

# Significado de los Doctores en Ingeniería, vinculados a la industria

POR: COMISIONES DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO EMPRESARIAL Y FORMACIÓN E INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA -ACIEM

**E**xiste gran preocupación sobre el alcance de la actuación doctoral en la industria en Colombia, puesto que las evidencias han demostrado que frente a los intereses de las empresas e industrias, la mayoría de los doctores en Ingeniería prefieren la academia como destino laboral.

Los programas nacionales de doctorado se iniciaron en la última década del siglo pasado, es decir, hace cerca de 30 años con el programa de doctorado en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. En el año 2015 el número de programas de doctorado en Ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines era de 52 y la tasa anual de graduados se desconocía, pero aún está muy por debajo de otros países de Latinoamérica y mucho más lejos de países desarrollados.

“ Se estima que en Colombia solamente hay 13.000 personas con un título doctoral. Estamos graduando en promedio 12 doctores por millón de habitantes. ”

Aunque es poco tiempo en la determinación de los impactos para un proceso de largo aliento, las instituciones y organizaciones gremiales como ACIEM deben estar atentas a colaborar en ese importante proceso relacionado con el avance de la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), acorde con los problemas propios del entorno colombiano.

Es necesario que los diferentes actores de la sociedad conozcan la importancia de un doctorado para el desarrollo del país, pues si la sociedad lo desconoce, difícilmente lo valorará. En este sentido, es fundamental afirmar que la formación doctoral en Ingeniería debe estar muy ligada al entorno para ofrecer una visión interdisciplinaria y muy cercana a la industria nacional para lograr el desarrollo de capacidades de creación, innovación, gestión y emprendimiento que son los indicadores donde se verá reflejado en un futuro mejores índices de competitividad y productividad.



En las reflexiones de las Comisiones de Formación e Integración en Ingeniería y Promoción y Desarrollo Empresarial de ACIEM y los foros realizados el año anterior sobre los doctorados en Ingeniería, en los cuales se presentaron algunas propuestas relacionadas, entre otras, con que el futuro doctor se forme en el ambiente empresarial, a través de uno o varios proyectos de carácter dual relacionados universidad-empresa. Es decir, el doctor debe formarse en la industria, con lo cual se logra una inserción natural.

Este es un modelo que ha funcionado en países como México y España con buenos resultados hasta el momento. Una alternativa viable para desarrollar e implementar los requerimientos sería mediante convenios con los Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT) o con los grupos de investigación universitarios.

El entorno, la interdisciplinariedad, la cantidad y la calidad y la Relación Estado-Empresa-Universidad-Sociedad son cuatro aspectos fundamentales que han sido analizados en los foros y al interior de las discusiones de las comisiones de ACIEM sobre la formación doctoral en Ingeniería.

Capítulo aparte merece el tema de la política de ciencia y tecnología del país, que es necesario analizarse como un sistema total para aprovechar las capacidades de los doctores una vez formados.

► **Entorno.** Un análisis de la historia de la Ingeniería permite afirmar que tanto ayer como hoy, los Ingenieros necesitan tener unas sólidas bases teóricas de las ciencias básicas (física, matemáticas, química, biología, ciencias sociales) así como habilidades blandas que gobiernan la vida en el universo y a medida que evolucionan con nuevas teorías y paradigmas se irán integrando a las necesidades reales de los contextos, su evolución y los logros que aporta la academia al conocimiento.

Con la evolución de la ciencia y la tecnología; un estructurado pensamiento crítico; buena capacidad de análisis; trabajo en equipo; conocimiento del entorno y rigurosos principios éticos, el Ingeniero

formado en su dimensión de responsabilidad social podrá tomar asertivas y creativas decisiones para innovar en bienes y servicios que le aporten al bienestar de la sociedad.

El conocimiento, análisis e investigación del entorno donde se vive y donde estos conocimientos se aplican, es una condición sine qua non para que un doctor en Ingeniería (y en general cualquier profesional) pueda trabajar asertivamente por el bienestar de una sociedad.



Pues si bien los problemas del entorno en Europa, Estados Unidos, Asia, África o Suramérica como el abastecimiento de agua; necesidad de fuentes no convencionales de energía eléctrica; cambio climático o la transición energética, son aparentemente similares, sus soluciones de hecho son muy diferentes, por disímiles factores como variedad de climas, orografía, geografía y, por supuesto, cultura e idiosincrasia.

► **Interdisciplinariedad.** Cada día es más evidente para el desarrollo científico y tecnológico en Colombia, la necesidad de avanzar en una perspectiva de interdisciplinariedad y, en ese sentido, las tesis doctorales requieren de visiones de objetos de estudio más interdisciplinarios.

De hecho, existen muchos ejemplos mundiales del aporte de Ingenieros al avance de las ciencias básicas: Jorge Álvarez Lleras y Julio Garavito en Colombia; Mario Molina en México, Paul Dirac, John Bardeen, George Edward Box, Karl August Steinmetz o William F. Tinney en Estados Unidos, entre otros.

Todos ellos hicieron grandes aportes a las ciencias básicas, varios ganadores de premios nobel de física, gracias a la visión interdisciplinar de la Ingeniería.

*“ Cada día es más evidente para el desarrollo científico y tecnológico en Colombia, la necesidad de avanzar en una perspectiva de interdisciplinariedad. ”*

Como ejemplo ilustrativo, la Universidad Nacional de Colombia (UN), en 1991 propuso y lideró una política de apertura de espacios de discusión que, por una parte cumplieran la función de explicitar las posibilidades de interacción y comunicación entre diversas investigaciones, sociedad, sector productivo y redes internacionales de investigadores, y por otra parte, permitieran la formación de redes interdisciplinarias o comunidades académicas para buscar la comprensión del papel que la investigación cumple respecto a la docencia y a la proyección social, del grado de imbricación y complementariedad que debe tener entre ellas.

Se crearon así en aquel año, los que se bautizaron como Programas Universitarios de Investigación – PUI (1990-1993). Aquella primera fase concluyó con la identificación de 15 PUI. Para cada uno de ellos se elaboró un documento que recogía los avances de cada área a nivel universidad, país e internacional y sus proyecciones.

A partir de esta iniciativa, posteriormente la UN trabajó los denominados Campos de Acción Institucional (CAI), soportados en Programas Estratégicos - PRE (1999-2003) y se definieron los Programas Estratégicos de Investigación mediante el fortalecimiento de redes académicas.

Continuando con ese proceso, las Agendas de Conocimiento (AC), elaboradas entre 2010 y 2012, fue un proyecto que trabajo interdisciplinariamente las experiencias previas de los PUI y los CAI. Las AC ofrecieron un diagnóstico de las capacidades de investigación de la Universidad Nacional de Colombia a nivel nacional e internacional.

Los PUI, CAI y AC, han sido excelentes ejercicios académicos, experiencias en la tarea de plantear y ejecutar y que han marcado un avance en la planeación de una política de investigación de largo aliento, más allá de una disciplina, una profesión o una facultad. En el mismo sentido, la Misión de Sabios trabajó el concepto de interdisciplinariedad e identificó ocho focos interdisciplinarios:

- ✓ Biotecnología, Bioeconomía y Medio Ambiente
- ✓ Ciencias Básicas y del Espacio
- ✓ Ciencias Sociales y desarrollo humano con equidad
- ✓ Ciencias de la Vida y la Salud
- ✓ Energía Sostenible
- ✓ Industrias Creativas y Culturales
- ✓ Océanos y Recursos Hidrobiológicos
- ✓ Tecnologías Convergentes Nano, Info y Cogno Industrias 4.0

Con base en el concepto de interdisciplinariedad es posible abordar problemáticas nacionales, mediante trabajos doctorales que le permitirán al país avanzar en el conocimiento y mejoras en competitividad y productividad sobre rigurosas bases científicas.

El inicio de los clúster de energía en Bogotá, Medellín, Cali y la región Caribe, son claros ejemplos de la interacción entre la industria y la academia, que buscan resolver problemáticas conjuntas, las

cuales, generalmente, son afrontadas por estudiantes de posgrado que terminan liderando los proyectos de investigación que solucionan aquellos inconvenientes que las empresas han declarado.

- Cantidad y calidad de los Doctorados en Colombia.** En junio del año 2021 la Comisión de Formación e Integración en Ingeniería de ACIEM, realizó el primer foro sobre doctorados con una mirada académica, en el cual se discutieron datos como el de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que calcula que, para unos 45 millones de habitantes, de acuerdo con sus índices, deberían existir cerca de 495.000 doctores.

La Misión de Sabios dice que debería haber unos 30.000 doctores, cifra que ojalá se consiguiera pero que sigue siendo muy baja para lo esperado. De acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional (MEN), en 2014 se graduaron en Colombia alrededor de 8,2 personas por cada millón de habitantes, la cifra también es inferior a lo que registran países como India, cuyo número de doctores graduados se ubica en 20,2 por cada millón de habitantes y mucho menos en Estados Unidos, en donde se gradúan 200 doctores por cada millón de personas.

En cifras exactas, en las últimas dos décadas en Estados Unidos se graduaron 67.449 personas con doctorado, cifra mayor que la que registra Alemania (con corte a 2014) con 28.147 doctores, según datos de la OCDE. China es el principal productor mundial de doctores generando unas 50.000 tesis al año en 2009, muy por encima de Estados Unidos y los países europeos.

Se estima que en Colombia solamente hay 13.000 personas con un título doctoral. Estamos graduando en promedio 12 doctores por millón de habitantes, unos 740 se gradúan en el país, pero se necesita subir mínimo a 24 doctores por millón de habitantes.

Una clara demostración de la relación entre la formación doctoral y la productividad y competitividad de una región, son los casos de Bogotá y Antioquia, regiones que presentan los mayores índices de formación de doctores y programas doctorales y a la vez fueron las primeras en los resultados de competitividad regional 2014, haciendo ver que los esfuerzos para el desarrollo de la competitividad están estrechamente ligados con la investigación en ciencia y tecnología.

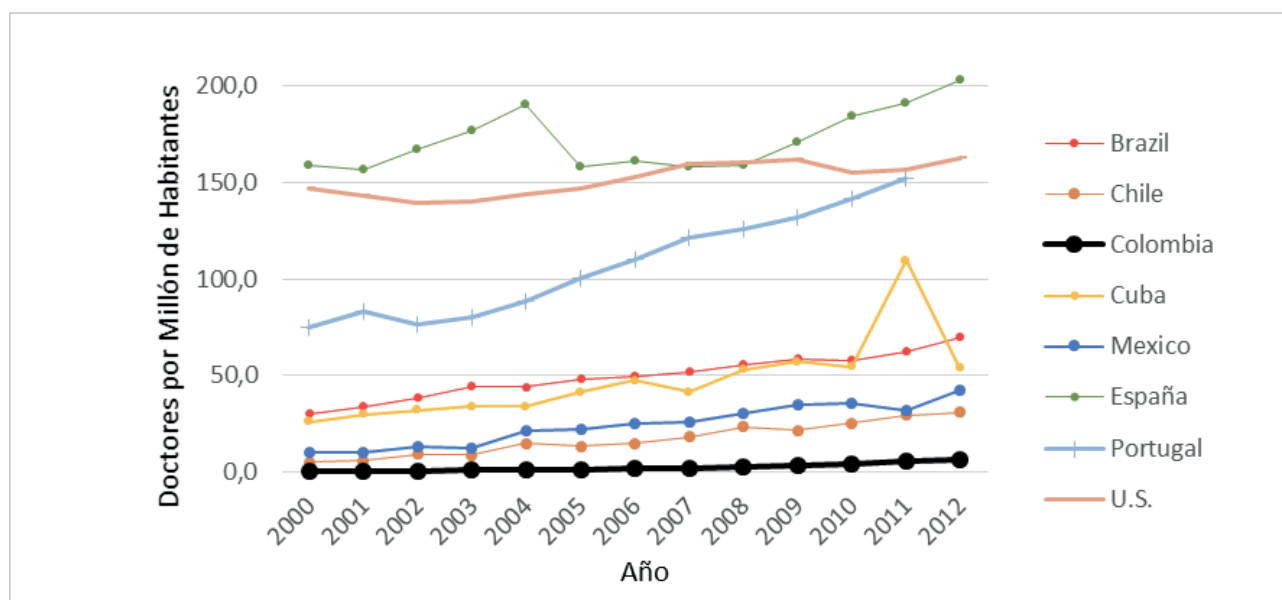


Figura 1. Numero de Doctores graduados por millón de habitantes por año

¿Pero, por qué hay pocas personas con formación doctoral en Colombia? Las explicaciones son varias y cada día cobran relevancia. Una de ellas tiene que ver con que cada vez es más costoso llevar a cabo este nivel de posgrado. Un doctorado en Colombia cuesta alrededor de 65.000 dólares, y uno en el exterior puede costar cerca de 100.000 dólares. Otra explicación puede ser la falta de financiación y de presupuesto en laboratorios e infraestructura.

Muchas otras explicaciones salieron del foro sobre Doctores en la industria, que realizamos en conjunto las Comisiones de Formación e Integración en Ingeniería y la de Promoción y Desarrollo Empresarial en noviembre del año 2021.

Colombia se ha caracterizado por ser un país consumidor de tecnologías foráneas y no ha logrado ser generador de tecnologías, aunque existen excelentes ejemplos en el sector energético en desarrollo de transformadores y motores eléctricos o en el área metalmeccánica, autopartes, desarrollo de software, industria biomédica entre muchas otras, que muestran la gran capacidad y talento colombiano.

Pero aun falta una decisión política que involucre los engranajes necesarios para incentivar la investigación e innovación propia y unir estos conceptos a la productividad, sin eliminar el espíritu académico de los investigadores.

Otro aspecto fundamental en este proceso, es caracterizar a un investigador porque tiene una personalidad propia, muy diferente al profesor centrado en dictar clases, diferente a los interesados en los procesos académico-administrativos o con objetivos de buscar puestos directivos.

Las universidades y los empresarios deben tener claro las características del investigador porque se corre el peligro de que las expectativas con respecto a que los resultados productivos de la investigación sean inmediatos lo cual no es la realidad en los proyectos de investigación, disminuye el interés de los empresarios en apoyar esos proyectos.

De otra parte, el investigador debe tener clara su responsabilidad social para generar proyectos productivos para las empresas y asegurar que ellos vayan incluidos en las regalías, es decir, no solo en la autoría moral sino en lo patrimonial; en otras palabras, que perciban riqueza económica cuando sus ideas sean patentadas y llevadas a los sistemas productivos.

Existe un hecho incontrovertible de que en la academia se le ha dado un alto valor a las publicaciones y se ha dejado de lado el nivel de impacto de las ideas en la sociedad. Este impacto solo se logra con la implementación de los proyectos bien sean procesos, inventos o desarrollos tecnológicos que resuelvan problemas propios del entorno colombiano.



Figura 2. Beneficios tributarios en CTI para los países de la OCDE

Debemos ser conscientes que nuestras comisiones de ACIEM no resolverán los problemas planteados, por ser temas complejos y de característica nacional que requiere la interacción con políticas públicas, industrias e instituciones de educación superior, entre otras.

Sin embargo, las iniciativas de ACIEM pueden crear una caja de resonancia sobre la problemática a nivel país, creando un foro permanente que se conforme con los actores: universidades, empresas, asociaciones y Ministerios, entre otros, para crear la conciencia de la importancia de la investigación científica y tecnológica con una mirada sobre y desde la Ingeniería como disciplina e ir creando una política pública de apoyo y aporte real a la Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia.



- ▶ **Relación Estado-Empresa-Universidad-Sociedad.** Pero no estamos partiendo de cero, puesto en Colombia se viene desarrollando desde hace varios años una política pública que comienza a dar frutos en la relación estado-empresa-universidad-sociedad. Son los beneficios tributarios por aportes de empresas a ciencia y tecnología y recientemente beneficios por contratación de doctores a las empresas para desarrollo de ciencia y tecnología.

El informe sobre el diseño de políticas para incentivos fiscales a CTI en 37 países de la OCDE y 11 economías asociadas, destaca que en Colombia los índices son bastante alentadores.

Las cifras de la figura 2 reflejan el tratamiento fiscal del gasto en CTI para las pymes (SME por sus siglas en inglés) y las grandes empresas (Large) en la OCDE, la Unión Europea (UE) y otras economías importantes, algunas de las cuales, ofrecen incentivos fiscales para el gasto empresarial en CTI. Aquí Colombia ocupa el primer puesto en beneficios tributarios para pymes (SME) con respecto a los otros países de la OCDE.

El Acuerdo 22 de 2019 del Consejo Nacional de Beneficios Tributarios define los criterios y condiciones para el beneficio tributario en CTI establecidos en los artículos 158 y 256 del Estatuto Tributario. En este Acuerdo se establecen los criterios y condiciones para la calificación de proyectos en CTI que accederán al crédito fiscal, la vinculación a las empresas de personal con título de doctorado y el uso de las donaciones por el Fondo Francisco José de Caldas, entre otros.

Precisamente, en diciembre del año 2021, la Comisión Nacional de Beneficios Tributarios aprobó la incorporación de los primeros 11 doctores colombianos a empresas de explotación minera, manufactureras, comercio y salud por cerca de US\$500.000 en beneficios tributarios.

Aunque aun son pocos los cupos de doctores aprobados, se abre un nuevo camino para ir logrando con el tiempo, la vinculación de muchos más doctores a empresas colombianas.

Con base en los anteriores argumentos, en ACIEM queremos seguir desarrollando un foro permanente, con el objetivo de dialogar con las personas que representan instituciones nacionales y multinacionales, para conocer el significado de los doctores en la industria y discutir las mejores estrategias para ampliar la cantidad de doctores y doctorados nacionales y lograr así mayor competitividad y productividad con la tan anhelada relación estado-empresa-universidad-sociedad. ▲