecnológica.

---

Fuente: (DNP, 2007)

De la Tabla 1 se desprende que el mayor esfuerzo se dedica a la obtención de productos para mostrar y muy poco a propiciar el surgimiento de intereses por estudiar ciencia en las nuevas generaciones. No se vislumbra una política clara de los contenidos curriculares en escuelas y colegios acerca de qué enseñar en cuanto a ciencia y tecnología; no se tienen profesores capacitados para iniciar ese movimiento, ni mucho menos para propiciarlo; en las universidades no se trabaja con suficiente vehemencia para acercar a los estudiantes al concepto histórico de ciencia, tecnología, técnica o innovación, pero se espera que se motiven por la investigación (Safford, 1989).

Es necesario acabar con la idea de que hacer ciencia es muy complicado, que es labor de algunos *loquitos* que no tienen vida social, o que se requiere una infraestructura costosa y complicada para hacerlo. Este pensamiento tergiversa el concepto al punto de querer mostrar, como producto científico, cualquier artículo o libro que se origina en las llamadas *ciencias sociales*, en los que el mayor esfuerzo científico es diseñar herramientas para recolectar la información. Se busca

la forma fácil, la menos exigente, aquella en la que no se sufre el verdadero *oficio* de ser científico; en la que los resultados se obtienen, se escriben y publican pero no se contrastan; la que tiene vigencia corta; la que no ofrece un producto diferenciador y la que se queda en informes y no en intervenciones de verdadero cambio social (Melo, 1990).

Al parecer el objetivo de este proceso es describir cómo se hace ciencia y no el de cómo se investiga. Pero si realmente se desea lograr los niveles de progreso proyectados en los planes de desarrollo, es el momento de hacer investigación aplicando ciencia, es decir, *investigación científica real*. Los países desarrollados no alcanzaron ese nivel realizando investigaciones para conocer cuántas mujeres se embarazan antes de los 14 años, cuál es el nivel de alfabetización de una comuna, o por qué hay violencia familiar, cuestiones que son importantes, si no que lo lograron aplicando el concepto de ciencia e investigación para el progreso. En el país ya se conoce suficiente acerca de esos temas, pero el conocimiento acumulado no se refleja en una intervención que modifique el estado de la situación

detectada (Obregón, 2002). Se muestran productos en ciencia pero sin fundamentación formativa y se trazan retos sin prospectiva de verdadero progreso y desarrollo, además, la *batalla* por alcanzar el apoyo estatal es complicada y sólo unos pocos logran esa meta (DNP, 2007). En la Tabla 2 se hace un recorrido por la historia de la ciencia en Colombia.

## 2.2. LA CIENCIA EN LA UNIVERSIDAD COLOMBIANA

El concepto de ciencia ha sufrido una verdadera evolución a lo largo de la historia de la academia colombiana, donde el desarrollo científico universitario

Tabla 2. Historia de la ciencia en Colombia

1.	<b>Descubrimiento y conquista:</b> 1492-1520. Crónicas, relatos y cartas que registran las primeras noticias sobre los motivos, hallazgos y consecuencias de descubridores, conquistadores y misioneros en el Caribe y en el continente.
2.	<b>Establecimiento de comunidades religiosas y educativas:</b> 1550-1620. Autorización por medio de cédulas, provisiones, ordenanzas reales y concesiones a las comunidades y congregaciones religiosas de Jesuitas, Franciscanos y Dominicos para organizar la educación destinada a la formación e instrucción de religiosos y seglares en el Nuevo Reino de Granada.
3.	<b>Expedición Istmo, El Dorado, Amazónica:</b> 1520-1577. Ordenanzas de los reyes Carlos I de España, Carlos V de Alemania y Felipe II dirigidas a conocer, estudiar y aprovechar fenómenos naturales, geológicos singulares y exóticos de la riqueza de la flora y la fauna, las minas de las nuevas tierras y especialmente de las sociedades indígenas de estas regiones. Todo esto contribuyó a hacer de España el mayor imperio del mundo con hegemonía de conocimientos náuticos, mineros, agronómicos y económicos.
4.	<b>Expedición Botánica:</b> 1783-1816. La apertura de Europa al conocimiento ilustrado por parte del rey Carlos III de Borbón permitió la organización de la Expedición Botánica, cuyo mayor impacto consistió en producir un cambio en el enfoque curricular imperante en la enseñanza de la ciencia y de las profesiones, la clasificación taxonómica de fauna y flora, las primeras observaciones sociales y la formación de un espíritu ilustrado con una clara y dramática conciencia política.
5.	<b>República y reorganización de la educación y misiones:</b> 1820-1848. La República organiza la educación, crea Escuelas Normales y funda las universidades Central y de Boyacá. Trae misiones de sabios, ingenieros y expertos de Francia, Alemania, Bélgica y modelos educativos ingleses, inspirados en Lancaster, Pestalozzi y Bentham que privilegiaban la educación laica y la libertad de enseñanza.
6.	<b>Comisión Corográfica:</b> 1859-1869. Dirigida por Agustín Codazzi, Manuel Ancizar y José Jerónimo de Triana, no sólo estableció un balance entre la geografía humana, los recursos naturales y la gobernabilidad de las provincias, sino que formó la generación más ilustrada de políticos, pedagogos y gobernantes del siglo XIX, comprometidos con el papel de la educación, de la ciencia, de las profesiones, de las artes y oficios para el conocimiento y la solución de los problemas nacionales.
7.	<b>Educación y ciencia para la solución de problemas nacionales:</b> 1860-1887. La Misión Alemana, conformada por nueve eximios educadores, contribuyó a la creación de una atmósfera pedagógica y metodológica que culminó con la re-creación de la Universidad Nacional en 1867 como Escuela de Método y el establecimiento de más de veinte Escuelas Normales con enfoques instruccionales.
8.	<b>Formación moral e instrucción pública:</b> 1903-1927. Establecimiento de las primeras universidades departamentales, la adopción de modelos de facultades de agronomía, ingeniería, minas, medicina y de institutos autónomos con misiones de atender demandas y solucionar problemas regionales.
9.	<b>La revolución en marcha:</b> 1929-1946. Introdujo una concepción transformadora de la educación superior con base en los postulados del Manifiesto de Córdoba-Argentina de 1918, que propugnaban la modernización científica, la gratuidad, el co-gobierno y la autonomía universitaria. También se abrió paso la pedagogía alemana, liderada por Fritz Karsen, rector/autor de la Ciudad Universitaria. A partir de los desarrollos de la nueva escuela tiene lugar la Reforma a la Modernidad en la que se acogen postulados de Agustín Nieto Caballero y pedagogos europeos como María Montessori y Ovidio Decroly y desde instituciones como el Gimnasio Moderno, el Ministerio de Instrucción Pública y la Universidad Nacional.
10.	<b>Arribo de científicos y profesores europeos a la Universidad Nacional:</b> A partir de la década de 1930 y tras la Segunda Guerra Mundial, tuvo lugar la llegada al país de prominentes profesores como Rother en 1936, Yeray en 1938, Violi en 1939, Federici en 1948 y Parma en 1949. También se destaca la oportuna contribución de eminentes urbanistas como Brunner, Le Corbusier, Wiener y Sert.
11.	<b>Fundación de Cenicafé:</b> El IX Congreso cafetero creó el Centro Nacional de Investigaciones del Café-Cenicafé en 1938, con sede en el municipio de Chinchiná, Caldas.

Fuente: (DNP, 2007)

pasó de ser evaluado por la cantidad de productos surgidos de los procesos investigativos y la importancia de los profesores que se contrataba, a verse como una perspectiva de producción y apropiación social del conocimiento mediante un aprendizaje sobre las interacciones y las estrategias de un mundo globalizado, y haciendo uso de las nuevas tecnologías (Toro, Campo y Myers, 1979). Surge entonces un proyecto cultural y educativo problematizador que, bajo un nuevo contrato social, garantiza la apropiación social del conocimiento y el desarrollo científico y tecnológico como patrimonio común de la humanidad. Las políticas que orientan este modelo formativo y que permiten responder a las nuevas demandas sociales son: cambio en la forma tradicional de vivenciar intercambios culturales; preparación adecuada para interactuar con el mundo global a partir de nuevas formas de pensamiento situadas en diversos contextos; establecer nuevos mecanismos y estrategias de participación para el trabajo colaborativo; identificar los campos de interés susceptibles de ser compartidos y estructurar una adecuada disposición para el trabajo en red (Bonilla, 1979). Además, estas políticas le facilitaron a la academia alejarse del pensamiento clásico -articulado a formas tradicionales de conocer el mundo- y la acercaron a los niveles de realidad, a las nuevas lógicas de pensamiento y a los objetos de estudio y sujetos de interacción a los que debía ingresar en el nuevo siglo.

En este escenario surge el interrogante por las implicaciones del desarrollo científico y tecnológico universitario y sus consecuencias sobre los diversos campos de formación y variadas denominaciones, como ciencias humanas, ciencias sociales, ciencias básicas, ciencias jurídicas, ciencias económicas, y otras tantas que pueden complementar la definición de diferencias y singularidades que determinan su participación en la ciencia, o su atraso respecto de la misma. El estudio y práctica desigual de la ciencia significa a la vez una apropiación desigual, inequitativa y excluyente de los beneficios derivados de los avances científicos y tecnológicos, que se podrían aprovechar de mejor manera si se lograra una transición conceptual (Torres y Salazar, 2002). La universidad lograría así incorporar el desarrollo científico y tecnológico al desarrollo humano y social tradicional y mantenerlo desde su modelo pedagógico.

Además, se debe reflexionar acerca del desarrollo humano que soportan los avances científicos y tecnológicos, porque esta situación establece

consideraciones económicas, políticas, éticas y axiológicas. Reconocer un lugar básico a la apropiación social del desarrollo científico y a su impacto sobre la humanidad es convalidar conceptos que antes no se reconocían, como legitimidad, autonomía, libertad y responsabilidad en la producción del conocimiento. Esta apreciación tiene su origen en la construcción del discurso que se genera al responder a los interrogantes de si es posible hablar de ciencia sin conciencia, o si la comunidad científica está exenta de responsabilidad cuando sus productos tienen un impacto negativo en la sociedad y el medio ambiente (Urra, 2006). La ciencia es producto de humanos y como producto histórico social está sujeta a los intereses de éstos, por lo que la universidad tiene un compromiso con la producción del conocimiento y está obligada a reflexionar acerca de los alcances, las implicaciones y las consecuencias del quehacer científico. Más que llegar a re-conocer estas responsabilidades, la academia está obligada a regular, con base en una concepción interna, la labor científica de su comunidad; porque esta labor se enmarca en principios sociales, humanos y de servicio que posibilitan incursionar en el entorno científico con responsabilidad y control de los productos resultantes.

Si buscar la ciencia con condición verdaderamente humana es una obligación de la academia, entonces desarrollar conocimiento y utilizar nuevas tecnologías y aprendizajes con base en las interacciones y estrategias de la globalización debe ser la plataforma sobre la cual lo afiance (Colciencias, 1998).

Estas premisas constituyen el cambio de paradigma al que la Universidad debe encaminar su quehacer formativo respecto de la ciencia. Este proceso se debe mirar desde una perspectiva científica experimental, en la cual el investigador participa en la solución de acuerdo con los resultados que obtiene. Esto es lo que ha sido difícil desde la concepción de ciencia aplicada, porque la concepción social difiere grandemente de ésta, porque termina los procesos cuando el problema se conoce y se puede describir y no cuando se interviene activamente para solucionarlo (Gibbons, Limoges, Nowtny, Schwartzman, Scott, y Trow, 1997).

La tendencia actual en las universidades es permitir una participación activa de las Ciencias Básicas en los procesos formativos y de aplicar poco a poco la ciencia en los proyectos que patrocinan, lo que les permitirá acercarse a una sociedad con necesidades y aspiraciones particulares.

A mediados del siglo XX la necesidad primordial del país era la cobertura social en cuanto a la falencia de recursos básicos para subsistir, como alimentación, salud, vivienda, estabilidad emocional y unión familiar, lo que constituyó el ambiente desde el que nació la idea de patrocinar y, de alguna manera, regular la investigación por parte del Estado. Las investigaciones se orientaron a describir y conocer esas falencias así como el contexto sobre el que se desarrollaban (Forero y Jaramillo, 2002). La universidad tuvo que decidir entre continuar sus procesos investigativos para lograr desarrollo, o trabajar de acuerdo con las políticas estatales y cubrir esas necesidades sociales. Pero hoy la situación cambió y ya no es suficiente con suplir esas deficiencias, también es necesario proponer soluciones desde el conocimiento adquirido y participar en la implementación luego de conocer la situación problema. Ese tipo de investigación, orientada por la ciencia aplicada, es el campo de acción de las actuales universidades; hoy se investiga desde las necesidades sociales, pero también para encontrar productos que se puedan aplicar en la solución al problema detectado (Jaramillo y Forero, 2002).

Para alcanzar este objetivo es necesario que la academia, la industria y el Estado aúnen esfuerzos. La universidad debe fortalecer sus vínculos con el sistema productivo, lo que se alcanza con atención profesional a la demanda industrial y a sus críticas y con participación activa en los planes de mejoramiento en TIC. Es necesario que universidad e industria se den cuenta de la necesidad que tiene una de la otra, porque se debe agregar valor a la producción a través de la capacidad innovadora que el conocimiento, generado desde la academia, puede aportar (Sarewitz, 1996). Además, es necesario que la industria invierta en procesos innovadores y de investigación para diversificar su producción o para mejorar los procesos existentes, de tal forma que pueda competir y sobrevivir en el mundo globalizado.

### 3. El proceso de la tecnología

Tradicionalmente se asocia el término tecnología con el concepto de artefactos o aparatos, lo mismo que al proceso de producción. En el ambiente académico se referencia como la aplicación sistemática de conocimientos científicos para llegar a resolver problemas prácticos. Inclusive, se llega a concluir que el desarrollo tecnológico actual se apoya en la información y las telecomunicaciones, donde la tecnología es

reconfigurable y utilizable en campos para los que no fue desarrollada, lo que les permite a los usuarios sobrepasar su uso lineal y llevarlo a un nivel creativo (Cardoza y Villegas, 1996).

Otra cuestión interesante es que la actual capacidad tecnológica se soporta no sólo en máquinas, sino también en el software, los programas y los lenguajes informáticos. Esto genera un contexto en el que cambia el concepto, los objetivos y las funciones de la tecnología y se origina la noción de tecnología intelectual. La tecnología deja de ser concebida como aparatos y sistemas y se le asigna esa misma concepción a un programa de una materia, a un material educativo, a una estrategia o a un método que, en resumen, son conocimiento (Ferraro, 1999). A la vez que se convierte en la base de la actual Sociedad de la Información y el Conocimiento, porque ella se soporta en que no sólo lo material se puede considerar tecnología. Hoy es posible aportar con otro sentido, con otro objetivo y con otra cobertura, por lo que una idea, un proyecto o una discusión, también se pueden considerar capacidad tecnológica. Socialmente, la tecnología es consecuencia de la ciencia y de la ingeniería (Mogollón, 2003) y una forma de comprender esta relación es partir de los actuales sistemas tecnológicos. En tal sentido, Hughes (1983) explica, en su estudio de los sistemas eléctricos de potencia de comienzos del siglo XX, que se evidencia componentes complejos y desordenados que interactúan para solucionar los problemas. En la sociedad los sistemas tecnológicos están conformados por artefactos físicos, organizaciones, componentes científicos, componentes legislativos y recursos naturales, pero también por personas, como inventores, científicos, industriales, ingenieros, gerentes, financieros y empleados, que no se pueden considerar artefactos de los sistemas porque su grado de libertad no es comparable con esos objetos.

Sin importar por qué se generan estos acercamientos al término, es cierto que ningún otro factor incrementa el desarrollo de la vida de los seres humanos como el que provoca la tecnología. Aunque muchas veces el término se percibe como algo abstracto que se materializa en los objetos, en cierta medida la tecnología engloba un concepto abstracto a través del cual los humanos diseñan máquinas y herramientas para mejorar la comprensión del entorno en el que habitan, y como resultado obtienen un significado generalizado que la define como el estudio o la ciencia de los oficios (Ferraro, 1999).

Ciencia y tecnología se asemejan porque ambas involucran procesos intelectuales, se refieren a relaciones

causales dentro del mundo material y procesan métodos experimentales con los que realizan demostraciones empíricas verificables. Se diferencian en que la ciencia tiene menos relación con lo práctico y más con el desarrollo de leyes generales, mientras que la tecnología se relaciona necesariamente con la práctica, porque le proporciona las ideas que permiten realizar innovaciones tecnológicas y porque los procesos de investigación son necesarios para alcanzar cualquier avance significativo (Álvarez y Gómez, 1993). Aunque ambas están interrelacionadas, los avances científicos recientes soportan una fuerte oposición porque la sociedad teme más a la tecnología que a la ciencia, lo que fundamenta la percepción de la ciencia como objetiva y serena, mientras que la tecnología, mal manejada, puede llegar a perder el control (Serna, 2012).

El acercamiento a la ciencia que se desarrolló previamente deja de lado los efectos negativos que pudo ocasionar, porque se concibió como algo positivo, pero gracias a la tecnología la sociedad ganó un control casi total sobre la naturaleza y pudo construir la civilización; incrementó la producción de bienes y servicios con lo que redujo el esfuerzo de fabricación; en la industria las máquinas realizan la mayoría de los trabajos lo que permitió producir más con menos esfuerzo; buena parte de la población alcanzó un mejor nivel de vida y consiguió superar sanamente sus expectativas de vida. En el extremo de lo negativo, la tecnología puede generar desocupación -humanos reemplazados por máquinas-, diferencias sociales -categorización de trabajadores por conocimientos tecnológicos- y contaminación del medio ambiente (Serna, 2012).

La tecnología tiene como función responder a los deseos y necesidades del hombre en un contexto social concreto, y para lograrlo debe relacionar los conceptos de ciencia -reflexión teórica, conocimiento científico, carácter investigador-, técnica -herramientas, intuición, conocimiento práctico- y la estructura social -economía, sociedad y cultura-, por tanto es el reflejo de la capacidad del hombre para construir, a partir de materia prima, una variedad de objetos, máquinas y herramientas, y desarrollarlos y perfeccionarlos (Lederman, 1984). Otra característica de la tecnología es que su definición abarca conceptos como modernidad y educación, porque la sociedad actual se identifica como moderna cuando comprende y administra todo tipo de instrumentos de comunicación y porque términos como modernidad y tecnología identifican un momento histórico. Además, la pedagogía de la educación se respalda en innovaciones

tecnológicas como instrumento que beneficia la labor docente al facilitar los procesos de aprendizaje (Mohl, 2001).

Las universidades están llamadas a liderar los programas de transferencia tecnológica, porque en ellas se genera conocimiento como producto de la investigación. Trasferir tecnología es identificar, categorizar y caracterizar las necesidades y las demandas tecnológicas de los productores en un sector determinado y de formular las soluciones. No siempre se alcanza ese proceso en la producción o mejora de productos, también se puede lograr mediante el intercambio del recurso humano. La transferencia tecnológica de la universidad a la industria es un programa que se debe construir mediante la resolución de ciertos desafíos:

1. *Comprender que los humanos viven y se sitúan entre dos culturas.* Por un lado la universidad, dedicada a la investigación básica con un cuerpo de profesores motivados principalmente por la curiosidad, con el objetivo de descubrir nuevo conocimiento y preocupados por publicarlo y compartirlo con la aspiración principal de la responsabilidad social, y por otro lado la industria, más interesada en la investigación aplicada, con objetivos específicos y preocupada por desarrollar nuevos y novedosos productos, no conocimiento, por lo que genera muchos misterios y secretos; su responsabilidad no se orienta hacia la sociedad sino hacia los propietarios. Los programas de transferencia tecnológica de las universidades se encuentran entre estas dos culturas y solamente tendrán éxito si logran comprenderlas, valorarlas y llegar a hablar ambos idiomas en los dos mundos (Rothwell y Zegveld, 1985).
2. *Desarrollar una misión y una visión claras respecto del programa de transferencia tecnológica, sus objetivos y su razón de ser.* En estos programas se observan tres grandes propósitos con distinto peso, dependiendo de la universidad donde estén ubicados: 1) la misión social -asegurar que la sociedad reciba los beneficios de las invenciones- de la que se desprende la importancia del programa en el desarrollo regional y económico mediante la conformación de nuevos negocios alrededor de las invenciones y tecnologías universitarias, 2) capturar valor para la universidad, lo que se puede reflejar en los ingresos que los programas generan y que pueden ser motivo para iniciarlos y 3) ser un servicio para el personal docente, al que se ayuda a conseguir

financiamiento en la industria para que los frutos de sus investigaciones se transformen en productos que beneficien a la humanidad. Estos propósitos promueven la misión académica de la universidad al enfatizar en que la investigación se traduce en resultados benéficos, acceso a los productos, mejorar el alcance del personal docente e impactar el desarrollo económico con nuevas iniciativas (Reger, 1997).

3. Comprender el proceso de comercialización de la transferencia de tecnología. A través de la evaluación de su potencial tecnológico y comercial, con patentes, marketing y la relación con otras tecnologías. Luego buscar las empresas interesadas en adquirir los derechos, o los inversionistas deseosos de crear empresa con el programa en torno a esa tecnología. Posteriormente estructurar el negocio, ya sea otorgando la licencia o iniciando un instituto Spin-off con las empresas, para dar inicio al proyecto (Lima y Queluz, 2005).

#### 4. El proceso de la innovación

Innovar es introducir un producto, un bien o un servicio nuevo o significativamente mejorado en un proceso, método de comercialización o método organizativo de las prácticas internas de una empresa u organización. Es una función de ideas a valor, que consiste en encontrarlas dentro o fuera de la entidad y que pueden tener algún valor; es una transformación de la creatividad en soluciones que aporten beneficio a todas las partes implicadas (Snyder, 2004). La actividad innovadora se corresponde con las operaciones científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales que conducen o tienen por objeto conducir a la introducción de innovaciones. Algunas son innovadoras en sí mismas y otras, sin ser nuevas, son necesarias para introducir innovaciones. La actividad de innovación también incluye a la de I+D+i, que no está directamente vinculada a la introducción de una innovación en particular.

Cuando se relaciona a la innovación con actividades investigativas se hace referencia a lo que el producto de la investigación retorna a la sociedad, es decir, los cambios generados por la intervención del producto, su análisis y posterior devolución. La investigación, cuyo producto final queda en un libro o en un artículo, no genera innovación, porque la sociedad no ve alterados

sus procesos de vida y de convivencia por la aplicación de los resultados alcanzados en el proceso investigativo. Para que el esfuerzo del investigador se refleje en un cambio en los sujetos de estudio, lo ideal es que toda investigación genere innovación; pero cuando se hace investigación sólo para determinar el estado del arte de una situación problemática, no es posible que se alcance a intervenir socialmente. El objetivo de la labor científica debe ser el de llegar a intervenir con los resultados del proceso investigativo para mejorar, o modificar, la situación problemática para el beneficio social, razón de ser de las universidades (Escardino, 1995).

Es por esto que una característica común a todo tipo de innovación es que debe ser introducida en algún ambiente. Por ejemplo, un nuevo producto se introduce cuando se lanza al mercado; un proceso, un método de comercialización o un método de organización se introduce cuando se utiliza efectivamente en el contexto operativo organizacional, y una modificación en la conducta de una población se introduce cuando se modifica un accionar de la misma. Una empresa es innovadora cuando introduce modificaciones en sus procesos y una investigación es innovadora no cuando señala situaciones y hechos que antes no se habían percibido, sino cuando hace uso de esos descubrimientos para modificar y mejorar un ambiente social (Ominami, 1986).

Para Colciencias (1997) la innovación se define como una estrategia empresarial relacionada con el desarrollo de nuevos procesos y productos, con la adquisición y adaptación de nuevas tecnologías y cambios gerenciales y organizacionales. Esta innovación puede ser de dominio tecnológico y de dominio no material -en los campos comercial, organizacional e institucional-. Dentro de los aspectos que abarca, está el reconocimiento de la oportunidad, la generación de la idea y la formulación de la misma, incluyendo las tecnologías de proceso, equipo y operación.

Alcanzar las actividades de innovación se puede dar en los siguientes contextos: 1) el tecnológico, cuando lo que se busca es originar nuevos mercados, adaptar tecnologías, crear o desarrollar técnicas o modificar métodos de producción, 2) el económico, cuando se busca la sustitución de bienes, abrir nuevos mercados o mantener la participación en ellos, aumentar la flexibilidad de la producción, disminuir costos o reducir los efectos en el medio ambiente y 3) el social, cuando se busca impactar a través de cambios de hábito, mejoras en las relaciones

interpersonales, educación, capacitación o mejorar relaciones intergrupales y socialización productiva. En este último contexto se presentan obstáculos para alcanzar los objetivos propuestos en la decisión de innovar, principalmente los relacionados con el tipo de penetración, las limitaciones socioeconómicas, la falta de personal capacitado, los bloqueos de tipo emocional, lo cultural y perceptual, la barreras organizacionales o la falta de capacidad del investigador que no tiene visión innovadora (Quintas, 1997).

En Colombia la innovación característica se centra en los recursos humanos, la tecnología y el manejo de la innovación misma, y aunque la gestión y la transferencia tecnológica tienen relativa importancia, la responsabilidad de gestionar recae principalmente en la academia. La innovación producto de la investigación social podrá ser moderada y difícil de proyectar pero no imposible (Rodríguez y Alvarado, 2008). Al realizar una lectura a las proyecciones actuales y a las políticas universitarias al respecto, se puede determinar que el trabajo en el tema surge y se convierte en factor determinante para la sostenibilidad de la llamada investigación formativa y no para la científica. En la academia, donde los procesos de selección para apoyar proyectos de investigación valoran primero su valor social y humanista, se debe propender por motivar una investigación que, sin importar su tipo, tenga como objetivo final la innovación que impacte la población objeto de la investigación; esto calificaría mejor los procesos investigativos y permitiría la construcción de mejores indicadores para valorar el trabajo en ciencia, tecnología e innovación (López y Luján, 1997).

## 5. Conclusiones

El sistema universitario funciona de acuerdo con procedimientos metódicos que se pueden evaluar con criterios de eficiencia. Las situaciones históricas, caracterizadas por una excelencia sustentada en la competitividad, obligan a que las universidades se preocupen por la calidad y los resultados de su producto, lo que necesariamente conlleva la instauración de una pasión metódica por los procesos que en ellas se ejecutan. En este marco es importante tener presente que calidad y liderazgo van de la mano, es decir, el liderazgo al interior de la academia está representado en la calidad de sus productos y al exterior por la asociación, mientras que en los procesos la transforman de universidad capacitadora a formadora. La calidad

es cultura organizacional, es el reflejo de un equilibrio dinámico y de unas relaciones armónicas entre los subsistemas constituyentes: el filosófico, que congrega creencias y principios, el actitudinal, que reúne comportamientos y relaciones en la comunidad, el estructural, que es lo que concierne a la desagregación de dependencias y funciones, el técnico, que es todo lo que tiene que ver con infraestructura material y equipos, el administrativo, que reúne procesos financieros y de desarrollo humano y el normativo o legal, que abarca las normas, los reglamentos y las demás regulaciones formales.

Esta infraestructura no tiene valor alguno si la actividad académica no tiene relación directa con los conceptos temáticos de la ciencia, la tecnología y la innovación. De las universidades se espera que lideren los procesos en cada uno de ellos y que capaciten y formen para su generación, estructuración y aplicación, de tal manera que se aprovechen socialmente para el beneficio y el progreso de la humanidad. Además, deben inculcar lo ético para que el uso de los mismos se haga dentro de las expectativas esperadas y sin alterar el flujo normal de la naturaleza.

Se requiere mayor compromiso de la academia para hacer de estos tres conceptos herramientas de progreso y de mejoramiento de la calidad de vida en el planeta. Hacer ciencia por hacerla no tiene sentido si no se aplica un carácter formativo en cada proceso; el desarrollo tecnológico debe aportar conocimiento y beneficio social para que su uso no sea objeto de controversia, y la academia debe encaminar sus esfuerzos en lograr profesionales más comprometidos con este objetivo; investigar en ciencia para generar tecnología y no innovar es una falencia de la formación latinoamericana, región que se ha especializado en consumir y no en producir. Es aquí donde las universidades tienen su mayor participación porque los resultados de sus procesos investigativos deben culminar con productos innovadores en la industria y en la sociedad, en mejores formas de aplicar la tecnología, en mayor progreso al contar con nuevas y revolucionarias ideas y en bienestar social al contar con productos de uso inmediato. ≡

## NOTAS

1. Este artículo surge como producto del proyecto de investigación «Sistema de Indicadores de Ciencia y Tecnología en la FUNLAM con énfasis en el seguimiento y medición del impacto social». Febrero 2011 - Marzo 2012. Financió FUNLAM.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADLER MORTIMER, Jerome. *Cómo leer ciencia y matemáticas*. Caracas: CONACYT, 1982. 19 p.
2. ALEGRÍA, Margarita. *Cómo leer la ciencia para todos - Géneros discursivos*. México: Fondo de Cultura Económica, 2006. 224 p.
3. ÁLVAREZ BLANCO, José María. *Calcos científico-técnicos: entre la precisión y la confusión*. En: *Panace@*, Vol. 2, No. 5, (2001); pp. 31-35.
4. ÁLVAREZ HEREDIA, Benjamín y GÓMEZ BUENDÍA, Hernando. *Ciencia y tecnología - Retos del nuevo orden mundial para la capacidad de investigación en América Latina*. Bogotá: Instituto de Estudios Liberales Tercer Mundo Editores, 1993. 349 p.
5. ARONOWITZ, Stanley. *Science as power - Discourse and ideology in modern society*. USA: University of Minneapolis, 1988. 384 p.
6. BARCELÓ, Miquel. *Ciencia, divulgación científica y ciencia ficción*. En: *Quark: Ciencia, medicina, comunicación y cultura*, No. 11, (1998); pp. 35-43.
7. BATEMAN, Alfredo. *Apuntes para la historia de la ciencia en Colombia*. Bogotá: Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas Francisco José de Caldas, 1971. 355 p.
8. BAUDOUIN, Jurdant. *Popularization of science as the autobiography of science*. En: *Public Understanding of Science*, Vol. 2, No. 4 (1993); pp. 365-373.
9. BIERMANN, Frank. *Big science, small impacts - in the South? The influence of international environmental information institutions on policy-making in India*. En: *Global Environmental Change*, Vol. 11, No. 4 (2001); pp. 297-309.
10. BLUM, Deborah; KNUDSON, Mary y HENIG, Robin. *A field guide for science writers*. USA: Oxford University press, 2005. 336 p.
11. BONILLA, Elssy. *Ideología y Educación en Colombia - Notas para su análisis*. En: *Desarrollo y Sociedad*, No. 1 (1979); pp. 75-85.
12. BUNGE, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Sudamericana, 1998. 144 p.
13. CALONGEO, Julio. *El lenguaje científico y técnico*. En: SECO, Manuel y SALVADOR, Gregorio (Eds.), *La lengua española hoy*. Madrid: Fundación Juan March, 1995. pp. 75-186.
14. CALSAMIGLIA, Helena. *Divulgar: itinerarios discursivos del saber*. En: *Quark: Ciencia, medicina, comunicación y cultura*, No 7 (1997); pp. 9-18.
15. CALVO, Manuel. *La divulgación científica en una sociedad tecnológica*. En: *Theoría*, Vol. 7, No. 16-18 (1992); pp. 645-651.
16. CARDOZA, Guillermo y VILLEGAS, Raimundo. *América Latina*. En: *Informe mundial sobre la ciencia*. Paris: Ediciones Unesco, 1996. 372 p.
17. CHALMERS, Alan. *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI editores, 1982. 262 p.
18. COLCIENCIAS. *Desafíos en la construcción de una sociedad del conocimiento. Informe de cuatrienio 1995-1998*. Bogotá: COLCIENCIAS, 1998. 198 p.
19. COLCIENCIAS. *Resultados e impacto de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico - Algunos casos*. Bogotá: Sistema Nacional de Innovación, 1997. 149 p.
20. Di TROCCHIO, Federico. *Las mentiras de la ciencia - ¿Por qué y cómo engañan los científicos?* Madrid: Alianza Editorial, 1998. 469 p.
21. DPN. *Departamento Nacional de Planeación. Visión Colombia II centenario 2019*. Bogotá: Grupo OP Gráficas S.A, 2007. 34 p.
22. ESCARDINO, Agustín. *Reflexiones sobre la I+D, la universidad y las empresas Industriales*. Madrid: Castelló de la Plana, 1995. 19 p.
23. FERRARO, Ricardo. *Para qué sirve la tecnología: un desafío para crecer*. Buenos Aires: Capital Intelectual, 1999. 125 p.
24. FORERO, Clemente y JARAMILLO, Hernan. *The Access of Researchers from Developing Countries to International Science and Technology*. *International Social Science Journal*, Vol. 171, No 54 (2002); pp. 129-140.
25. FRIEDMAN, Sharon y DUNWOODY, Sharon. *Scientists and journalists - Reporting science as news*. USA: American Association for the Advancement of Science, 1988. 333 p.
26. GALAGOVSKY, Lidia; BONÁN, Luisa y ADÚRIZ, Aritz. *Problemas con el lenguaje científico en la escuela - Un análisis desde la observación de clases de ciencias naturales*. En: *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 16, No. 2 (1998); pp. 315-321.
27. GIBBONS, Michael; LIMOGES, Camille; NOWTNY, Helga; SCHWARTZMAN, Simon; SCOTT, Peter y TROW, Martin. *La nueva producción de conocimiento - La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor, 1997. 235 p.
28. GIBBS, Wayt. *Ciencia del Tercer Mundo*. *Investigación y Ciencia*, No. 231 (1995); pp. 70-79.
29. GONZÁLEZ, Manuel. *Aspectos Éticos de la investigación cualitativa*. *Revista Iberoamericana*, No. 29 (2002); pp. 85-103.
30. HABERMAS, Junger. *Ciencia y técnica como ideología*. Buenos Aires: Tecnos, 2007. 181 p.
31. HUGHES, Thomas. *Networks of Power - Electrification in Western Society 1880-1930*. USA: The Johns Hopkins University Press, 1983. 474 p.
32. JACOBI, Daniel. *La communication scientifique - Discours, figures, modèles*. Francia: Presses Universitaires de Grenoble, 1999. 277 p.
33. JARAMILLO, Hernan y FORERO, Clemente. *La Interacción entre el capital humano, el capital intelectual, y el capital social - Una aproximación a la medición de recursos humanos en ciencia y tecnología*. *Ricyt*, Vol. 1 (2002); pp. 141-158.
34. KEMPA, Rafael. *Students' learning difficulties in science: Causes and possible remedies*. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, No. 2 (1993); pp. 119-128.
35. KUHN, Thomas. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE, 1990. 318 p.
36. LEDERMAN, Leon. *The value of fundamental science*. *Scientific American*, Vol. 251, No. 5 (1984); pp. 40-47.

37. LIMA, Domingos y QUELUZ, Gilson. Tecnologia e a educação tecnológica - Elementos para uma sistematização conceitual. *Revista Educação & Tecnologia*, Vol. 10, No. 1 (2005); pp. 19-28.
38. LOFFLER, Anne. Typologie des discours scientifiques - Deux approches. *Études de Linguistique appliquée*, Vol. 51 (1993); pp. 8-20.
39. LÓPEZ, José y LUJÁN, José. Ciencia y tecnología en contexto social - Un viaje a través de la controversia. En: RODRÍGUEZ, Francisco; MEDINA, Rosa y SÁNCHEZ, Jesús (Eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad, Contribuciones para una cultura de la paz*. España: Universidad de Granada (1997); pp. 203-222.
40. MELO, Jorge. Algunas consideraciones globales sobre «modernidad» y «modernización» en el caso colombiano. *Análisis político*, No. 10 (1990); pp. 23-35.
41. MESA, Darío. El espíritu científico de la cultura colombiana del siglo XX. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 4, No. 1 (1980); pp. 71-86.
42. MILLER, David. The Thirty Years War and the Galileo Affair. *History of science*, Vol. 46, No. 151 (2008); pp. 49-74.
43. MISIÓN DE SABIOS. Colombia - Al filo de la oportunidad. Presidencia de la República de Colombia, Colciencias. Bogotá: Tercer Mundo Editores. 1996. 119 p.
44. MOGOLLÓN, Guillermo. Paradigma científico y lenguaje especializado. *Revele*, Vol. 18, No. 3 (2003); pp. 5-14.
45. MOHL, Alexa. El aprendiz de brujo II - El alumno magistral. España: Editorial Sirio, 2004. 539 p.
46. MOIRAND, Sophie. Formes discursives de la diffusion des savoirs dans les medias. *Sciences et medias*, Vol. 21 (1997); pp. 33-44.
47. MOYA, Jesús. El lenguaje científico y la lectura comprensiva en el área de ciencias. España: Gobierno de Navarra, 2003. 68 p.
48. OBREGÓN, Diana. Batallas contra la lepra - Estado, medicina y ciencia en Colombia. Medellín: Editorial Universidad Eafit, 2002. 422 p.
49. OBREGÓN, Diana. Ciencia e historia de las ciencias. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 8, No. 1 (1984); pp. 57-68.
50. OMINAMI, Carlos. La Tercera Revolución Industrial - Impactos internacionales del actual viraje tecnológico. Buenos Aires: Grupo Editor Latinoamericano, 1986. 483 p.
51. PARRA, Ligia. Ciencia periférica y estudios sociales de la ciencia. *Quark*, No. 1 (1995); pp. 31-38.
52. PATARROYO, Manuel. Ciencia en Colombia - De la utopía a la realidad. *International Microbiology*, Vol. 1 (1998); pp. 89-91.
53. PRINCIPE, Lawrence. *History of Science: Antiquity to 1700*. London: Teaching Company, 2002. Audiobook.
54. QUINTAS, Paul; LEFRERE, Paul y JONES, Geoff. Knowledge management - A strategic agenda. *Long range planning*, Vol. 30, No. 3 (1997); pp. 385-491.
55. REGER, Gail y von WICHERT-NICK, David. A learning organization for R&D management. *International Journal of Technology Management*, Vol. 13, No. 7-8 (1997); pp. 796-817.
56. RODRÍGUEZ, Adolfo y ALVARADO, Hernán. Claves de la innovación social en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL, 2008. 227 p.
57. ROTHWELL, Roy y ZEGVELD, Walter. *Reindustrialization and technology*. USA: Longman Group Limited, 1985. 282 p.
58. RUÍZ, Efraín. Algunas notas sobre la investigación científica en Colombia. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 5, No. 3 (1981); pp. 345-354.
59. SAFFORD, Frank. El ideal de lo práctico. *Historia crítica*, No. 2 (1989); pp. 137-139.
60. SAREWITZ, Daniel. *Frontiers of illusion - Science, technology and the politics of progress*. New York: Temple University Press, 1996. 256 p.
61. SERNA, Edgar. Social Control for Science and Technology. In Larrondo-Petrie, Marina (Ed.), *Proceedings 10th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology LAC-CEI'12*, paper 35. 2012.
62. SNYDER, Llana. *Alfabetismos Digitales - Comunicación, innovación y educación en la era electrónica*. España: Aljibe, 2004. 250 p.
63. TORO, Juan; CAMPO, Rodrigo y MYERS, Ride. Educational research capacity - The Colombian case. USA: Educational Research Review and Advisory Group, 1979. 279 p.
64. TORRES, Jaime y SALAZAR, Luz. Introducción a la historia de la ingeniería y de la educación en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2002. 457 p.
65. URICOECHA, Fernando. La institucionalización de la práctica científica en Colombia. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, Vol. 8, No. 1 (1984); pp. 39-56.
66. URRÁ, Marcelo. La ciencia y los científicos - Una perspectiva psicológica de Rubén Ardila. *Revista Interamericana de Psicología*, Vol. 40, No. 1 (2006); pp. 137-138.