

# Programas de doctorado en Ingeniería para la innovación: una propuesta de política pública para el sector industrial en Colombia

Doctoral Programs in Engineering for Innovation: A Public  
Policy Proposal for the Colombian Industrial Sector

*Programas de doutorado em engenharia para a inovação: uma  
proposta de política pública para o setor industrial na Colômbia*

**Jorge Enrique Celis Giraldo\***

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

**Mauricio Duque Escobar\*\***

Universidad de los Andes, Colombia

## Resumen

Aumentar el número de graduados de programas de doctorado en la industria colombiana, se ha definido como uno de los mecanismos para fortalecer las capacidades de innovación de dicho sector. Un estudio realizado en Colombia demostró que la mayoría de los estudiantes de doctorado en ingeniería prefiere la academia como destino laboral. Dicho estudio encontró también que los programas de doctorado de corte industrial influyen en las expectativas de los estudiantes para que opten por la industria. Este artículo describe los aspectos que se consideran relevantes para transformar los doctorados de corte académico, en otros, que promuevan la innovación.

**Palabras clave:** estudiantes de doctorado, formación doctoral, preferencias laborales, relación universidad-empresa, sector industrial.

---

## Artículo de revisión.

Recibido: 20 de marzo de 2013. Aprobado: 2 de octubre de 2013.

\* Magíster en Sociología. Grupo de Investigación de Estudios sobre Educación Media y Superior, Universidad Nacional de Colombia.

Correo electrónico: jecelisg@unal.edu.co

\*\* Profesor asociado, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico: maduque@uniandes.edu.co

## Abstract

Increasing the number of graduates from doctoral programs in the field of Colombian industry has been defined as one of the mechanisms to strengthen innovation capacities in that sector. A study carried out in Colombia showed that most students enrolled in doctoral programs in engineering prefer academia as a work environment. The study also found that doctoral programs with an industrial focus influence the students' expectations of opting for the industrial sector. The article describes the aspects considered relevant for the transformation of doctoral programs with an academic focus into programs that foster innovation.

**Keywords:** doctoral students, doctoral education, job preferences, university-industry relation, industrial sector.

## Resumo

Aumentar o número de graduados de programas de doutorado na indústria colombiana foi definido como um dos mecanismos para fortalecer as capacidades de inovação deste setor. Um estudo realizado na Colômbia demonstrou que a maioria dos estudantes de doutorado em engenharia prefere a academia como destino laboral. Este estudo também descobriu que os programas de doutorado de perfil industrial influem nas expectativas dos estudantes para que optem pela indústria. Este artigo descreve os aspectos que se consideram relevantes para transformar os doutorados de perfil acadêmico, em outros, que promovam a inovação.

**Palavras-chave:** estudantes de doutorado, formação doutoral, preferências laborais, relação universidade-empresa, setor industrial.

## Introducción

Una de las principales apuestas del Estado colombiano para los años venideros es mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos. Se proyecta pasar de un ingreso per cápita cercano a los US\$ 6.200 a uno de US\$ 18.500 en el 2032 (DNP, 2006; WB, 2012). Mejorar los niveles de innovación del sector industrial se ha definido como uno de los mecanismos más relevantes para este fin en la política nacional (Presidencia de la República, Departamento de Planeación Nacional e Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología, Colciencias, 2006; Colciencias, 2008). Para mejorar los niveles de innovación, se estableció hacer un incremento del número de graduados de programas de doctorado en dicho sector, pues se parte del supuesto de que la innovación demanda capacidad de generar, usar, transferir y comercializar conocimiento al más alto nivel, y los doctores son el recurso humano con el entrenamiento necesario para que la industria en Colombia alcance esta condición (Colciencias, 2008; DNP, 2008). Aunque esta perspectiva política no es novedosa en otras partes del mundo (Auriol, Bernad y Schaaper, 2010; Cruz y Sanz-Menéndez, 2005a-b y 2006; Racotillet, 2004; Sonneveld, Yerkes y Van de Schoot, 2010; The Danish Council for Technology and Innovation, 2012), en el contexto colombiano se plantea como un desafío considerable. Esto debido al estado actual del sector, en el que se cuenta con 13,22 doctores por cien mil habitantes, 4,59 doctores graduados en Colombia por millón de habitantes; la edad promedio de los doctores es de 48,5 años y solamente el 0,06% del personal ocupado en la industria tiene título de doctor (Celis, 2010; Rubio y Fabiola, 2007; Salazar-Acosta et ál., 2011)<sup>1</sup>. Colombia tampoco es un país en el cual los doctores registren altas tasas de desempleo por falta de plazas de trabajo, como sucedió en otros países en los que se adoptaron los programas de inserción de doctores al sector industrial, como una alternativa para disminuir las tasas de desempleo que se estaban registrando (Cruz, 2007; Sanz-Menéndez, Cruz y Aja, 2004). Al contrario, son el segmento poblacional con la tasa de empleo formal más alta (94%) con respecto a las demás poblaciones con educación superior y la mayoría de ellos se encuentra laborando en las universidades (OLE, 2010)<sup>2</sup>.

Aunque Colombia no ha fijado una meta específica en cuanto al número de doctores que efectivamente trabajarán en la industria, desde el

1. Estas cifras son bajas si se comparan con Brasil y Chile en los que hay 44,8 y 28,1 doctores por cien mil habitantes, respectivamente. De igual manera, los graduados de doctorado son 53, 18 y 15 para Brasil, México y Chile.
2. Este contexto del mercado de los doctores en Colombia es muy diferente al de países como España, cuando adoptó políticas públicas para contratar doctores en la industria. A principios de los años noventa, en España había un número cada vez mayor de graduados de doctorado por año (un poco más de 8.000 y Colombia no gradúa siquiera 300), se habían saturado las plazas disponibles en educación superior para los doctores y se registraban tasas de desempleo para esta población (Cruz, 2010).

2011 puso en operación un instrumento para estimular la inserción de estos profesionales a la industria, que consiste en subsidiar el salario de 15 doctores durante un periodo máximo de 36 meses, para que lleven a cabo proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en algunas empresas del país, buscando que en el 2013 se hayan fortalecido las capacidades de innovación del sector industrial (Celis, 2010; Colciencias, 2011). A partir de esta experiencia, se espera refinar el instrumento para transformarlo ulteriormente en un programa permanente.

En este contexto, se desarrolló un estudio cuyo principal objetivo fue establecer recomendaciones para formular una política pública tendiente a incrementar el número de doctores en el sector industrial en Colombia (Celis, Duque y Ramírez, 2012). Para este fin se hizo un análisis sobre el concepto de innovación, enfatizando en los mitos que se han erigido alrededor del mismo y proponiendo una definición técnica al respecto, a partir de los debates que se han registrado en el ámbito internacional; se reseñaron algunos estudios sobre el mercado de los doctores en otras latitudes, en las que se ha incrementado el número de estos profesionales en la industria (Enders, 2002; Mangematin, 2000; Roach y Sauermaun, 2010), se caracterizaron las políticas públicas adoptadas en España y Francia, enfocadas a incentivar la inserción de doctores en la industria y finalmente se hicieron entrevistas a algunos empresarios y se aplicaron encuestas a estudiantes, graduados y profesores de programas de doctorado en el área de Ingeniería en Colombia. El propósito de las entrevistas y las encuestas era conocer las valoraciones y las percepciones que, tanto el sector empresarial como el académico, tenían sobre la innovación, el papel que tienen los doctores en la sociedad y los principales retos que se deben afrontar para incentivar la inserción de los doctores en la industria. En el caso del sector académico, se profundizó por primera vez en Colombia, en las valoraciones subjetivas que tenían sobre la industria como destino laboral, utilizando una metodología desarrollada con este mismo propósito, para analizar el caso de estudiantes de doctorado de tres universidades de investigación en Estados Unidos, en las áreas de Ingeniería y Ciencias (Roach y Sauermaun, 2010).

Desde una perspectiva sociológica, se parte del supuesto de que el agente social es un agente entendido con capacidad de verbalizar, a través de la conciencia reflexiva, sus percepciones o valoraciones sobre un fenómeno social determinado; en este caso, el destino laboral, y como tal, se puede comprender aquello que el agente social considera como válido (Giddens, 1984 y 2001). En la lógica del “análisis estructural”, estas percepciones o valoraciones del agente social resultan estar intrínsecamente relacionadas con las estructuras —por ejemplo, el “mercado de trabajo” — en las cuales las prácticas sociales toman forma y la conciencia práctica hace posible que la rutina fluya de manera natural (Celis y Guatame, 2003). Es interesante anotar entonces, que tanto estas premisas sociológicas como la metodología empleada en el estudio fueron novedosas con respecto al abordaje tradicional, que se dio previamente a los estudios

que buscaban identificar cuáles eran los factores determinantes por los cuales los graduados de doctorado optaban por una carrera profesional en el sector industrial. Se tendía a suponer que la industria debía adoptar o por lo menos emular los ambientes académicos, visión estructuralista, sin que este tipo de posturas se reflejara en un aumento de los graduados en el sector industrial. Poco se consideraron las expectativas subjetivas que resultan ser un poderoso factor sociológico que permite entender por qué unos agentes sociales optan por una profesión en la academia y otros en la industria (Sauermann y Roach, 2011 y 2012).

Uno de los resultados más relevantes del estudio sobre el caso en Colombia es que 8 de cada 10 estudiantes encuestados aspiran a convertirse en profesores universitarios porque consideran que la academia es un espacio propicio para publicar artículos, participar y compartir resultados de investigación en redes académicas, se goza de altos niveles de libertad y se recibe reconocimiento proveniente de las comunidades académicas. En contrapartida, aquellos estudiantes que prefieren la industria están más preocupados por el ingreso salarial y los recursos disponibles para producir artefactos que tengan impacto (Celis, Duque y Ramírez, 2012). Por otra parte, el sector académico —representado por profesores, estudiantes y graduados— tiene la percepción de que la investigación básica, y la publicación de artículos, fundamentalmente, es un precipitado básico para mejorar los niveles de innovación de la industria. Este razonamiento denominado como el modelo lineal de innovación es apenas lógico, pues el sector académico pone en el corazón del sistema de innovación la universidad, sin importar demasiado la apropiación que haga el mercado de la investigación (comercialización). Sin embargo, recientes estudios y recomendaciones como las presentadas en National Research Council (2012, p. 11), insisten sobre un modelo de asociación entre la industria y las universidades, lo cual muestra un interés por abordar la innovación desde una perspectiva menos simplista. Finalmente, el estudio plantea a manera de hipótesis (Celis et ál., 2012), a partir de los hallazgos reportados por Mangematin (2000), Kerr e Ivey (2003), Harman (2008), Thune (2010), Roach y Sauermann (2010), que estas expectativas subjetivas, expuestas por el sector académico de Ingeniería en Colombia, son el resultado de un proceso de escolarización en el cual la universidad se perfila como el principal destino laboral de los doctores y la innovación depende de la investigación básica que se adelanta en el mundo académico. En los programas de doctorado los estudiantes interiorizan y reproducen estas valoraciones o pautas de conducta, al punto que se naturalizan y convierten en creencias profundamente arraigadas. Desde esta perspectiva, incrementar el número de doctores en la industria pasa por modificar inexorablemente las expectativas subjetivas de los estudiantes.

A partir de los resultados obtenidos en el estudio (Celis et ál., 2012), se considera relevante que el Estado promueva políticas públicas orientadas a concebir y diseñar programas de doctorado para la innovación, esto es, que los estudiantes accedan a un tipo de oferta educativa en la que

además de desarrollar las competencias y habilidades establecidas para este nivel de formación —capacidad de desarrollar de manera autónoma investigación con los más altos estándares (Ministerio de Educación Nacional, 2010)— conozcan y comprendan las racionalidades, demandas y necesidades del sector industrial (Celis et ál., 2012). La información recolectada en el estudio permite inferir que los programas de doctorado en Ingeniería, en general, están proyectados para que los estudiantes se formen para ser profesores universitarios<sup>3</sup> y además, profundizan la creencia, arraigada en muchas universidades colombianas, de que la investigación básica es la condición *sine qua non* para hablar de innovación, cuando la experiencia internacional muestra que las patentes en su gran mayoría se producen fuera de la academia (Baudelot y Establet, 2009; Celis et ál., 2012). Al mismo tiempo, los programas de doctorado para la innovación deben convertir a las industrias en espacios de formación para los estudiantes y de esta manera las industrias son tan responsables como las mismas universidades en el entrenamiento que se requiere para convertir a los estudiantes en investigadores de primer nivel para el sector industrial.

Con esto en mente, el propósito del presente artículo es identificar y describir aquellos factores relevantes que podrían transformar los programas de doctorado de corte académico en Ingeniería, en otros que promuevan la innovación. Para este fin se utilizan algunos estudios en los cuales se han analizado los principales factores que contribuyen no solo a que los estudiantes de doctorado tengan una experiencia de formación en la industria, sino a que esta sea valorada como un destino laboral potencial. Aunque se puede esgrimir que hacer una revisión de las experiencias internacionales para un asunto local como el de aumentar el número de doctores en el sector industrial en Colombia no sea la mejor estrategia para el diseño y la promoción de políticas públicas, los estudios comparados en educación han señalado que un primer paso para aprender de las mejores prácticas requiere hacer una “transferencia” del conocimiento acumulado en otras sociedades inicialmente, y esta “transferencia” surge posteriormente un proceso de traducción y transformación en el contexto social específico, lo cual supone que se debe lograr un balance entre lo internacional y lo nacional (Bray, Adamson y Mason, 2007; Cowen, 2009; Phillips, 2009).

El artículo está organizado en tres partes. En la primera se presentan los argumentos que se están esgrimiendo en algunas latitudes para “re-conceptualizar” la formación doctoral, que debe contemplar otros

3. En un estudio sobre las actividades que desempeñan los beneficiarios de las becas de Colciencias, que cursaron estudios de doctorado en Colombia durante los años 2002-2007, se encontró que el 41% de las actividades están relacionadas con docencia en educación superior. El área de ingeniería fue la única que reportó actividades empresariales y tecnológicas (3%), pero este 3% palidece ante el 55% de actividades relacionadas con la docencia para esta misma área (Universidad del Rosario, 2010). Estos datos resultan ilustrativos para afirmar que los programas de doctorado son de corte académico, definitivamente.

escenarios laborales diferentes a la academia y preparar a los estudiantes para una industria, que no solo requiere investigadores de alto nivel, sino “consultores, innovadores y emprendedores” (Kerr e Ivey, 2003). En la segunda parte se describen los factores más relevantes para transformar los programas de doctorado de corte académico en programas para la innovación. Se caracterizan las dimensiones de formación como los objetivos educacionales asociadas a ellas, y se relevan algunos aspectos de orden institucional (acuerdos y reglas que regulan la relación entre los estudiantes, las universidades y las empresas) que inciden en el proceso de escolarización. Es importante tener en cuenta que la literatura identificada sobre este tópico coincide en mencionar que los doctorados para la innovación o de tipo industrial mantienen parte de la formación tradicional, esto es, capacidad de producir investigación original de manera autónoma (Enders y Egbert, 2004; Kerr e Ivey, 2003; Thune, 2010). La diferencia radica en la experiencia que tienen los estudiantes durante la formación y las exigencias que se hacen para poderse graduar. Finalmente se sugieren temas de investigación para continuar la identificación de políticas públicas que contribuyan a incrementar el número de doctores en el sector industrial en Colombia en los próximos años.

#### **La formación doctoral: una cuestión que se está revisando**

Para argumentar la necesidad de “re-conceptualizar” la formación doctoral se han resaltado tres aspectos: los cambios en la manera en que se genera y transfiere el conocimiento, los intercambios cada vez más crecientes entre las universidades, las empresas y los Estados, y las transformaciones en el “mercado de trabajo” de los doctores (Enders y Egbert, 2004; Harman, 2008; Lee, Miozz y Laredo, 2010; Sauermann y Roach, 2012; Sauermann y Stephan, 2010; Thune, 2009, 2010).

Es común que se utilice la postura propuesta por Gibbons (1994) para mostrar que los “cambios en la producción del conocimiento” consisten en que las fronteras entre disciplinas son cada vez más borrosas, así como la diferencia entre la investigación aplicada y la básica. Se argumenta que hoy en día los problemas que afectan a la sociedad requieren que se adopte una visión que integre las disciplinas y no una que propenda por defender un supuesto objeto de estudio o una parcela de conocimiento según la disciplina. Pero al observar la estructura que gobierna las organizaciones académicas, se encuentra que estos postulados no son más que meras formulaciones retóricas, pues las reglas sobre el reclutamiento y la promoción de los profesores en las universidades refuerzan la visión disciplinar en la producción del conocimiento. Y teniendo en cuenta que la formación doctoral acontece en las organizaciones académicas, se pone en duda que estas nuevas formas de producción de conocimiento afecten la formación doctoral. Al contrario, podría suponerse que la formación doctoral continuará influenciada por el principio de la reproducción de disciplinas y comunidades académicas. Aunque al analizar las experiencias que tienen los estudiantes en programas con una

fuerte interacción entre las universidades y las empresas (Harman, 2008; Thune, 2010), se encuentra que ellos están expuestos a una formación en la cual el conocimiento disciplinar no es suficiente para superar los objetivos de aprendizaje trazados para este tipo de interacciones. Se afirma que los estudiantes tienen una experiencia única en la que adquieren una serie de competencias que trascienden las académicas y cumplen otras normas o pautas de conducta, diferentes a las que son reafirmadas en la formación tradicional, haciendo su formación más polivalente (Harman, 2008; Thune, 2010).

La “relación universidad-empresa-Estado” se soporta en lo que se ha denominado la “triple hélice”. Algunas iniciativas como las de Australia, Noruega y Suecia (Harman, 2008; Thune, 2010; Wallgren y Dahlgren, 2007) muestran que los programas orientados hacia la formación de los estudiantes de doctorado como responsabilidad compartida entre las universidades y las empresas, se enmarcan en esta nueva relación que se caracteriza por formar investigadores con capacidades de comprender y solucionar los problemas de las empresas (National Research Council, 2012). En esta relación resulta esencial el papel que desempeña el Estado al lograr coordinar mediante estímulos, traducidos en subsidios para estudiantes y realización de proyectos, los diferentes actores que influyen en la formación de los estudiantes. En los estudios referenciados por Thune (2009) sobre la formación doctoral que acontece en esta relación universidad-empresa no se reportan conclusiones definitivas que permitan analizar el impacto real que tiene dicha relación en los niveles de innovación de las empresas. La mayoría de estudios se concentra en describir el proceso de escolarización, sobre todo desde la experiencia que tienen los estudiantes, y la trayectoria laboral de los doctores al comparar el primer empleo con la posición laboral, pasados unos años después de haber obtenido el título respectivo. Es probable que esta ausencia de estudios se deba a que los programas de doctorado, enfocados en la industria, son de reciente creación y el número de graduados no permite tener una muestra representativa para este tipo de investigaciones.

En el caso del “mercado de trabajo” se registran debates similares a los que se han sostenido con la educación de pregrado, en cuanto al tipo de competencias que los estudiantes de doctorado deben adquirir: competencias más generales, antes que específicas, por los cambios que se registran en un mercado laboral que exige un trabajador con altas capacidades para adaptarse al cambio (Enders y Egbert, 2004). Por otra parte, en varios países desarrollados hay un crecimiento cada vez mayor en el número de doctores que optan por laborar en el sector empresarial. Esta situación plantea tres tipos de discusiones. La primera, que implica que la formación doctoral no puede seguir circunscrita a la academia (Enders, 2002; Enders y Egbert, 2004), sino que debe considerar otro tipo de escenarios laborales en los cuales los doctores no estén dedicados exclusivamente a realizar investigación de corte académico, sino a coordinar grupos de trabajo o ser consultores para realizar estudios de prospectiva

o resolver problemas que afectan la competitividad de las empresas. En un estudio hecho por Lee, Miozz y Laredo (2010) se halló que hay un fuerza laboral con doctorado que está desempeñando otros roles dentro de las empresas y esta fuerza de graduados de doctorado valora que la formación doctoral enfatice más el desarrollo de competencias generales, sobre todo las relacionadas con comunicación y trabajo en equipo, mientras que aquellos graduados que optan por las universidades aseguran que la formación especializada es esencial para integrarse al sistema de normas que regula el mundo de la academia; en este caso, la reproducción de las disciplinas. En el caso colombiano, de acuerdo con los datos de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) III-2006, se identificaron las siguientes áreas funcionales en las cuales se están desempeñando los doctores: 66,1% estaba en la producción, 15,8% en administración, 13,2% en el departamento de ventas y comercialización y el 4,9% laboraba en otros departamentos (calidad, diseño, ingeniería e investigación y desarrollo) (DANE, DNP, y Colciencias, 2010, p. 10).

La segunda discusión está dirigida a identificar aquellos factores que tienen más peso a la hora de entender por qué ciertos graduados optan por la academia o la industria. Se ha encontrado que las preferencias o expectativas subjetivas tienen un gran peso explicativo. Roach y Sauermann (2010) plantean que el “gusto por la ciencia” (publicar artículos, pertenecer a redes académicas, gozar de altos niveles de libertad) incide en la selección que hacen los estudiantes por la academia, mientras que la preocupación por el salario y la disponibilidad de recursos para realizar investigación afecta a los que escogen la industria. Mangematin (2000), por su parte, halló que los estudiantes que han tenido una formación en la cual ha participado un par de la industria tienen más probabilidades de obtener un empleo estable una vez se gradúan. Enders identificó que la inclinación a trabajar más en la industria depende de la disciplina en que se formó el estudiante. Aunque todavía existe una considerable proporción de graduados empleados en la educación superior, en mucho tiempo, la educación superior no es el sector de empleo más importante y se registran diferencias según disciplinas: cerca del 40% de los matemáticos y menos del 20% de los ingenieros eléctricos laboran en la educación superior. Además, el empleo en el sector de investigación y desarrollo registra cerca del 50% de los ingenieros eléctricos y menos del 10% en estudios germánicos (Enders, 2002). En los estudios se propone que la configuración de las expectativas subjetivas es resultado de la experiencia académica que tienen los estudiantes durante su formación. Aquellos estudiantes que se han formado en organizaciones académicas, en las cuales la relación con el sector industrial es fuerte, tienen inclinación a continuar una carrera en la industria, mientras que aquellos que asistieron a una organización con corte académico preferirán una posición en una universidad (Roach y Sauermann, 2010). Sin embargo, un estudio de H. Sauermann y M. Roach (2012) muestra que aunque los directores de las tesis alentaron a los estudiantes a seguir una carrera en la academia,

terminaron optando por una carrera en la industria, poniendo así en duda el efecto que tiene el papel de los directores en la selección que hacen los estudiantes de sus destinos laborales. En este caso, argumentan Sauermann y Roach, las preferencias explican la selección que hacen los graduados de doctorado sobre su futuro laboral. Este hallazgo se puede reforzar con el estudio hecho por Thune, en el cual reporta que aquellos estudiantes que ingresan a los programas de doctorado en los que hay una colaboración entre la universidad y la empresa, acceden a este tipo de formación porque previamente tienen el interés de laborar en la industria y estas ofertas educativas “son instrumentales para alcanzar sus metas laborales” (Thune, 2010, p. 473). Si se lleva al extremo lo mencionado por Sauermann y Roach (2012) y Thune (2010), el “gusto por la ciencia” no necesariamente es el resultado de la formación doctoral como tal, sino que son valoraciones y expectativas que se han configurado de manera previa al ingreso a la formación doctoral, lo cual lleva a suponer que se debe incentivar a los estudiantes para optar por la industria desde su formación de pregrado. En esta perspectiva, Sauermann y Roach sugieren establecer mecanismos para orientar a los estudiantes a la hora de cursar o no un programa de doctorado, en lo que respecta a los potenciales desempeños laborales futuros, con miras a que los estudiantes sepan de antemano los resultados de acceder a la formación doctoral. Una tercera discusión es el tipo de actividades que están desarrollando los doctores que están laborando en espacios diferentes a la academia. Aunque Lee et ál. (2010) afirman que no hay estudios con estas características que permitan comprender con mayor exactitud los nuevos roles que desempeñan los doctores para contar con información para adelantar la “re-conceptualización” de la formación doctoral, Sauermann y Stephan (2010) adelantaron un estudio para identificar las diferencias y las similitudes de los doctores en ciencias de la vida y en física, que trabajan en la industria y en la academia. En cuanto a las diferencias se encontró que solamente el 6% de los doctores que se desempeñan en la industria están involucrados en actividades de investigación básica, en contraste con el 70% de los que están en las universidades. El desarrollo es la principal actividad del 36% de los doctores en la industria, mientras que esta actividad representa el 2% de los doctores en las universidades. Los doctores en la industria registran más patentes, mientras que los de las universidades publican más artículos. Los doctores en la industria tienen salario más alto que el de los doctores en la academia. Sin embargo, se encuentra que en ambos sectores se publica y se desarrollan patentes, y existe una percepción generalizada de que hay elevados niveles de libertad para definir las agendas de investigación, lo cual pondría en duda la idea de que academia e industria son tan diferentes.

Este nuevo escenario de la formación doctoral, que ya no apunta a preservar el ideal de Humboldt de reproducir las ciencias mediante la investigación (Enders, 2002), ha desembocado en que en algunos países se desarrollen programas de doctorado en los que se propende por

establecer sinergias entre la academia y la empresa, para formar una fuerza laboral con competencias para la investigación y el desarrollo de la industria como los Acuerdos Industriales de Formación por la Investigación (Cifre), en Francia, los programas de doctorado para la industria en Noruega, Dinamarca y Australia, las escuelas de investigación industrial en Suecia y los programas de investigación en ciencias e ingeniería en el Reino Unido (Giret y Recotillet, 2004; Kerr e Ivey, 2003; Thune, 2009).

### Los programas de doctorado en Ingeniería para la innovación

Apelando a lo descrito por Kerr e Ivey, un programa de doctorado en Ingeniería debe contener por los menos cuatro dimensiones de formación: consultor, investigador, innovador y emprendedor. En la tabla 1 se hace una síntesis de las diferentes dimensiones en relación con lo que se espera que el estudiante desarrolle en cada una de ellas, a partir de la experiencia alcanzada en British Engineering Doctorate Programme (Kerr e Ivey, 2003).

La definición de la situación actual e ideal de la empresa (dimensión de consultor) se hace tanto en compañía de las directivas de la empresa como de los usuarios de los productos. En este caso, la definición del proyecto de investigación depende de los intereses de la empresa que financiará el proyecto. La capacidad de convencimiento que tenga el estudiante sobre la empresa es un asunto que depende de la comprensión sobre la estrategia de negocio y de la manera en que el proyecto se relaciona con ella. El estudiante, además de los cursos especializados en su área de investigación, recibe cursos en Estrategia, Finanzas, Contabilidad, Administración y Operaciones de Proyectos, Administración de Recursos Humanos y Clima Organizacional, así como en Innovación y Diseño en Ingeniería, Cambio Tecnológico y Evaluación Ambiental (Kerr e Ivey, 2003). Este tipo de conocimiento resulta esencial para alcanzar los objetivos educacionales de las dimensiones de consultor, innovador y emprendedor. Thune (2009), con base en entrevistas a estudiantes que participaron en el programa de doctorados para la industria en Noruega, identifica aquellos asuntos que están presentes en la realización de los proyectos colaborativos entre empresas y universidades y que son el punto de encuentro en la formación doctoral de los futuros graduados de doctorado. Los estudiantes desarrollan proyectos en empresas que son intensivas en I+D<sup>4</sup>. La mayoría de ellas invierte grandes sumas en I+D

4. En el caso colombiano, aunque no es información sobre estudiantes de doctorado realizando proyectos de investigación en empresas, es interesante anotar que de los 481 doctores reportados, 336 (71%) laboraban en empresas grandes y solo 59 (12%) laboraban en empresas consideradas como innovadoras en sentido estricto, mientras que 186 (39%) lo hacían en empresas consideradas como no innovadoras (Salazar-Acosta et ál., 2011, p. 159). Estas cifras son bajas si se comparan con las de Brasil y Chile, países en los cuales hay 44,8 y 28,1 doctores por cien mil habitantes respectivamente. De igual manera, el número de graduados de doctorado por millón de habitantes es de 53, 18 y 15 para Brasil, México y Chile.

Tabla 1. Dimensiones de formación de los programas de doctorado en Ingeniería

Dimensión	Objetivos educacionales
Consultor	<p>El estudiante está en capacidad de exponer las razones por las cuales una empresa debe financiar su investigación. Para este caso, el estudiante responde tres preguntas básicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Dónde quiere estar la empresa?</li> <li>¿Dónde está la empresa actualmente?</li> <li>¿Cómo organiza la empresa sus capacidades para alcanzar lo que se propone para el futuro?</li> </ul> <p>El resultado final es un proyecto de investigación que permita desarrollar un nuevo producto que será comercializado en el nicho de competencia de la empresa. Durante el desarrollo del proyecto se analizará la relevancia del producto para los intereses de la empresa, teniendo como referente la estrategia de negocio planteada por ella.</p>
Investigador	<p>El estudiante está en capacidad de indagar sobre los desarrollos previos del producto y analizar la viabilidad de las diferentes componentes, haciendo una comparación con productos adelantados en otras empresas. Esta dimensión es la que se desarrolla tradicionalmente en los programas de doctorado.</p>
Innovador	<p>Con base en los avances en la dimensión de investigador, el estudiante debe estar en capacidad de mejorar y optimizar el producto, para facilitar su adopción en la empresa. En este caso, a diferencia de la investigación, el estudiante analiza otra serie de variables relacionadas con la viabilidad que tiene, para que la empresa ponga el producto en operación. La viabilidad se analiza, a partir de las capacidades actuales y las implicaciones que tendría para la empresa poner en operación el producto.</p>
Emprendedor	<p>El estudiante debe estar en capacidad de establecer escenarios para comercializar el producto. Esta dimensión es la principal diferencia con la formación doctoral tradicional, pues el estudiante no solo utiliza la investigación para desarrollar un producto, sino para posicionarlo en el mercado, lo cual supone que debe ser apropiado por el mercado para considerarlo relevante. Para ello, el estudiante responde preguntas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Los recursos y la experiencia de la empresa son suficientes para proveer el producto?</li> <li>¿El producto tendrá cabida dentro del rango de productos o de la estrategia de negocio de la empresa?</li> <li>¿El producto será atractivo para los consumidores actuales y potenciales? ¿Qué nivel de demanda se espera alcanzar con el producto?</li> <li>¿Qué ciclo de vida se espera alcanzar con el producto?</li> <li>¿Qué tasa de retorno sobre la inversión se espera alcanzar?</li> </ul> <p>El producto final de esta dimensión es un plan de negocios en el cual el estudiante presenta análisis de sensibilidad, como costos del producto, volúmenes de ventas, entre otros. Además, se abordan asuntos relacionados con patentes y propiedad intelectual, para garantizar la inversión hecha por la empresa en el desarrollo del producto.</p>

Fuente: Kerr e Ivey (2003, pp. 96-98)

y tiene bastante experiencia en la realización de proyectos con universidades y otras instituciones de investigación. Podría decirse entonces, que a la hora de establecer vínculos entre universidades y empresas para la realización de proyectos de investigación por parte de los estudiantes de doctorado, las empresas deben ser espacios de investigación. Aunque pocos estudiantes afirmaron tener algún contacto con la empresa en la cual estaban realizando el proyecto de investigación, la principal razón por la que deciden optar por este tipo de formación, como se mencionó en precedencia, es que están interesados en ingresar al sector industrial y consideran esta experiencia relevante para alcanzar su propósito. Este aspecto, aunque no ha sido estudiado de manera sistemática, sugiere que la selección del área de desempeño de los doctores (academia o industria) es un asunto que está resuelto previo al ingreso al programa de doctorado. Desde esta óptica, debe pensarse que los estudiantes que acceden a una oferta educativa con estas características tendrán una alta valoración sobre la industria en cuanto a la opción laboral. Para muchos estudiantes, según Thune (2010), la interacción con la industria se considera una característica de calidad de la formación doctoral, sin importar que el destino laboral posterior de los estudiantes sea la academia o la industria, lo cual supone que esta interacción es estimada cada vez más como un aspecto relevante del proceso de escolarización de los estudiantes. A pesar de que los estudiantes argumentan su preferencia por una carrera académica, es importante reiterar la importancia que reviste la interacción con la industria dentro de la formación doctoral. En esta perspectiva, la interacción con la industria no es solo un requisito indispensable para transformar la formación doctoral hacia la innovación, sino que también hace parte constitutiva de la preparación de los futuros profesores universitarios. Al respecto Thune (2010) menciona “de acuerdo con los estudiantes, la interacción con la industria brinda competencias, acceso a datos y material de investigación que es visto como vital para las futuras carreras de investigación tanto dentro como fuera de la universidad” (Thune, 2010, p. 473).

Un aspecto que resalta Thune (2010) es que los estudiantes reciban una formación polivalente, en la cual se logra balancear las exigencias de la industria y la academia. Los estudiantes señalan que la interacción con la industria no afectó el cumplimiento de los logros educativos para la formación tradicional. En parte este fenómeno es entendible porque la formación doctoral acontece en un escenario en el que la interacción entre industria y academia viene de tiempo atrás. Por esta razón, la formación para la innovación es el resultado de acuerdos que se han pactado entre los dos actores y uno de los resultados más relevantes es que ambos pueden participar en la formación de los doctores.

Al igual que lo afirmado por Kerr e Ivey (2003), el diseño del proyecto de investigación implica una alta interacción entre la empresa y el estudiante de doctorado. En este caso, es fundamental que el estudiante no solo conozca la capacidad instalada de la empresa, sino la visión o

estrategia de desarrollo planteada por la empresa. Según la información recolectada por Thune (2010), al estudiante se le entrega un espacio dentro de la empresa y tiene acceso a los diferentes recursos. Después de concluida la etapa de diseño, la interacción con la empresa no es tan intensa y más bien se convierte en encuentros regulares para analizar los avances con respecto a la estrategia de negocio de la empresa.

Un asunto que resulta básico en esta formación son los tutores (académico e industrial) de tesis, quienes por lo general tienen una experiencia en el desarrollo de proyectos colaborativos entre empresas y universidades. Las razones expuestas por Thune (2010) y Salminen-Karlsson y Wallgren (2008) son las siguientes: los proyectos de investigación son en su mayoría una negociación en la cual medió la relación previa que tenían los tutores; los tutores logran traducir los intereses y las demandas, tanto del sector académico como del empresarial y también que la tesis sea relevante para el proceso de escolarización y para la industria; los tutores colaboran en que se reporten de manera adecuada los resultados de los avances durante la realización del proyecto; como las exigencias que hacen las empresas a los estudiantes, a veces son una sobrecarga de trabajo, son negociadas directamente por el tutor académico, quien debe lograr que ellas no interfieran en el proceso de formación, al punto de que se conviertan en una restricción para la conclusión del proyecto de investigación; los tutores desempeñan un papel fundamental en la negociación, para transferir conocimiento y poder publicar los resultados de la investigación.

Al respecto Salminen-Karlsson y Wallgren (2008) al estudiar el caso de los doctorados industriales en Suecia, señalan que el éxito para adoptar una idea se explica porque había una relación previa entre el tutor académico con su par en la industria y en algunos casos se encontró que habían trabajado en el mismo departamento cuando el par de la industria era profesor. Mientras el tutor académico tiene la responsabilidad de formular el proyecto y encontrar el estudiante adecuado para desarrollarlo, la contraparte en la industria garantiza que el alcance del proyecto sea de interés para la compañía. Los estudiantes afirmaron que los tutores provenientes de la academia están más preocupados por el avance académico y de la vida personal. Ellos dedican más tiempo a realizar el seguimiento al desarrollo del proyecto como a las vicisitudes que pueda tener el estudiante. En contrapartida, los tutores de la industria están más preocupados por tener más estudiantes de doctorado y hacen todo lo posible por ello, pero los estudiantes perciben que su disponibilidad de tiempo para el seguimiento académico es reducida.

Un hallazgo relevante también está relacionado con el grado de escolaridad del tutor de la industria. La cooperación entre ambos sectores para la realización del proyecto se afecta de manera negativa cuando el tutor de la industria no tiene título de doctorado. La comunicación se dificulta y tiende a ser más compleja cuando el tutor de la industria no conoce y comprende las formas de producción de conocimiento de la academia,

el rigor de la escritura por ejemplo, pues las formas de la academia no son las mismas que las de la industria. Otra tensión está relacionada con lo que espera cada tutor. El de la industria espera que el estudiante se someta a las lógicas de la industria, sobre todo en lo relacionado con los periodos de tiempo, y que los productos de conocimiento sean de fácil aplicación a los desarrollos de la industria. El tutor académico encuentra en las publicaciones el mejor indicador para medir el desempeño del estudiante y el cumplimiento de los diferentes logros educativos deben ser el foco de atención del estudiante.

### **Agenda de investigación futura: a manera de conclusión**

Mientras en los países desarrollados la mayor parte de los graduados de doctorado se orienta al trabajo en ambientes no académicos, promoviendo así procesos de innovación en la sociedad, en Colombia los doctores se están formando sustancialmente con una vocación académica. Varios estudios han mostrado que un doctor con perfil académico prefiere evitar el trabajo fuera de este sector.

Este mismo problema, aunque de dimensión menor, se ha afrontado con éxito por países como España y Francia, donde se desarrollaron programas específicos para promover la formación de doctores con perfil industrial, bajo dos modalidades diferentes:

- Doctorados conjuntos entre academia e industria
- Programas de apoyo a la inserción de doctores en la industria

Por ello, resulta urgente replantear en Colombia la formación de una buena parte de los futuros doctores, si se quiere incentivar un destino diferente al académico:

- Conocer, describir, analizar y sistematizar las funciones que están desempeñando los doctores en escenarios diferentes a la academia, para poder perfilar las competencias y habilidades que serán interiorizadas durante el proceso de formación de los estudiantes.
- Caracterizar las habilidades y los roles que desempeñarán los tutores, toda vez que ellos son un elemento fundamental para armonizar los intereses de los sectores involucrados en la formación de los estudiantes, en este caso, la industria y la universidad.
- Perfilar los contenidos y las estrategias pedagógicas de los cursos que contribuyen a formar estudiantes con capacidades para la consultoría, la innovación y el emprendimiento.
- Analizar el tipo de empresa con la cual convendría más establecer interacciones para el desarrollo de proyectos conjuntos, enfocados a apoyar el proceso de escolarización de los estudiantes.

Adicionalmente parece resultar apropiado continuar con programas que incentiven la inserción de doctores en la industria, en lo posible desde la perspectiva de doctorados conjuntos academia-industria.

**Bibliografía**

- Auriol, L., Bernad, F. y Schaaper, M. (2010). *Mapping Careers and Mobility of Doctorate Holders: Draft Guidelines, Model Questionnaire and Indicators*. France: OECD.
- Baudelot, C. y Establet, R. (2009). *L'élitisme républicain*. Paris: Seuil.
- Bray, M., Adamson, B. y Mason, M. (Eds.). (2007). *Comparative Education Research: Approaches and Methods*. Hong Kong: Comparative Education Research Centre y Springer.
- Celis, J. (2010). *Consideraciones para diseñar un instrumento de política pública para estimular la inserción de doctores en las empresas en Colombia*. Documento de circulación interna. Bogotá: Banco Mundial, Colciencias.
- Celis, J. y Guatame, P. (2003). La dinámica institucional, la sociabilidad y las prácticas escolares: un acercamiento metodológico desde la sociología. *Revista Colombiana de Sociología*, 21, 207-230.
- Celis, J., Duque, M. y Ramírez, C. (2012). *Doctorados en ingeniería para promover la innovación: una propuesta para acrecentar la competitividad empresarial basada en la inserción de doctores en ingeniería en Colombia*. Bogotá: Universidad de los Andes, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.
- Colciencias. (2008). *Colombia construye y siembra futuro. Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación*. Bogotá: Colciencias.
- Colciencias. (2011). *Subvención para la inserción de doctores colombianos y del extranjero a las empresas en Colombia*. Bogotá: Programa Alejandro López.
- Cowen, R. (2009). Editorial Introduction: The National, the International, and the Global. En R. Cowen y A. Kazamias (Eds.), *Reflections on the Development of Comparative Education*. (Vol. 1, pp. 337-340). London: Springer Science.
- Cruz, L. (2007). *La inserción laboral del capital humano en ciencia y tecnología (RHCT)*. Ponencia presentada en la Reunión Subregional del Cono Sur de la Red CTI del BID, Chile.
- Cruz, L. y Sanz-Menéndez, L. (2005a). *The Employment of Ph.Ds. in Firms: Trajectories, Mobility and Innovation*. *Research Evaluation*, 14(1), 57-69.
- Cruz, L. y Sanz-Menéndez, L. (2005b). Bringing Science and Technology Human Resources Back in: the Spanish Ramón y Cajal Programme. *Science and Public Policy*, 21(1).
- Cruz, L. y Sanz-Menéndez, L. (2006). *Valor de los doctores en las empresa*. España: Fundación Cotec.
- DANE, DNP y Colciencias. (2010). *Tercera encuesta de desarrollo e innovación tecnológica. EDIT III 2005-2006*. DANE, DNP Colciencias. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Departamento Nacional de Planeación, Colciencias.
- DNP. (2006). *Visión Colombia segundo centenario 2019*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

- DNP. (2008). *Política Nacional de Competitividad y Productividad*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación, (vol. Conpes 3527): Departamento Nacional de Planeación.
- Enders, J. (2002). Serving Many Masters: the Ph.D. on the Labour Market, the Everlasting Need of Inequity, and the Premature Death of Humboldt. *Higher Education*, 44, 493-517.
- Enders, J. y Egbert, D. W. (2004). Science, Training and Career: Changing Modes of Knowledge Production and Labour Markets. *Higher Education Policy* 17, 135-152.
- Gibbons, M. (1994). Innovation and the Developing System of Knowledge Production. In M. Gibbons, H. Limoges, S. Nowotny, P. Schwartzman, P. Scott y M. Trow (Eds.), *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Society*. London: Sage Publications.
- Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. UK: Polity Press y Blackwell Publishing Ltd.
- Giddens, A. (2001). *Sociología*. Madrid: Alianza Editorial.
- Giret, J.-F. y Recotillet, I. (2004). *The Impact of CIFRE Programme into Early Careers of Ph.D. Graduates in France*. Paper presented at the 16th Annual Conference of the European Association of Labor Economists, Lisbon.
- Harman, K. (2008). Challenging Traditional Research Training Culture: Industry-Oriented Doctoral Programs in Australian Cooperative Research Centres. In O. H. Välimaa (Ed.), *Cultural Perspectives on Higher Education* (Vol. 17, pp. 135-152): Springer.
- Kerr, J. y Ivey, P. C. (2003). The Engineering Doctorate Model of Consultant/Researcher/Innovator/Entrepreneur for New Product Development. A Gas Turbine Instrumentation Case Study. *Technovation*, 23(2), 95-102.
- Lee, H., Miozz, M. y Laredo, P. (2010). Career Patterns and Competences of Ph.Ds. in Science and Engineering in the Knowledge Economy: The Case of Graduates from a UK Research-Based University. *Research Policy*, 39(3).
- Mangematin, V. (2000). Ph.D. Job Market: Professional Trajectories and Incentives during Ph.D. *Research Policy*, 29, 741-756.
- Ministerio de Educación Nacional. (2010). *Decreto 1295 de 2010*. “Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior”. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- National Research Council. (2012). *Research Universities and the Future of America: Ten Breakthrough Actions Vital to Our Nation's Prosperity and Security*. Washington: National Research Council of National Academies.
- OLE. (2010). Vinculación laboral de recién graduados. *Observatorio Laboral para la Educación*. Consultado en agosto de 2012, en: <http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/observatorio/index.htm>

- Phillips, D. (2009). Aspects of Educational Transfer. In R. Cowen y A. Kazamias (Eds.), *Reflections on the Development of Comparative Education*. (Vol. 1, pp. 1061-1077). London: Springer Science.
- Presidencia de la República, Departamento de Planeación Nacional e Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología, Colciencias. (2006). *Fundamentar el crecimiento y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación. Propuesta para discusión*. Bogotá: Presidencia de la República, DNP y Colciencias.
- Racotillet, I. (2004). *Earnings of Young Doctorates in Private Jobs after Participation to Postdoctoral Programs*. Document de travail Université de Provence et Université de la Méditerranée. Consultado en agosto de 2012, en: <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/08/60/00/PDF/earningsyoung.pdf>
- Roach, M. y Sauermann, H. (2010). A Taste for Science? Ph.D. Scientists' Academic Orientation and self-Selection into Research Careers in Industry. *Research Policy*, 39(3), 422-434.
- Rubio, C. y Fabiola, G. (2007). *Fortalecimiento de las capacidades investigativas del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología*. Documento de circulación interna. Bogotá: Colciencias.
- Salazar-Acosta, M., Lucio, J., Rivera-Torres, S., Bernal, E., Ruiz, C., Usgame, D. y Daza, S. (2011). Indicadores de ciencia y tecnología 2011: Colombia. Colciencias (Ed.). OCYT.
- Salminen-Karlsson, M. y Wallgren, L. (2008). The Interaction of Academic and Industrial Supervisors in Graduate Education: An Investigation of Industrial Research Schools. *Higher Education*, 56, 77-93.
- Sanz-Menéndez, L., Cruz, L. y Aja, J. (2004). *Evaluación de la acción IDE (Incorporación de doctores a empresas)*. Madrid: Unidad de Políticas Comparadas (CSIC).
- Sauermann, H. y Roach, M. (2011). Not all Scientists Pay to Be Scientists: Heterogeneous Preferences for Publishing in Industrial Research. Dinamarca: Danish Research Unit for Industrial Dynamics. Consultado el 10 de agosto de 2012, en: <http://www3.druid.dk/wp/20110003.pdf>
- Sauermann, H. y Roach, M. (2012). Science Ph.D. Career Preferences: Levels, Changes, and Advisor Encouragement. *PLOS ONE*, 7(5). Consultado el 10 de agosto de 2012, en: [e36307.doi:10.1371/journal.pone.0036307](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036307)
- Sauermann, H. y Stephan, P. (2010). *Twins or Strangers? Differences and Similarities Between Industrial and Academic Science*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Sonneveld, H., Yerkes, M. y Van de Schoot, R. (2010). *Ph.D. Trajectories and Labour Market Mobility. A Survey of Recent Doctoral Recipients at Four Universities in the Netherlands*. Netherlands: Netherlands Centre for Graduate and Research Schools, Utrecht.
- The Danish Council for Technology and Innovation. (2012). *The Industrial Ph.D. An effective Tool for Innovation and Knowledge Sharing*. Copenhagen: The Danish Council for Technology and Innovation.

- Thune, T. (2009). Doctoral Students on the University-Industry Interface: A Review of The Literature. *Higher Education*, 58, 637-651.
- Thune, T. (2010). The Training of “Triple Helix Workers”? Doctoral Students in University-Industry-Government Collaborations. *Minerva*, 48, 463-483.
- Universidad del Rosario. (2010). *Evaluación del impacto del programa ACCES, Componente 2. Apoyo a programas doctorales: informe preliminar*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Wallgren, L. y Dahlgren, L. (2007). Industrial Doctoral Students as Brokers Between Industry and Academia: Factors Affecting their Trajectories, Learning at the Boundaries and Identity Development. *Industry and Higher Education*, 21, 195-210.
- WB. (2012). GDP Per Capita Retrieved June 2012. Consultado en agosto de 2012, en: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>

### Fuentes consultadas

- Cruz, L. (2010). *Políticas de formación, mercados de trabajo y empleo de los investigadores*. Presentación de circulación interna. Bogotá: Colciencias.