



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

LA INNOVACIÓN FORMATIVA, PROPUESTA PARA LA EDUCACIÓN PRESENTE DE LOS CIUDADANOS DEL FUTURO

Juan Carlos Navarro Beltrán, Óscar Elías Herrera Bedoya, Luz Karina Sabogal Bohórquez, Astrid Vargas Zambrano

**Universidad Piloto de Colombia
Bogotá, Colombia**

Resumen

Desde décadas atrás se ha venido afirmando que la educación es la salida de Colombia hacia un verdadero desarrollo, igualmente se recalca la conveniencia de invertir por lo menos el 1% del Producto Interno Bruto (PIB) en el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación e identificar áreas prioritarias de investigación para potenciarlas¹. Alrededor de esta premisa se ha escrito literatura, planes, legislación, etc. que dan cuenta de los beneficios que traería para la nación lograr un modelo educativo eficaz y eficiente. Si bien se sigue sosteniendo la misma teoría, nunca como hoy el país ha tenido la conciencia y claridad de la forma como debería operacionalizarse tal modelo en lo que al menos a educación en las TIC se refiere, pues además de un Ministerio especializado con planes y políticas sólidas, sustentadas y con recursos económicos importantes, paradójicamente cuando se reúnen estas condiciones esperadas por años, encontramos una incomprensible desmotivación al estudio y aplicación a programas de Ingeniería y Tecnologías de la información, como bien lo muestra el estudio de la OEI en el cual se encontró que solo el 16% de los estudiantes se inclinan por estos programas frente al 57% que optan por carreras en ciencias sociales², a pesar de contar con universidades con programas acreditados, infraestructuras mejoradas, becas y créditos blandos para estudios de pregrado y postgrado, financiación para emprendedores e innovadores en TIC y oportunidades en el mercado internacional gracias a los TLC y al mundo globalizado.

Este artículo pretende en primer lugar, exponer algunas causas de esta realidad para luego proponer la inclusión de la innovación más allá de la investigación como eje fundamental para la educación, abordando la innovación como medio no como fin.

Palabras clave: innovación; educación superior; investigación formativa

¹ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.UN Periódico. Propuestas para que CT+I empiece a andar.[online] <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/propuestas---para---que---ct---i---empiecen---a---andar.html> Recuperado en [Abril 8 de 2013]

² OPENHEIMER, Andrés. Basta de Historias Random House Mondadori, S.A. Bogotá.2010 pg 17.

Abstract

For decades it has been saying that education is the best way for Colombia to walk towards real development also emphasizes the advisability of investing at least 1% of gross domestic product (GDP) in the development of Science, Technology and Innovation and identify priority research areas to strengthen them. Around this premise has been written literature, plans, legislation, etc.. that account for the benefits it would bring for the nation to achieve effective and efficient educational model. While still holding the same theory, as today the country never had the awareness and clarity of how such a model should be operationalized as at least ICT education is concerned, as well as a specialized ministry plans and sound policies, sustained and substantial economic resources, paradoxically when the conditions are met for years expected, we found an incomprehensible motivation to study and application to programs of Engineering and Information Technology, as well as shows the OEI study in which found that only 16% of students are inclined to these programs compared to 57% who choose careers in social sciences, although universities have accredited programs, improved infrastructure, grants and soft loans for undergraduate and graduate studies, funding for entrepreneurs and innovators in ICT and international market opportunities thanks to NAFTA and globalized world.

This article seeks to first discuss some causes of this situation and then propose the inclusion of innovation research beyond is key for education, addressing innovation as a means not an end.

Keywords: *innovation; higher education; research training*

1 Introducción

A partir del año 2012 en el marco del Plan Vive Digital y del Programa Nacional de Gobierno en Línea del Ministerio TIC, el Gobierno Nacional ha destinado una serie de recursos dirigidos a fomentar el desarrollo de capacidades en Tecnologías de la Información (TI) para el aumento de la competitividad, la investigación, la innovación y la proyección internacional del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) colombiano.

Actualmente nos encontramos en la tercera convocatoria gestionada por el ICETEX, la cual permite condonar el 100% del valor de la matrícula para programas académicos de nivel técnico y tecnológico en áreas específicas tales como el desarrollo de software y aplicaciones informáticas, la gestión de proyectos de TI, control y aseguramiento de la calidad en TI, arquitectura y seguridad en TI, entre otros para fortalecer la industria de las Tecnologías de la Información (TI) y Tercerización de TI (ITO) generando oportunidades para 2.300 estudiantes con recursos por \$17.638 millones de pesos (ICETEX & Talento Digital, 2013).

En el 2012 dos convocatorias similares del mismo programa otorgaron \$36.000 millones de pesos en créditos condonables que incluían también estudios de formación de pregrados y maestrías del área TIC en universidades públicas y privadas nacionales y extranjeras de los cuales se beneficiaron alrededor de 5.000 estudiantes (Fondo de Desarrollo del Talento Digital, 2012)

En el escenario mundial, los países desarrollados hacen lo propio, asignando recursos significativos para el mismo fin. Bruselas, por ejemplo destinará alrededor de 4.5 millones de Euros (de los cuales 1 millón será entregado por el Programa de Competitividad e Innovación de la UE) para promocionar lo que ellos

denominan “carreras digitales” con el objetivo de adaptar el mercado laboral a las demandas de la industria TIC (Network World, 2013).

Paradójicamente cuando se reúnen estas condiciones esperadas por años, encontramos una incomprensible desmotivación al estudio y aplicación a programas de Ingeniería y Tecnologías de la información, como bien lo muestra el estudio de la OEI en el cual se encontró que solo el 16% de los estudiantes se inclinan por estos programas frente al 57% que optan por carreras en ciencias sociales (Openheimer, 2010). Particularmente, en el caso de los programas de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Piloto de Colombia, la tendencia del número de estudiantes matriculados en el primer semestre durante los últimos periodos académicos a decrecido de manera significativa en los últimos años.

En nuestros días se considera la Investigación formativa como la manera más apropiada de integrar a docentes e investigadores de la Universidad con los estudiantes.

El artículo 19 de la Ley 30 de 1992 (Congreso de Colombia, 1992) <por la cual se organiza el Servicio Público de la Educación Superior>, señala de manera explícita la investigación como una de las actividades que definen el quehacer universitario.

De igual forma, en los Lineamientos para la Acreditación (Consejo Nacional de Acreditación –CNA–, 2013), descripción característica 29, enuncia: “El programa promueve la capacidad de indagación y búsqueda, y la formación de un espíritu investigativo, creativo e innovador que favorece en el estudiante una aproximación crítica y permanente al estado del arte en el área de conocimiento del programa y a potenciar un pensamiento autónomo que le permita la formulación de problemas de conocimiento y de alternativas de solución, así como la identificación de oportunidades”. Lo anterior marca en nuestros días los requisitos mínimos en los procesos de acreditación de alta calidad a los que se ven sometidas las IES del país.

Si bien apoyamos esta política y esta forma de abordar la investigación en las universidades, consideramos que en este nuevo entorno, mediado por la Tecnología e impactado por múltiples problemas que exigen soluciones rápidas, novedosas y viables, es preciso virar hacia una innovación formativa en la cual el maestro no solo guíe y acompañe al estudiante en el proceso investigativo sino que lo motive a hacerlo impulsado por la innovación como base.

Aplicando esta idea en la Academia se esperaría que germine en el estudiante la semilla de la innovación en todo su quehacer universitario: realizar las tareas, actividades y proyectos con espíritu innovador, hacerlo de otra manera y buscar una solución diferente, acompañado de un maestro que motive y genere en el estudiante interés y pasión, que esté “pensando críticamente, cambiando el concepto participativo por uno mejor, creando ambientes en el aula y fuera de ella, creando aprendizaje grupal e individual y mejorando las relaciones que existen entre docentes y alumnos utilizando los logros que se van consiguiendo, preparar estudiantes para la vida y no para los exámenes” (Redondo, Noviembre 2010) Gracias a la tecnología ya no es necesario que la academia repita una y otra vez experiencias de conocimiento, lo que si es preciso es que se supere esta etapa mecánica y se avance hacia una etapa superior en la cual las ideas produzcan soluciones significativas para el estudiante y en el mejor de los casos útiles para otros.

2 Evolución del concepto de innovación

Hablar de innovación es hablar de cambio. La sociedad, la economía, los negocios, los mercados y en general todo lo que tiene que ver con las empresas y su desarrollo se comporta de una manera dinámica, no es para nada estática, determinista, ni tampoco lineal. Importantes autores como Miller y Rice³ o Katz y Kahn⁴ coinciden en que toda empresa es en sí misma un sistema abierto, y como tal existe gracias al intercambio de materiales con su ambiente, toda vez que ninguna estructura social, entre ellas las empresas, es autosuficiente o autocontenida. Debe entonces importar materiales o insumos de su entorno que son transformados, de los cuales consumirá parte de ciertos productos o resultados para su propio mantenimiento y exporta el resto con el fin de obtener nuevos recursos adicionales que garanticen su funcionamiento continuo.

El Manual para la Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina, conocido como el *Manual de Bogotá* (Jaramillo, Lugones, & Salazar, 2001), adoptó la definición de innovación expuesta en la segunda versión del Manual de Oslo⁵ el cual es una ampliación teórica de la primera versión publicada en 1992, centrada en el sector industrial. Para ese entonces la definición “oficialmente aceptada” en Latinoamérica con respecto a la innovación contemplaba la Innovación Tecnológica en Productos y Procesos, la Innovación Organizacional y la Innovación en Comercialización.

Por su parte, la tercera edición de la “Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación” conocido como el Manual de Oslo publicada en 2005 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (incorpora el sector servicios) logró un avance muy importante incluyendo el sector de los servicios (además del sector manufacturero) con el consecuente reconocimiento de la innovación no tecnológica, lo cual implicó la revisión de la definición de innovación tecnológica de producto y de proceso (TPP) que se encontraba ya establecida en anteriores versiones de dicho documento. De ésta manera, el Manual de Oslo define la innovación así:

“Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores [...] Para que haya innovación, hace falta como mínimo que el producto, el proceso, el método de comercialización o el método de organización sean nuevos (o significativamente mejorados) para la empresa. Este concepto engloba los productos, los procesos y los métodos que las empresas son las primeras en desarrollar y aquellos que han adoptado de otras empresas u organizaciones [...] Se dice que un nuevo producto (o mejorado) se ha introducido cuando ha sido lanzado al mercado. De igual manera, un proceso, un método de comercialización o un método de organización se ha introducido cuando ha sido utilizado efectivamente en el marco de las operaciones de una empresa” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) & Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), 2005)

“El concepto de innovación indudablemente es amplio, e incluye actividades que conllevan al cambio técnico en las empresas y los países. Las actividades de innovación comprenden entre otras, la adquisición de

³ MILLER, E. J.; RICE, A.K. *Systems and organization: The control of task and sentient boundaries*. London, England: Tavistock Publications, 1967. 286 pp. Citado por: HERNÁNDEZ ORTEGA, Raúl. *Gestión de dirección*. La Habana, Cuba: 2008. Pág 18.

⁴ KATZ, Daniel; KAHN, Rober L. *Psicología social das organizações*. São Paulo: Atlas, 1987 552 pp. Citado por HERNÁNDEZ ORTEGA, Raúl. *Gestión de dirección*. La Habana, Cuba: 2008. Pág 19.

⁵ el cual tiene como objetivo proporcionar directrices par la acumulación e interpretación de información relativa a la innovación, y con ella poder hacer comparaciones internacionales, en esa época la última versión disponible

tecnología, bien sea incorporada en bienes de capital o no incorporada (por ejemplo patentes, licencias, know-how, asesoría técnica), la capacitación, las actividades de I+D, los cambios organizacionales y de comercialización” (COLCIENCIAS, 2008)

Otras definiciones de Innovación son de particular interés en el presente trabajo, toda vez que la definen explícitamente en términos del conocimiento, su generación, transmisión y materialización. A continuación, algunas de ellas:

- *Colciencias*: “La innovación, entendida como incorporación de conocimiento al proceso productivo, es una determinante de la competitividad y el crecimiento, ya que permite obtener nuevos procesos, productos y servicios, que al realizarse en el mercado modifican la capacidad de competencia de los productores” (COLCIENCIAS, 2008).
- *DNP – Departamento Nacional de Planeación*: La innovación es el “proceso mediante el cual la sociedad extrae del conocimiento, beneficios económicos, ambientales y sociales” (DNP - Departamento Nacional de Planeación). Además, según el documento *Colombia Construye y Siembra Futuro* que contiene la política nacional de fomento a la investigación y la innovación, esta es la definición que los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) han adoptado en Colombia (COLCIENCIAS, 2008).
- *Conference Board of Canada*: la innovación es un “proceso mediante el cual se extrae valor económico del conocimiento a través de la generación, desarrollo y aplicación de ideas en la producción de nuevos productos, procesos y servicios” (Canada, 2001).
- *Livingstone*: “La innovación es un proceso mediante el cual las ideas son transformadas a través de actividades económicas en resultados generadores de valor” (Livingstone, 2000).

3 La I+D+i en el entorno social y empresarial

Para nadie es un secreto que las inversiones en investigación básica, e incluso, en investigación aplicada, a pesar de ser muy rentables, son excesivamente onerosas e implican elevados riesgos. No obstante, también es reconocido que como fuente de conocimiento la inversión en ciencia también es el vehículo por excelencia para el fortalecimiento del aparato productivo y por ende fuente de riqueza y bienestar para las naciones y sus pueblos.

La productividad y la competitividad son dos variables que están íntimamente ligadas a la innovación. La primera se refiere a la generación de producción por unidad de insumo utilizado, donde los insumos básicos son el trabajo y el capital. Así, una empresa que tenga trabajadores o máquinas más productivas que otra, es decir, que produzcan más por unidad de tiempo, tendrá más ventajas competitivas, puesto que puede ofrecer mayor cantidad de productos a menores costos.

La segunda, en cambio, está basada en la eficiencia y en la eficacia de la organización, entendiendo por eficiencia el llevar a cabo los procesos empresariales de la mejor forma posible reduciendo tiempos de proceso, nivel de desperdicios y por ende costos de operación; y por eficacia el grado de atención de los clientes en cuanto a calidad, satisfacción del cliente, velocidad de respuesta a los pedidos, etc. La conjugación de la eficacia y de la eficiencia hace que la empresa mejore en sus indicadores de productividad y por ende se haga más competitiva que las demás (Turriago Hoyos, 2002). “La productividad se incrementa como una consecuencia general del cambio técnico, logístico y organizacional, y este aumento es una de las principales fuentes de crecimiento económico” (COLCIENCIAS, 2008).

En las empresas de los países en vías de desarrollo, las actividades de los departamentos de I+D se limitan fundamentalmente al desarrollo pero no con base en productos de investigación propia, es decir, se orientan a la solución de problemas específicos basados en los resultados de investigación producidos por instituciones externas, y en consecuencia no se considera que hagan ciencia propiamente dicha.

Así como el Manual de Oslo es la referencia internacional en Innovación, el Manual de Frascati se ha constituido como la norma para encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental (I+D) en todos los países del mundo. Dicho manual se encarga únicamente de la medición de la investigación (básica y aplicada) y del desarrollo experimental; y asegura que “la investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones” (OCDE - Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2002).

A propósito del proceso de innovación, al Manual de Frascati afirma que la I+D no es más que una de sus actividades, sin embargo es reconocida como fuente de ideas creadoras y también es útil como herramienta para la solución de problemas en cualquier estadio del proceso de innovación (OCDE - Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2002). De ahí su importante aporte en el logro de ventajas competitivas reales en la empresa y en la sociedad. “En efecto, la innovación tecnológica está llamada a ser la fuente principal de adquisición de mejoras competitivas *genuinas, sustentables y acumulativas*” (Jaramillo et al., 2001). Por lo tanto, es claro entonces que para aumentar la productividad y mantener (o mejorar) la competitividad tanto de las naciones como de las empresas, el impulso de la innovación debe ser una prioridad para el gobierno nacional así como para el gobierno corporativo.

En cuanto a la caracterización del resultado de la innovación como tal, se tienen en cuenta cuatro criterios: el tipo de innovación, el grado de novedad, el alcance de la novedad, y dónde se generó (Malaver Rdríguez & Vargas Pérez, 2004).

El primero de ellos, el tipo de innovación, hace referencia, según la definición ofrecida por el Manual de Oslo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) & Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas (EUROSTAT), 2005), a si la innovación en cuestión representa un producto (bien o servicio), un proceso, un método de comercialización o un método organizativo. El grado de novedad mira si se trata de algo completamente nuevo o si en su lugar se trata de algo significativamente mejorado; haciendo además en cada caso importantes consideraciones:

1. En caso de tratarse de un producto nuevo, la novedad es máxima y se debe verificar si es o no patentable.
2. En caso de que se trate de una mejora significativa, se entiende como una innovación menor, pero se debe examinar con atención si tal mejora proviene de una innovación incremental o del resultado de un proceso de mejora continua, caso en el cual no puede ser considerada como innovación.

El alcance de la novedad hace alusión al ámbito en el cual se ha generado la innovación, vale aclarar, si esta innovación está inserta, o es válida, en el mercado local, en el mercado nacional o en el mercado internacional. Sin embargo, el alcance de la novedad también puede tener relaciones en otras dimensiones. Puede referirse, por ejemplo, al grado de innovación por cuanto a mayor grado de innovación se tenga, es

más probable que sea aplicable en ámbitos (o mercados) más amplios. También puede referirse a los efectos (directos y colaterales) de la innovación dado que a mayor alcance, es mayor también el tamaño del mercado que afecta o beneficia, y por ende mayor su efecto sobre la competitividad de la empresa.

El lugar donde se generó la innovación se considera en relación al área en la cual se ha originado: sea ésta en el área de producción (o de operación), de comercialización o de logística, según el concepto de cadena de valor expresado por Michael Porter en 1987.

De acuerdo a (Knack & Keefer, 1997), las empresas que están inmersas en ambientes de confianza son más proclives a innovar, de igual forma la baja confianza, desalienta la innovación.

Sin embargo aún en la actualidad se percibe la ciencia y la tecnología como independientes entre sí.

En el subconsciente colectivo, la ciencia se percibe de tres maneras distintas: con una visión empirista y ateórica, con una visión individualista, lineal y acumulativa y con una visión rígida, aproblemática y ahistórica. (García Palacios et al., 2001; González García, López Cerezo, & Luján, 1996).

Por otro lado, en el subconsciente colectivo, la tecnología se percibe de dos maneras excluyentes entre sí: con una proyección cognitiva o intelectual y con otra instrumental o artefactual. (García Palacios et al., 2001; González García et al., 1996).

En la primera, la tecnología se identifica con la ciencia aplicada a la resolución de problemas prácticos, aunque existen un gran número de inventos que se dieron a conocer sin una base científica sólida. En la segunda imagen la tecnología se identifica con las máquinas e instrumentos que genera, entendidos como objetos aislados, ignorando entonces los conocimientos que hicieron posible la creación del instrumento e imposibilitando su reutilización en otro tipo de sistema tecnológico.

El modelo interactivo es una evolución del modelo lineal que intenta describir los procesos de innovación actuales, sin embargo la linealidad mental de las personas que trabajan en innovación y la aplicación inconsciente y tácita del modelo lineal, hacen que lo que en principio es totalmente interactivo y dependiente, esté marcado muchas veces por una tendencia lineal. El modelo interactivo lo veo como una extensión del modelo lineal a muchos más agentes, y donde un mismo agente hace parte de más de un modelo lineal e inclusive de distintas direcciones. Siendo la investigación básica el pozo de donde todos se alimentan, aunque alguno nunca llegan a ir a la fuente, ya que solo les basta con lo producido por ella misma, el método lineal convierte la investigación básica en la única fuente y soporte, dos estados, y el modelo interactivo va más allá y dota a la innovación de más estados, permite que una innovación sirva al mismo tiempo de fuente y soporte de otra, permitiendo mayor agilidad y dinamismo.

La responsabilidad que cae en las Universidades en un principio, se ve compartida por nuevos componentes, que como plantea Bush garantizan libertad de investigación y bienestar económico, social y académico a las personas que hacen investigación, no es de extrañar, que los mejores investigadores del mundo participen tanto en la empresa como en las universidades, y que además de difundir sus conocimientos por líneas tradicionales quieran participar directamente de los beneficios de sus investigaciones, todo esto también se debe en gran medida al buen trabajo realizado por el modelo lineal y la aparición de mejores investigadores, y mejores herramientas que potencia el menor tiempo de investigación gracias a mejores herramientas (tecnología), la mayor difusión posible (Internet), lo que permite que lo que antes estuviera encerrado en las universidades, pase a ser de manejo casi universal, necesario para abordar

la compleja problemática del conocimiento y la innovación tecnológica y organizacional, la comunidad científica pasa de ser un círculo cerrado y uniforme a ser un círculo difuso con varios niveles de participación, en el que los investigadores tradicionales están en el centro y colectivos de aprendizaje continuo en el que participan otros actores e instituciones públicos y privados, están en los alrededores influyendo, aportando y haciendo parte de la comunidad científica.

Ahora bien esta nueva comunidad científica, debe estar enmarcada y modelada, y es precisamente el modelo interactivo el que ayuda a facilitar su entendimiento, su intercomunicación y su interacción. Ya que el dinamismo creado hace que todos los agentes, incluida la sociedad, sea el principio y fin y por esto, la misma sociedad, debe garantizar los medios necesarios para sustentar innovación, y su difusión al mismo tiempo que buscan como utilizar y adaptar lo que se crea, a la problemática puntual, y como la sociedad también es el principio, puede hacer que se busque la solución a un problema específico, y ésta es una de las grandes diferencias con el modelo lineal.

Finalmente, el documento de la Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación resalta que “la innovación no la hacen las empresas ni los centros de investigación o desarrollo tecnológico de manera aislada, sino que es el producto de una red de agentes sociales que involucra desde los proveedores de bienes y servicios hasta los usuarios y clientes. Esto es lo que describe la literatura, bajo el concepto de sistema de innovación, que incluye todo el sistema educativo y de investigación, el sistema financiero, el sector productivo, y el sistema de gobierno, entre otros” (COLCIENCIAS, 2008)

4 La investigación formativa en la educación superior

Según la Política General de Investigaciones de Agosto de 2011 La investigación en la Universidad Piloto de Colombia es un ejercicio de formación, transversal a las mallas curriculares, que empieza con la formación para enseñar a investigar a través de actividades no necesariamente investigativas que desarrollan competencias argumentativas a través de las cuales, los estudiantes están en capacidad de construir argumentos sólidos y documentados sobre una problemática específica y competencias propositivas donde los estudiantes estarán en capacidad de tomar posiciones frente a la problemática planteada para finalmente lograr competencias investigativas de las cuales emergen habilidades para buscar, organizar y sistematizar la información, así como la exploración del entorno con el fin de fundamentar posiciones frente a diversas temáticas

Una vez han superado esta etapa se incorporan criterios metodológicos y construcciones colectivas en la elaboración ejecución y acompañamiento de propuestas y proyectos de investigación inter e intra disciplinarias, enseñando a investigar desde acciones meramente investigativas como lo plantea la Investigación Formativa según Restrepo (2004)⁶

El Consejo Nacional de Acreditación, CNA comenzó a hablar de investigación formativa en la segunda mitad de la década del 90 (Consejo Nacional de Acreditación –CNA–, Enero, 1998) como aquel tipo de investigación que se hace entre estudiantes y docentes en el proceso de desarrollo del currículo de un programa y que es propio de la dinámica de la relación con el conocimiento que debe existir en todos los procesos académicos tanto en el aprendizaje, por parte de los alumnos, como en la renovación de la práctica pedagógica por parte de los docentes. Es una generación de conocimiento menos estricta, menos formal, menos comprometida con el desarrollo mismo de nuevo conocimiento o de nueva tecnología.

⁶ UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA. Política general de Investigaciones. Agosto de 2011. Pag 37.

“La investigación formativa no sustituye la investigación. La investigación formativa tiene sentido si se alimenta de la investigación y si asegura las condiciones para que ella pueda darse. Por más que una universidad se suponga centrada en la formación profesional sus profesores y sus estudiantes no podrían aceptar que a la exigencia de la investigación se respondiera simplemente con la investigación formativa. La exigencia simultánea de la investigación en sentido estricto y de la investigación formativa, no puede satisfacerse, con la sola investigación formativa, la cual puede ser, precisamente, una ficción problemática en ausencia de la investigación propiamente dicha.”⁷

5 Más allá de la investigación formativa (modelo lineal): la innovación formativa (modelo interactivo)

La investigación en Colombia no debe ser perse, dado sus altos costos y riesgos. Principalmente se hace investigación aplicada en lugar de la investigación básica. Sin embargo dichas investigaciones deberían estar enfocadas en la creación de nuevos productos/servicios, o en el mejoramiento significativo de los existentes

La Economía de la Innovación y del Cambio Técnico ha dedicado un gran esfuerzo a analizar cómo se generan las innovaciones. Pero todo este esfuerzo se puede condensar en la explicación ofrecida por dos modelos básicos (el modelo lineal y el interactivo) que, habitualmente se entienden como contrapuestos.

El Modelo Lineal se puede entender como la relación entre ciencia, tecnología y desarrollo y fue propuesto por Vannevar Bush en 1945 a través de un informe al Presidente de los Estados Unidos llamado Science The Endless Frontier (Bush, 1945).

En el modelo lineal en el que muchas veces se basa la Investigación Formativa, el conocimiento a través de la investigación básica es generado por los centros académicos, Universidades o Institutos, y es llevado a la industria a través de los medios habituales, patentes, artículos, congresos, etc. y es la industria la que lo lleva a la empresa a través de productos.

En eso radica la linealidad, en que posee unos pasos marcados temporales bien definidos y es así como enmarca la innovación, iniciando con la investigación básica, éste modelo fue perdiendo popularidad en la década de los 90s, debido al modelo interactivo o Modelo de enlaces en cadena propuesto por Kline y Rosenberg en 1986 como superador del modelo lineal. El modelo fue adoptado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y en este trabajo se asocia a Innovación Formativa. Este modelo establece básicamente que la I+D no es el origen de las invenciones, sino una instrumento que se emplea para solucionar los problemas que surjan en cualquier parte del proceso de invención.

Este modelo se caracteriza principalmente al pasar de solo las universidades o centro académicos a un gran número de espacios (virtuales o físicos) en el que se puede crear conocimiento y es precisamente la interacción entre ellos y TIC que se permite que las fronteras espaciales sean cada vez más difusas y que al mismo tiempo aparezca la especialización de los temas, permitiendo que el tratamiento superficial de un tema profundamente específico, se convierta en una investigación profunda del tema supra-general que lo compone.

⁷ HERNANDEZ Cesar A. Investigación E Investigación Formativa[en línea] <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3991809.pdf> [citado en]Abril de 2013

Las características generales del modelo interactivo en principio se contraponen al modelo lineal, es claro observar que los problemas enmarcados en un ámbito académico se contraponen al marcado por Modelo Interactivo que es más amplio y lo enmarca en el contexto de la aplicación, en uno se exige la uniformidad y disciplina y en el otro el trabajo interdisciplinario, en uno se sigue con rigor científico y metodología clásica, en el otro se fomenta la dinámica y es el problema el que domina la organización, en el primero la sociedad no es fin principal de la investigación, ya que existen otros componentes en el modelo que interactúa con ella, en el segundo, el modelo interactivo, la sociedad es principio y fin del modelo, en el primer modelo, el conocimiento se transmite por publicaciones, congresos y tradiciones que es evaluado por la comunidad científica, mientras que el modelo interactivo implementa una especie de control de calidad en la que casi todas las dimensiones de la sociedad pueden opinar.

Lo que en principio parece contradictorio, se podría ver complementario, un componente importante de éstos modelos son las épocas en las que se implementan y su gran diferencia, no hay que olvidar que los mayores cambios tecnológicos del hombre actual se dieron precisamente desde mediados hasta finales del siglo XX, quizás el modelo lineal se promueve justo al principio de una era de grandes cambios, y evoluciona rápidamente gracias a sus propios resultados, de la misma forma en la que se vuelve tácito en la mayoría de los investigadores actuales. Las estrategias de desarrollo fueron formuladas bajo ésta visión lineal, que veía a la Universidad y a los organismos clásicos como la fuente principal de la innovación; además, la facilidad de medición de ésta innovación cala aún más este modelo en la sociedad dirigente. Sin embargo precisamente éste modelo muere del éxito y la linealidad que en principio pone orden, se convierte en su lastre, ya que ignora el papel de otros actores para innovar y rechaza los orígenes no científicos de muchos desarrollos tecnológicos. Algo contradictorio a la naturaleza humana, que está donde está gracias a la interacción de todos los actores y a la naturaleza empírica de la innovación, así como de la innovación continuada y la investigación que sin ser básica ni aplicada, se podría considerar de seguimiento, buscando como mejorar algo, que aunque ya solucionado siempre puede ser potenciado.

El modelo interactivo es una evolución del modelo lineal que intenta describir los procesos de innovación actuales, sin embargo la linealidad mental de las personas que trabajan en innovación y la aplicación inconsciente y tácita del modelo lineal, hacen que lo que en principio es totalmente interactivo y dependiente, esté marcado muchas veces por una tendencia lineal. El modelo interactivo se convierte entonces en una extensión del modelo lineal a muchos más agentes, y donde un mismo agente hace parte de más de un modelo lineal e inclusive de distintas direcciones. Siendo la investigación básica el pozo de donde todos se alimentan, aunque alguno nunca llegan a ir a la fuente, ya que solo les basta con lo producido por ella misma, el método lineal convierte la investigación básica en la única fuente y soporte, dos estados, y el modelo interactivo va más allá y dota a la innovación de más estados, permite que una innovación sirva al mismo tiempo de fuente y soporte de otra, permitiendo mayor agilidad y dinamismo.

Para Erwin Aguirre de Lázaro, Doctor en ciencias económicas, profesor e investigador titular de la universidad de La Habana:

“La innovación tecnológica puede ser una fortaleza que dé ventajas y propicie alianzas estratégicas a un sistema organizacional dado, en sus procesos sustantivos, logísticos y administrativos; así como lo haga más proactivo y menos reactivo. Y ello exige:

- ✓ Una cultura organizacional que propicie la generación, adaptación o asimilación, así como difusión y aplicación, de la ciencia, la tecnología y sus logros.

- ✓ Un compromiso firme y consecuente con las actividades científicas y tecnológicas; incluso, pese a las restricciones de recursos.
- ✓ Una gestión de la innovación tecnológica o, más brevemente, gestión tecnológica”.(Aguirre, 2004)

El mismo Aguirre adaptó el modelo propuesto por Zahra y compañía(Zahara, Sisodia, & Sidhartha, 1994), citado y adaptado también por Solleiro y Castañón (Solleiro & Castañón, 1999). Para Aguirre, las decisiones estratégicas en innovación tecnológica, se toman en las cinco dimensiones siguientes:

Cuadro 1. Dimensiones para la toma de decisiones estratégicas en innovación (basado y adaptado de (Aguirre, 2004)

Dimensión	Se manifiesta en...
Actitud hacia la innovación	Líder (“ser el primero”). Implica desarrollar tecnologías. Seguidor (que a su vez puede ser “rápido”, o “tardío”). Implica adaptar tecnologías. Imitador. Implica copiar o meramente asimilar tecnologías.
Metas innovadoras dominantes	Vector de la innovación: si las áreas de las actividades de ciencia y tecnología son múltiples o unitarias; y, en el primer caso, si se relacionan entre sí, o no. Novedad: si las innovaciones se basan en conocimientos en frontera (“estado del arte”), o no; y si son predominantemente radicales, o incrementales.
Fuentes de tecnologías	Endógenas: desarrolladas internamente, con recursos propios u organizando la cooperación con el entorno. Exógenas: transferidas del entorno.
Inversiones en innovaciones	Intensidad: medida de los gastos en actividades de ciencia y tecnología, en cantidades absolutas y como porcentaje del total. Fuerza de trabajo: cuantía en total y por niveles de acreditación de los trabajadores destinados a las actividades de ciencia y tecnología, a tiempo parcial o completo. Orientación: si priman los proyectos de creación científica, desarrollo tecnológico, o innovación. Enfoque: si se centran en tecnologías específicas o genéricas, básicas o periféricas, o emergentes o maduras.
Soporte organizativo	Existencia, o no, de un puesto de trabajo u órgano que coordine centralmente las actividades de ciencia y tecnología. Coordinación de las actividades de ciencia y tecnología con las demás actividades del órgano. Formalidad o no, nivel, métodos y frecuencia del control.

6 Conclusiones

La ciencia no debe ser entendida como un objetivo de conocimiento, y la tecnología como una aplicación de ese conocimiento, deben ser entendidas actores que coevolucionan con la sociedad.

La innovación tecnológica es considerada hoy en día, como uno de los motores de cambio económico y de progreso social, mas importantes de un país, haciendo que la innovación sea la dinámica de todo tipo de organizaciones, y colocándose en todos los discursos políticos y repitiendo en los planes de desarrollo Nacionales o Regionales que la I+D+I es un área prioritaria y motor de la competitividad empresarial y la eficiencia.

La relevancia de la innovación es tal que ya no se habla de políticas de ciencia y tecnología, si no de políticas de innovación, expresando implícitamente que la ciencia y la tecnología son un elemento de más de una acción política de carácter horizontal, orientado a promover la innovación en el sistema económico y en la sociedad general.

La responsabilidad que cae en las Universidades en un principio, se ve compartida por nuevos componentes, que como plantea Bush garantizan libertad de investigación y bienestar económico, social y académico a las personas que hacen investigación, no es de extrañar, que los mejores investigadores del mundo participen tanto en la empresa como en las universidades, y que además de difundir sus conocimientos por líneas tradicionales quieran participar directamente de los beneficios de sus investigaciones, todo esto también se debe en gran medida al buen trabajo realizado por el modelo lineal y la aparición de mejores investigadores, y mejores herramientas que potencia el menor tiempo de investigación gracias a mejores herramientas (tecnología), la mayor difusión posible (Internet), lo que permite que lo que antes estuviera encerrado en las universidades, pase a ser de manejo casi universal, necesario para abordar la compleja problemática del conocimiento y la innovación tecnológica y organizacional, la comunidad científica pasa de ser un círculo cerrado y uniforme a ser un círculo difuso con varios niveles de participación, en el que los investigadores tradicionales están en el centro y colectivos de aprendizaje continuo en el que participan otros actores e instituciones públicos y privados, están en los alrededores influyendo, aportando y haciendo parte de la comunidad científica.

Ahora bien esta nueva comunidad científica, debe estar enmarcada y modelada, y es precisamente la innovación formativa el que ayuda a facilitar su entendimiento, su intercomunicación y su interacción. Ya que el dinamismo creado hace que todos los agentes, incluida la sociedad, sea el principio y fin y por esto, la misma sociedad, debe garantizar los medios necesarios para sustentar innovación, y su difusión al mismo tiempo que buscan como utilizar y adaptar lo que se crea, a la problemática puntual, y como la sociedad también es el principio, puede hacer que se busque la solución a un problema específico, y ésta es una de las grandes diferencias con el modelo lineal.

Finalmente se ha planteado la conveniencia de profundizar en futuros trabajos acerca del estudio del posible impacto que pueda tener la inclusión de la innovación más allá de la investigación como parte de las competencias genéricas del ingeniero y la acogida de esta propuesta en el mercado de cara al panorama nacional.

7 Referencias

- Aguirre, E. (2004). Planeación estratégica de la gestión tecnológica. *Folleto gerenciales*, 10(11), 34-43.
- Bush, V. (1945). *Science The Endless Frontier*. Retrieved from <https://http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>.
- Canada, C. B. d. (2001). *Investing in Innovation: 3rd Annual Innovation Report*: Conference Board of Canada.
- COLCIENCIAS. (2008). *Colombia Construye y Siembra Futuro: Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación*. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - COLCIENCIAS Retrieved from <http://www.oei.es/salactsi/632.pdf>.
- Congreso de Colombia. (1992). *Ley 30 de 1992*. Retrieved from http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1992/ley_0030_1992.html.
- Consejo Nacional de Acreditación –CNA–. (2013). *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Retrieved from http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf.
- Consejo Nacional de Acreditación –CNA–. (Enero, 1998). *La Evaluación Externa en el contexto de la Acreditación en Colombia*. Retrieved from <http://cms->

- Zahara, S. A., Sisodia, R. S., & Sidhartha, R. D. (1994). Technological choices within competitive strategy types: a conceptual integration. *International Journal of Technology Management*, 9(2), 172-195.

Sobre los autores

- **Juan Carlos Navarro Beltrán:** Ingeniero de Sistemas y Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de planta de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. juan-navarro@unipiloto.edu.co
- **Óscar Elías Herrera Bedoya:** Ingeniero de Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás, Master en Comunicación y Desarrollo de Servicios Móviles, Especialista en Proyectos de Ingeniería e Innovación, Doctor en Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Docente de planta de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. oscar-herrera@unipiloto.edu.co
- **Luz Karina Sabogal Bohórquez:** Ingeniera de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. . Magister en Docencia Universitaria Universidad del Rosario. Docente de planta de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. luz-sabogal@unipiloto.edu.co
- **Astrid Vargas Zambrano:** Ingeniera de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. Coordinadora académica del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Piloto de Colombia. avargas@unipiloto.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)