



Papel Político

ISSN: 0122-4409

ISSN: 2145-0617

Pontificia Universidad Javeriana

Facundo, Ángel Humberto; García, José Guillermo; Peña, José Ismael
**El fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación en jóvenes hasta
el nivel de pregrado. Experiencias de países y de América Latina ***

Papel Político, vol. 25, 2020, Enero-Diciembre, pp. 1-23

Pontificia Universidad Javeriana

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.papo25.fcti>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77774740021>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Artículos

El fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación en jóvenes hasta el nivel de pregrado. Experiencias de países y de América Latina*

Promoting science, technology and innovation in young people up to the undergraduate level. Country and Latin American experiences

Ángel Humberto Facundo
Universidad Externado de Colombia, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8681-378X>

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.papo25.fcti>

José Guillermo García^a
Universidad Nacional de Colombia, Colombia
jggarciai@unal.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8256-6686>

Recibido: 11 Junio 2019
Aceptado: 25 Mayo 2020
Publicado: 30 Diciembre 2020

José Ismael Peña
Universidad Nacional de Colombia, Colombia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2582-3903>

Resumen:

Una de las funciones de los gobiernos es identificar y poner en marcha políticas, estrategias y programas para promover el desarrollo social y económico. Desde hace varias décadas los países realizan esfuerzos que se orientan a fomentar una relación temprana de los jóvenes con la investigación y la innovación, por medio de la articulación de esfuerzos entre las Universidades, el Estado, las Empresas y las Comunidades, con el propósito de avanzar a la sociedad de conocimiento.

En el caso de los países latinoamericanos, las experiencias han sido variadas, pero con baja efectividad. Para tener un marco de referencia, este documento presenta inicialmente la revisión de las experiencias de algunos países que han logrado mayores avances en una temprana y cuidadosa formación de los jóvenes en materia de investigación, tecnología e innovación. En la parte siguiente se exponen algunos elementos de las políticas seguidas en América Latina desde los años 1960, a pesar de las cuales las políticas de CT&I siguen evidenciando bajo alcance en términos de capacidades en la región en este tipo de actividades, como se desprende de los resultados del Índice Global de Innovación (IGI).

Palabras clave: Políticas CT&I, CT&I y jóvenes, experiencias de CT&I, CT&I y América Latina.

Abstract:

One of the functions of governments is to identify and implement policies, strategies and programs to promote social and economic development. For several decades, countries have been making efforts aimed at fostering an early relationship between young people and research and innovation, through the articulation of efforts between Universities, the State, Companies and Communities, with the purpose of advancing towards a knowledge society.

In the case of Latin American countries, experiences have been varied, but with low effectiveness. In order to have a frame of reference, this document initially presents a review of the experiences of some countries that have achieved greater progress in the early and careful training of young people in research, technology and innovation. The following part presents some elements of the policies followed in Latin America since the 1960s, despite which TC&I policies continue to evidence low reach in terms of capacities in the region in this type of activities, as shown by the results of the Global Innovation Index (GII).

Keywords: TC&I policies, TC&I and youth, TC&I experiences, TC&I and Latin America.

Antecedentes

La sociedad actual es producto de una serie de sucesivos avances y transformaciones que, desde la época moderna, han venido aconteciendo en las diferentes dimensiones y ámbitos del conocimiento técnico,

Notas de autor

^a Autor de correspondencia. Correo electrónico: jggarciai@unal.edu.co

productivo, social y de la cultura moderna. Estos avances son impulsados por los progresos en la ciencia, en el uso práctico del conocimiento y en las instituciones.

El progreso y desarrollo de los países ha estado estrechamente asociado con las trayectorias investigativas orientadas a resolver, con base en el conocimiento, los más diversos problemas sociales, técnicos y económicos, de la utilización y transformación de los recursos disponibles, de la producción continuada de innovaciones y de la agregación de valor, generada por el conocimiento científico y tecnológico.

Es bien conocido que como consecuencia del renacimiento cultural y de los profundos cambios económicos, políticos y sociales durante la primera revolución industrial y, más específicamente, a finales del siglo XVIII, las universidades francesas, alemanas e inglesas debieron hacer importantes transformaciones en la educación tradicional y definir nuevos modelos de formación. Con diversos enfoques y matices, se orientaron hacia la investigación, la experimentación y la innovación, que aceleraron el desarrollo y transformación de la sociedad y la cultura, y el avance científico y productivo.

En el sistema universitario francés, creado mediante la ley del 10 de mayo de 1806, y que sigue funcionando de manera centralizada y similar a como fue concebido por Napoleón (Vasconcellos, 2006), las facultades se dedicaron a la formación de los funcionarios. A las escuelas especializadas, entre ellas la Escuela Politécnica de París, se les dio adicionalmente la función de desarrollar la industria. Y aunque la investigación se desarrollaba en laboratorios de investigación independientes de las universidades o de las grandes escuelas, era dirigida por profesores vinculados a las universidades.

En Alemania, con la creación en 1809 de la Universidad de Berlín (hoy Universidad Humboldt de Berlín, en honor de su fundador), surge el modelo de la universidad de investigación. En este modelo las universidades fueron adquiriendo gradualmente y durante décadas el rol de ser “el hogar de la ciencia”, que no significaba la reclusión monacal anterior, sino el ser instituciones con autonomía y libertad intelectual, de enseñanza, de aprendizaje y de investigación, actividades que se ligaron estrechamente al desarrollo económico, cultural y social, como lo exigían las características políticas y sociales de la sociedad alemana de la época (Metzger, 1978).

En las nuevas universidades de investigación no había conocimientos sagrados e incuestionables, los hechos objetivos eran el referente central y el conocimiento debía ser descubierto. La verdad requería pruebas. Se estableció una clara relación entre la formación científica y la aplicación de la ciencia al desarrollo cultural, social y de la industria (Muller, 1984). Como lo indican (Göransson y Brundenius, 2011),

los ideales de Humboldt pueden ser descritos por cuatro elementos que constituyen la ciencia que puede caracterizarse como la disociación institucional de la ciencia por cuatro separaciones principales: la separación de la cognición y la propiedad, la separación de las ideas y los intereses, la separación de la teoría y la práctica y la separación de la Ciencia y el Estado.

Dando independencia a las actividades de investigación, sin la influencia de empresas privadas o del gobierno, este modelo, con algunos cambios, ha funcionado en Alemania desde la segunda guerra hasta el presente. También en Inglaterra, aunque algunas décadas más tarde, debido a la concepción de la educación liberal que prioriza la enseñanza general, impulsada en el mundo anglosajón por el cardenal Newman, la investigación va a ocupar igualmente una posición de importancia en las principales universidades.

Estos tres diferentes modelos el francés, el alemán y el anglosajón fueron imitados o emulados por otras naciones durante los siglos XIX y XX (Wittrock, 1991). El producto del “nexo investigación-docencia”, término que sugiere la existencia de múltiples relaciones y vínculos entre estas dos funciones típicas de la universidad (Tight, 2016), fue la base de las nuevas universidades que se crearon en diversos países de Europa y América. Los cambios en el siglo XX dieron lugar no solo a nuevas disciplinas, sino que ellas se alimentaron de muy diversas innovaciones, nuevas técnicas, materiales y sustancias, nuevas fuentes de energía, nuevos procesos y formas de organización que desarrollaron una producción mecanizada y masiva de manufacturas, nuevas formas de transporte y de comercio, así como cambios demográficos, sociales y culturales, si bien con profundas desigualdades en las condiciones de vida de la población.

Durante las dos primeras revoluciones industriales, las crecientes innovaciones y cambios se realizaron de manera relativamente lenta, a lo largo de dos centurias. Sin embargo, desde la tercera revolución industrial, también conocida como la revolución científico-técnica, los avances producidos en los más diversos campos, pero en especial en el procesamiento digital de información y, sobre todo, en la convergencia entre los distintos tipos de información y las comunicaciones (Schoijet, 1998), los cambios han sido cada vez más veloces y las transformaciones cada vez profundas y globales (Lu, 2017).

Gracias al Internet, no solo se ha venido cambiando la dinámica espacio-temporal, sino además, las relaciones interpersonales y las formas de organización social y económica, al tiempo que se exige a los sistemas educativos, laborales y productivos, transformaciones profundas a fin de evitar no solo las graves brechas e inequidades actuales, sino también que se amplíen las distancias sociales, económicas y de desarrollo frente a aquellas naciones que producen los avances científicos y las innovaciones tecnológicas y culturales.

En la sociedad contemporánea, estas características se han potenciado al máximo. El conocimiento, en sus más variados ámbitos, se ha convertido en factor fundamental del desarrollo, y las tecnologías digitales no solo continúan transformando la información y comunicación, sino la producción, los objetos, las relaciones sociales, la cultura y el modo de vida de las personas. Más aún, con la denominada “cuarta revolución industrial”, que se caracteriza por una creciente convergencia entre las tecnologías digitales, físicas y biológicas (Schwab, 2015), las exigencias por desarrollar competencias investigativas y creativas tempranas en los jóvenes, y por ser no solo receptores, sino productores de ciencia, tecnología e innovaciones, requiere atención prioritaria (Lu, 2017).

Algunas corrientes de académicos afirman que no existe una relación positiva entre investigación de calidad y docencia de calidad (Gibbs, 1995), o que esa relación no es automática (Jenkins, 2003). Otros muestran que la investigación de calidad ya no se desarrolla solo en universidades, principalmente debido a las exigencias que se les está haciendo en términos financieros, a políticas gubernamentales que buscan aumento de la cobertura en formación técnica y otras presiones relacionadas con políticas de globalización económica más que académicas (Geschwind y Broström, 2015; Robertson, 2007). Incluso, algunos estudios señalan que en muchas instituciones el nexo investigación-docencia existe solo en los discursos o está mal articulado o mal entendido (Tight, 2016). Con todo, es mayor el número de investigadores que reconocen que el nexo docencia-investigación es importante y positivo, no solo en el proceso de formación de los estudiantes, sino también para el desarrollo de la sociedad (Huang, 2018; Johnston, 1996).

Desde finales de los años 70 del siglo pasado, en diversos países se ha venido insistiendo en que los estudiantes de pregrado deben participar de manera activa en proyectos creativos y de investigación, expectativa respaldada por diversos estudios que le atribuyen muchos beneficios. También ganan los profesores, las universidades y la sociedad a las cuales pertenecen los estudiantes. Esta tendencia está ligada a lo que se denominó el “modo 2 de producción de conocimiento” (Gibbons et al., 1994) y a la configuración de la triada Universidad-Empresa-Estado o los vértices de Sábato y Botana (1968) como una de las estrategias para avanzar en la construcción del tejido social y empresarial para el desarrollo económico y social basado en la innovación (Botana y Sábato, 1993).

En esta estrategia de articulación, las universidades continúan con la responsabilidad de la producción del conocimiento científico y tecnológico; las empresas son también responsables del desarrollo de la innovación y de nuevas tecnologías; y el gobierno se encarga de la regulación y el fortalecimiento de estas redes y relaciones, así como de la investigación básica o fundamental (Etzkowitz et al., 2000). En este modelo, posteriormente se incorporó una cuarta hélice, la sociedad civil; y, luego otra quinta hélice, el medio ambiente o el entorno (Carayannis et al., 2012; Carayannis y Campbell, 2010, 2011). Y, con la aparición del denominado “modo 3 de producción de conocimiento”, nos acercamos a la idea de que en un sistema avanzado, la coevolución, el codesarrollo y la coespecialización de los diferentes modos de producción de conocimiento emergen como aspectos esenciales de sociedades y economías basadas en el conocimiento (Carayannis et al., 2012).

Dentro de este referente histórico general, a continuación, se presentan las experiencias de algunos países para incorporar a los jóvenes en la construcción de sociedad del conocimiento, así como las formas y beneficios de acuerdo con la literatura relacionada. Al respecto, debe tomarse en consideración que, en muchos países, aún en algunos que han sido o son referentes mundiales, la educación, desde el preescolar hasta la educación superior ha estado cuestionada. Los métodos se ven a sí mismos como obsoletos, anquilosados en tanto continúan utilizando modelos de educación que siguen más la tradición medieval de “enseñanza” y memorización, frente a los modelos contemporáneos de la modernidad, que incorporan los conocimientos de neurociencias y se orientan hacia el aprendizaje activo y creativo.

A manera de ejemplo, se han realizado críticas a todo el sistema educativo alemán (Precht, 2014); al sistema francés (Musselin, 2015; Van Zanten, 2015; Canto-Sperber, 2017; Musselin, 2017; Veltz, 2007); al sistema educativo norteamericano (Caplan, 2018), en el cual se diseña en la actualidad una reforma¹; al sistema de educación superior británico (Collini, 2012, 2017); y al compararlos con otros sistemas (Meuret, 2013; Robert, 2008).

Por supuesto, abundan también las críticas a la educación en los denominados países en desarrollo. Algunas de ellas están relacionadas con un conocimiento disciplinar ausente del contexto de la institución o del estudiante, e incluso de las necesidades nacionales y globales (de Sousa Santos, 2006); con la súper-especialización de la investigación, principalmente a nivel del doctorado, con tesis que no tienen utilidad para la sociedad, sino la búsqueda de prestigio principalmente para los tutores, así como con las grandes presiones que ejercen sobre los estudiantes (Kirchherr, 2018).

Otro conjunto de críticas se relaciona con las dudas sobre la calidad de los experimentos que soportan las investigaciones (Camerer et al., 2018); y otras más con el problema del plagio (Fanelli, 2009); o a concentrar la educación solo en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), a la cual se le ha incluido la A, de las disciplinas artísticas, y pasando a convertirse en la metodología STEAM, un enfoque educativo interdisciplinario, que integra los conocimientos de las disciplinas científicas con las artísticas, y el acople de los procesos formativos a fenómenos reales del mundo natural y social.

Un programa de desarrollo de la investigación en jóvenes debe reconocer los fundamentos de esas críticas, de modo que los estudiantes y profesores sean conscientes y ayuden en la solución de esos problemas. Por esta razón, en el rastreo de las diversas experiencias de algunos países que se ofrecen a continuación, se privilegian las estrategias y programas que, desde hace algunas décadas, han venido promoviendo el desarrollo de procesos de investigación en jóvenes y en estudiantes de pregrado, en diferentes áreas del conocimiento y con diferentes formas, tendencia que ha venido en aumento en años recientes.

Las experiencias de algunos países

La experiencia de países que, con diferentes niveles de desarrollo socioeconómico, han avanzado en incorporar a los jóvenes en actividades de ciencia y tecnología, especialmente de investigación e innovación, y en tal sentido presentan mayores avances hacia la construcción de la sociedad del conocimiento, muestra también que, para lograrlo, establecieron no solo orientaciones claras al respecto, sino que entre los diversos programas han dado gran prioridad a la formación, al tiempo que consolidaron una sólida y efectiva capacidad de generación de conocimiento con base en la investigación, lo que hace que estos elementos vayan creando tradición y trayectoria.

Se han establecido importantes interrelaciones Universidad-Empresa-Estado, así como con los medios de comunicación, instituciones y organizaciones de la sociedad civil y las comunidades; han creado y disponen de infraestructura, de estructuras organizativas de la investigación, de sistemas de información, de redes y de un variado conjunto de actividades y programas concretos que les permiten identificar, fomentar, poner en marcha, difundir, perfeccionar y extender, desde los niveles básicos, las capacidades y resultados de

investigación en los más variados campos y temas de interés, y realizar un monitoreo y evaluación permanentes para lograr consolidar sistemas cada vez más eficientes de CTel.

Frente a las demandas de la globalización y de la sociedad del conocimiento, el caso de los países de la Unión Europea es quizás uno de los más significativos por la adopción conjunta de políticas y mecanismos de acción, entre los que sobresalen los procesos de cambio y ajustes de la estructura curricular, las metodologías de enseñanza-aprendizaje, la gestión del personal docente, el intercambio y la movilidad estudiantil y otros programas. Además de grandes debates y compromisos para adelantar programas coordinados, cuenta con una sólida financiación desde el establecimiento del denominado Espacio Europeo de Educación Superior, creado en 1999.

Dado que la intención del presente documento es sustentar posibles acciones de política, para la revisión de las experiencias que se presentan a continuación, se prefirió focalizar la atención en unos pocos países, e incluso ir más atrás en el tiempo, con el propósito de resaltar las características más relevantes de políticas y acciones, que pueden generar elementos sólidos de eficacia, trayectoria y continuidad en el tiempo, y pueden explicar la situación actual y ser de utilidad para posibles acciones de política. De igual forma, se examinan el caso de Estados Unidos, por ser uno de los referentes más influyentes en nuestra región, el de Corea del Sur, por ser uno de los países emergentes, que en medio siglo logra reducir la brecha de desarrollo económico, científico y tecnológico que evidenciaba desde los años 1960, y de algunos de los programas en los países latinoamericanos. Se trata de una revisión “intencionada”, no representativa, ni exhaustiva.

La experiencia de Alemania

Con el modelo humboldtiano de la universidad de investigación, y como resultado de los diversos y sistemáticos esfuerzos realizados en materia de formación e investigación, en Alemania crecieron exponencialmente la ciencia, la tecnología y la innovación hasta 1945. Los avances la llevaron a ser uno de los países líderes en desarrollo científico-técnico. Y, si bien su liderazgo decayó como consecuencia de la segunda guerra mundial, el desarrollo de las capacidades logró una rápida reconstrucción. Con ella, se renovaron los programas, a tal punto que, en la actualidad son significativos los aportes realizados a nivel mundial en diferentes campos. Entre otros, su contribución al desarrollo de la física teórica y aplicada, la invención del motor de combustión interna de autoencendido, novedosos procesos de producción y construcción, el desciframiento del código genético humano, la creación de diversas tecnologías en el campo de la salud, así como de software en materia de información y comunicaciones.

Estos logros y avances obedecen a varios factores que, a lo largo de la historia, pero especialmente después de la segunda guerra mundial, se dieron en diversos campos, particularmente en la educación. Un primer factor se debe a la transformación del modelo tradicional de universidad, hacia un modelo concentrado en el fomento y desarrollo de la investigación, así como a un sistema educativo que da diversas opciones de desarrollo al estudiante desde sus primeros años, según las características e intereses de los jóvenes, para desarrollar con mayor énfasis determinadas capacidades.

Como sucede en la mayoría de los países con estructura federal, la educación es responsabilidad de los estados (*Länder*), quienes tienen libertad de decidir sobre los ciclos escolares, los contenidos, los tipos de escuela y la responsabilidad por los procesos de aprendizaje. La investigación es una de las características distintivas de todo el sistema, desde la escuela básica (*Grundschule*), la cual se realiza de forma teórica y práctica en el denominado sistema de formación dual. A nivel de la educación secundaria o *Sonderschule*, que consta de cuatro opciones o modalidades², la práctica se realiza fundamentalmente en actividades extraescolares a las cuales se dedica mediodía. Desde la aparición de las tecnologías digitales, la práctica se realiza igualmente utilizando estos medios, con el propósito de garantizar aprendizajes de alto nivel de calidad.

A nivel de la educación superior, el sistema es más libre, y dependiendo del tipo de escuela secundaria, quienes terminan la secundaria básica o técnica pueden ingresar o bien a las Escuelas Vocacionales (*Berufsschule*) o a las Escuelas Superior-Técnicas (*Fachhochschule*), y quienes terminan escuela secundaria integral o el bachillerato, a las Universidades. Otro factor que existe desde 1957 es la asesoría que brinda el Consejo de Ciencia (*Wissenschaftsrat*), por medio de científicos, tanto al gobierno federal como a los gobiernos estatales sobre cuestiones de política científica. Sus recomendaciones se centran tanto en políticas como en la estructuración institucional de la ciencia, la investigación y las universidades.

El tercer factor se relaciona con la ejecución de las políticas. El gobierno federal dispone de una entidad, el Ministerio Federal de Formación e Investigación (*Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF*) que, no obstante sus diversos cambios de funciones y denominaciones³, se concentra específicamente en promover la formación investigativa en todo el sistema educativo, así como en la formación extracurricular, financiar los intercambios formativos a nivel nacional e internacional, dar apoyo a los estudiantes y financiar a los jóvenes investigadores.

El cuarto factor, quizás el más significativo para los propósitos del presente estudio de base, consiste en que las diversas actividades de fomento a la investigación se realizan en asocio con las asociaciones patrocinadoras de la ciencia. Los proyectos de investigación, incluso a nivel de pregrado, al ser realizados dentro como fuera de la universidad, se llevan a cabo en estrecha colaboración o en redes con las diversas Academias y organizaciones científicas existentes en el país.

Entre cerca de un centenar de organizaciones que cooperan en estos propósitos, baste mencionar algunas de las más significativas. Entre las asociaciones científicas, la Sociedad Max Planck (creada en 1948 y heredera de la Sociedad Kaiser Wilhelm, 1911 -1948), la cual fue disuelta luego de haber colaborado con el régimen nazi, es un conglomerado que cuenta con 83 institutos especializados en investigación básica, en ciencias naturales, biología, humanidades y ciencias sociales. La Sociedad Fraunhofer (creada en 1949), es una organización que consta de 69 institutos y centros de investigación aplicada esparcidos por toda Alemania, e incluso en otros países, dedicados a investigar y desarrollar soluciones tecnológicas a problemas de salud, seguridad, comunicación, movilidad, energía y medio ambiente, y una de cuyas creaciones más conocidas es la tecnología MP3. La Academia Joven (*Junge Akademie*), la primera en su género en el mundo, creada en el año 2000, como un proyecto conjunto de la Academia de Ciencias de Berlín-Brandemburgo, y la Academia Alemana de Ciencias, que trabaja en la promoción de iniciativas en las interfaces entre ciencia y sociedad y en apoyo a la generación más joven de científicos.

Entre las organizaciones del sector empresarial, la Asociación de Asociaciones de Investigación Industrial (AiF), es una organización paraguas de alrededor de 100 asociaciones de investigación con más de 1200 centros orientados a proveer la infraestructura para proyectos de cooperación, promover la investigación aplicada y el desarrollo para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), de los cuales se benefician cerca de 50.000 empresas medianas. La Asociación de Donantes para la Ciencia Alemana (*Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft*), a la cual pertenecen cerca de 3000 empresas, asociaciones comerciales y particulares para promover la ciencia, la investigación y la educación, por medio de un grupo de expertos que ayuda en el análisis de problemas estructurales, desarrolla soluciones y colabora en la búsqueda de financiación para su ejecución, y la Fundación Robert Bosch (*Robert Bosch Stiftung*), de tipo corporativo, creada en 1964, invierte anualmente alrededor de 70 millones de euros en la promoción de proyectos propios y extranjeros en las áreas de comprensión internacional, educación, sociedad, cultura, salud y ciencia.

En relación con el fomento de la investigación y la innovación en los jóvenes y la sociedad, además de las páginas web del ministerio o de las asociaciones con las cuales se trabaja mancomunadamente, estas se comprometieron a finales de los años noventa a intensificar el diálogo con el público con el propósito de fortalecer la comprensión de la ciencia. Al respecto, se han desarrollado verdaderos “*think tanks*” especializados en la comunicación científica, y empresas editoriales, donde de una forma ágil, sencilla, pero precisa, están disponibles, tanto en medios digitales como impresos, noticias, informes, una enciclopedia

científica con conceptos en los diversos campos científicos y tecnológicos, noticias sobre las disciplinas, debates sobre ciencia y sobre el futuro para jóvenes, artículos con preguntas y respuestas, talleres de ideas, acertijos, reseñas de libros y revistas, la creación de redes, y las diversas ofertas de financiación de becas, proyectos u otras actividades⁴.

Cabe anotar que el sistema de niveles típico de Alemania, en el cual la duración de los programas universitarios era de cinco años, y cuyos títulos eran comparables a las maestrías del sistema norteamericano, y el doctorado (generalmente de 3 a 4 años) no se especializaba en áreas específicas sino en grandes áreas interdisciplinarias, adoptó mediante el Acuerdo de Bolonia y la entrada en vigencia del Espacio Europeo de Educación Superior, el sistema americano de *Bachelor* (generalmente de 3 a 4 años), *Master* (generalmente de 2 años) y *Doctorate* (generalmente de 3 años).

La experiencia de Francia

Francia es otro de los países europeos con alta capacidad de investigación científica y tecnológica, y una de las economías líderes de la Unión Europea. Esta dimensión proyecta las condiciones de un país que desde el siglo XIX le asignó un lugar muy importante dentro de la sociedad al papel del conocimiento y la educación de la población, como parte fundamental del mundo moderno.

A esto obedece que el Ministerio encargado de la Enseñanza Superior y de la Investigación esté concebido no solo como un órgano del Estado para orientar y organizar la educación en sí, sino también como un componente estratégico del desarrollo del país, en cuanto lidera las actividades relacionadas con el avance del conocimiento y el fortalecimiento de las capacidades sociales con base en las diversas formas de aplicación del conocimiento, tanto a nivel de la producción, como de los cambios y transformaciones de la sociedad.

Desde el siglo XVIII, Francia dispone de una educación centralizada, fundamentalmente a nivel de educación básica y media (Léon y Roche, 2018). En ella, la formación para la investigación se considera algo inherente a la educación para la vida en el mundo moderno, no como una actividad propia de la última etapa de educación superior. Desde los primeros años, la formación se desarrolla como un proceso basado en métodos sistemáticos y ordenados de aprendizaje, clasificación y manejo de la información codificada, que integra la enseñanza y el uso riguroso del francés, así como la formación de sus ciudadanos, con la comprensión del mundo asociado a los avances de la ciencia y de su aplicación técnica en los diversos campos de la actividad humana y social, para adaptarse a las condiciones de la realidad.

En la educación secundaria, la formación en métodos se enfoca a fortalecer las aptitudes para el conocimiento en términos de investigación, prueba y aplicación, razón por la cual los laboratorios, en su sentido más amplio, adquieren importancia como parte de los procesos educativos. Otro aspecto que se destaca es la flexibilidad hacia la educación clásica o vocacional durante los últimos años de la educación secundaria, los cuales son identificados por la formación del liceo. Esta flexibilidad permite que los estudiantes se enfoquen con mayor énfasis hacia el campo de conocimiento de su mayor interés y vocación, con el fin de orientarse hacia el camino que pueden seguir luego en la educación superior, técnica profesional, universitaria, de ingeniería o de otras áreas de formación⁵.

El sistema francés de educación superior se enmarca en la actualidad dentro del Espacio Europeo de Educación Superior, y ofrece diversas trayectorias, duración y títulos, de acuerdo con las áreas de conocimiento, el nivel de formación profesional o el tipo de institución⁶. En ella se da gran importancia a los procesos de formación en métodos y técnicas, aunque no todas las modalidades de la educación superior se orientan hacia la investigación, entendida como generación de nuevo conocimiento avanzado y sus aplicaciones. La formación para investigación ocurre principalmente en las universidades, las grandes escuelas, las escuelas especializadas de medicina y arquitectura, los laboratorios e institutos de investigación.

La preocupación fundamental de los programas de los Institutos Universitarios de Tecnología (IUT) es soportar los procesos económicos, industriales y sociales, realizar en ellos un mejoramiento continuo, facilitar la transferencia de tecnología, y mantener de forma práctica y operativa las actividades cerca de la frontera científico-técnica y tecnológica global. En estos institutos, que funcionan articulados a las universidades, la investigación se adelanta por parte del cuerpo docente, que a su vez está integrado al cuerpo profesoral de cada universidad en calidad de profesor investigador. Este cuerpo docente tiene la responsabilidad de estar al día en el avance del conocimiento, científico, técnico y tecnológico en cada campo profesional. Algo semejante sucede en institutos de otras áreas, de nivel educativo semejante.

Esta forma de articulación orgánica, que distingue el tipo de énfasis según el tipo de programa y de institución, le permite al sistema francés ser el soporte del avance científico y tecnológico del país, y ocupar un rol importante en el contexto internacional, en áreas como la aeronáutica, los sistemas de transporte, el sector farmacéutico, la agricultura o también el turismo.

No todas las opciones tienen una orientación hacia la investigación, como en el caso de los programas de formación técnica y tecnológica, que se enfocan en el desarrollo de habilidades lógicas y técnicas para facilitar y abreviar los procesos de transmisión y manejo de información técnica para la adopción y generación de innovaciones. Sin embargo, las orientaciones y estrategias nacionales de la educación superior y de la investigación, presentadas en el Libro Blanco del año 2017, y planteadas como un “pacto para el porvenir”, formulan de forma explícita el propósito y la necesidad de impulsar la educación superior con base en el desarrollo de la investigación y de aumentar las capacidades de investigación desde el trabajo de los programas de educación superior (Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2017).

Acordes con el sistema europeo actual, los programas que conducen a una formación más orientada hacia la investigación son los que ofrecen las universidades para la obtención de diplomas de licencia, máster y doctorado, también las escuelas de ingeniería, y en la formación de médicos, que igualmente conducen hacia la maestría y el doctorado. Sin embargo, en estas opciones, la formación investigativa se incorpora principalmente en las maestrías de investigación y en la formación doctoral. De hecho, el diploma de licencia (pregrado) está basado en un fuerte contenido de fundamentos teóricos y métodos en el respectivo campo de conocimiento, y está previsto en dos vías: como una etapa de formación necesaria para la vida profesional, o para pasar al ciclo de máster, donde se sigue igualmente una doble vía profesional o de investigación⁷.

En el máster de investigación (M2) los estudiantes reciben una formación más estructurada hacia este campo. El proceso de formación para la investigación se desarrolla cuando los estudiantes se integran a los laboratorios y grupos de investigación, en los cuales trabajan en colaboración y con el acompañamiento de los profesores investigadores. La investigación es tanto básica como aplicada, en lo que usualmente se conoce como “investigación y desarrollo”, y se desarrolla tanto al interior de universidades y grandes escuelas, como en los laboratorios y centros de investigación financiados por el Estado, así como en los laboratorios de investigación aplicada de las empresas. Una característica de este sistema, al igual que como ocurre en Alemania, es la estrecha colaboración de la investigación impulsada desde el sector público, con aquella que realizan los laboratorios de investigación de las empresas, especialmente en los temas más avanzados, como son los aeroespaciales, biotecnología y aplicaciones de la física cuántica.

Por el fuerte énfasis de la investigación en métodos de base experimental y científica, los procesos de formación en ciencias, ingeniería, salud, arquitectura y temas de tecnología tienen un alto componente de trabajo práctico en laboratorios equipados con instrumentos de prueba y de experimentación, lo que se refleja en la importancia asignada en el Libro Blanco para la formulación de la estrategia nacional de infraestructura de investigación.

La experiencia en los Estados Unidos de América

En Estados Unidos, la educación primaria, secundaria y terciaria están descentralizadas en los cincuenta estados. El sistema de educación superior comprende un conjunto integrado de diferentes tipos de instituciones, públicas y privadas, con diversos énfasis en investigación, según se trate de *colleges* (o institutos universitarios), universidades que forman profesionales o de universidades de investigación. Sin embargo, de acuerdo con la clasificación Carnegie, de las 2500 instituciones de educación superior, solo 126 son consideradas universidades con un alto nivel investigativo.

Los estados y las localidades están encargados de las políticas y del financiamiento de la docencia en los institutos técnicos y vocacionales, y de las universidades públicas. No obstante, el gobierno federal ejerce gran influencia sobre el desarrollo de talento humano, a través de diversos programas, entre otros, del financiamiento y acreditación de instituciones y programas, así como de préstamos estudiantiles. Pero, sobre todo, de la financiación de la investigación: más de las 2/3 partes de la investigación es financiada con fondos federales.

El fomento a la investigación, la ciencia, la tecnología, la innovación y la creatividad ha tenido una importante evolución en los Estados Unidos. Puede afirmarse que, inicialmente, el apoyo se priorizó en los niveles de maestría y doctorado, y en el fomento de la innovación hacia y desde la industria, por medio de incentivos tributarios, buscando desarrollar lazos entre las instituciones de educación superior y la industria. Los parques científicos, tecnológicos y de innovación son instrumentos muy utilizados para promover la colaboración de diferentes actores en ecosistemas de CT&I. Ya, en 1951, se disponía, por ejemplo, del Parque Industrial de Standford, en terrenos de la misma Universidad, cerca de San Francisco. Este es considerado el primer parque científico y tecnológico, y jugó un papel fundamental en el desarrollo de lo que hoy es el Sillicon Valley (Westhead y Batstone, 1998).

A partir de los años sesenta, y como consecuencia por la carrera del espacio frente a la ex Unión Soviética, se hace gran énfasis en la reestructuración de la educación y el fomento a la investigación, la innovación y la creatividad.

Entre las iniciativas y programas al respecto, debe resaltarse, por una parte, la creación en 1972 de los Centros de Investigación Cooperativa Universidad-Industria (IUCRC), que fueron creados, por la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), y funcionaron hasta 1979. A partir de la década de 1980, estos se convirtieron en un programa oficial, cuyos objetivos son fomentar la investigación involucrando a la industria, las universidades y el estado, apoyar el desarrollo de infraestructura para la investigación, y proveer oportunidades de investigación y educación a los estudiantes (Fundación Nacional para la Ciencia, 2003).

Para ver su evolución baste mencionar que en 2007 existían 55 IUCRC operados por universidades a nivel individual o colectivo. Un total de 700 empresas son miembros de estos consorcios, incluyendo algunas agencias gubernamentales y organizaciones sin ánimo de lucro. El capital semilla para establecer los centros es aportado por la Fundación Nacional de Ciencia, la cual también apoya otros costos de los Centros, como los administrativos por un período de cinco años. Los Centros pueden aplicar a un segundo período de asignación de recursos de cinco años, después de los cuales se espera que sean autosostenibles. También están obligados a reportar al menos \$ 300.000 USD anuales de tarifas de membresías de miembros del sector privado. El presupuesto típico de un IUCRC está entre 1 y 2 millones de dólares anuales.

Por otra parte, está el Consejo en Investigación en Pregrado (*Council on Undergraduate Research*), creado en 1978, y que en la actualidad agrupa más de 700 instituciones y de 13.000 personas. Este Consejo realiza una conferencia anual donde los estudiantes de todas las disciplinas pueden presentar sus proyectos de investigación⁸, experiencia que se replica en México y Colombia.

Diversas instituciones realizan iniciativas al respecto. Por ejemplo, la Universidad de Purdue desarrolla un programa donde los estudiantes de pregrado se integran en un proyecto de investigación que desarrolla

un profesor con estudiantes de doctorado. Al finalizar el semestre, tienen una conferencia donde presentan los resultados de su trabajo. Incluso, han creado una oficina para el desarrollo de la investigación en el pregrado⁹. De manera similar, otras instituciones promueven sus campus para atraer estudiantes de pregrado de otros campus y de otros países a vincularse en proyectos de investigación. Las universidades de Harvard¹⁰, Stanford¹¹, MIT¹² y Cornell¹³ son solo ejemplos de la oferta de proyectos que pueden realizarse durante un año, un semestre o durante el periodo de verano. En 2010, la Asociación de Universidades Norteamericanas dedicó un número de su revista *Peer Review* a presentar la importancia de la investigación en el pregrado y mostrar algunos ejemplos de éxito (Carey, 2010).

Esta iniciativa cobra cada día mayor fuerza, no solo a nivel de los Estados Unidos sino también de forma internacional. Al tiempo que algunas universidades norteamericanas buscan que sus estudiantes realicen proyectos de investigación en universidades de otros países, desde 2005, la Universidad de Leiden, en Países Bajos, inició una alianza con universidades de Canadá y de Estados Unidos para hacer intercambios de investigación con estudiantes de pregrado. Este proceso se transformó en la organización *Euroscholars*, que facilita esos intercambios hacia universidades no solo de los Países Bajos, sino también de Suiza, Alemania y Bélgica¹⁴. En el Reino Unido, desde 2011, se realiza anualmente la *British Conference of Undergraduate Research*, la cual se realiza en una universidad diferente cada vez. En esa conferencia solo se admiten trabajos de investigación de estudiantes de pregrado¹⁵. Experiencias similares se presentan igualmente en universidades de Francia, en donde los estudiantes de ingeniería deben hacer una pasantía con una duración de un semestre en el quinto año de la formación de ingeniero. La Comisión de Títulos de la Ingeniería promueve que dicha pasantía sea realizada en un laboratorio de investigación. Cerca del 10% de los estudiantes en esa disciplina hacen dicha pasantía en investigación (Blitman, 2013).

Esta tendencia también se observa en otros países. La Chinese University of Hong Kong ofrece su campus para que estudiantes de pregrado desarrollen investigación en el periodo de verano¹⁶. También, varias universidades chinas envían sus estudiantes a universidades en Estados Unidos y Europa a realizar investigaciones durante el mismo periodo. La Universidad de Tsinghua tiene convenio con 135 universidades en 40 países para que sus estudiantes de pregrado participen en un proyecto de investigación internacional¹⁷. En Qatar, del 12 al 15 de noviembre de 2016, se realizó el primer Congreso Mundial de Investigación en Pregrado. Estudiantes de universidades de Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Marruecos, Qatar y Reino Unido discutieron, presentaron sus trabajos y promovieron mejoras en la investigación en pregrado. En mayo de 2019 se realizó, en Oldenburg (Alemania), el segundo Congreso Mundial de Investigación en Pregrado¹⁸. Y, por supuesto, las universidades de América Latina no han estado ajenas a esta iniciativa, como se analizará más adelante.

En 1985, se crearon en Estados Unidos los Centros de Investigación en Ingeniería (ERC), que son parte de una iniciativa para modificar la educación en ingeniería, incentivando, al mismo tiempo, la creación de consorcios industriales ubicados en universidades, en áreas de alto impacto. Su objeto es estimular la multidisciplinariedad, los acercamientos en equipo y las orientaciones hacia la industria, en la educación de ingeniería. La Fundación Nacional de Ciencia ha apoyado estos Centros con un promedio de dos millones de dólares anuales, durante once años, que ha sido condicional a los resultados de las revisiones que se realizan cada tres años.

Para dimensionar su importancia, baste mencionar que el presupuesto anual típico de estos centros es cercano a los 10 millones de dólares, lo cual refleja, no solo la inversión de NSF, sino también los aportes de otras agencias federales de investigación, recursos del Estado o de universidades, tarifas de membresía de empresas, contratos y otras contribuciones. Para el año 2007, existían 20 Centros de Investigación en Ingeniería, que son apreciados en el sector industrial, debido al acceso que tienen a estudiantes y nuevas ideas. Sin embargo, algunos estudios evidencian que la participación de las empresas en estos Centros es limitada.

Cabe destacar que las universidades aún están aprendiendo cómo interactuar con la industria en torno de temas como la propiedad intelectual, así como en proveer evidencias tangibles sobre productos intangibles de alto valor (Perry et al., 2007). Por otro lado, las evaluaciones de los aspectos educativos han mostrado que las universidades anfitrionas han logrado importantes impactos en términos de interdisciplinariedad, creación de nuevos cursos, mayores niveles de intervención de sus estudiantes de pregrado en investigación, y nuevos mecanismos organizacionales para interactuar con la industria¹⁹.

En relación con las políticas públicas tanto de educación, como de ciencia, tecnología e innovación debe destacarse que se han enfocado fundamentalmente en la cantidad y calidad de los egresados de programas de ciencia e ingeniería. Así, por ejemplo, desde 1990, la NSF ha promovido la metodología STEM (ciencias, tecnología, ingenierías y matemáticas, por sus siglas en inglés)²⁰.

En el 2007, a partir de sucesivos informes y recomendaciones sobre la necesidad de introducir una nueva política pública para el fomento a la innovación, la ciencia y la tecnología por parte del Consejo de Competitividad, las Academias Nacionales, y la Oficina de Políticas de Ciencia y Tecnología, se expidió la ley “America COMPETES Act” (*America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education and Science Act of 2007*), (United States of America Congress, 2007). Esta ley busca fortalecer las condiciones para la innovación y los negocios, por medio de tres componentes: a) el fortalecimiento de la inversión para I+D; b) la apertura de mayores oportunidades nacionales en educación para las áreas de ciencia y tecnología; y c) el apoyo a una mayor infraestructura para la gestión de la innovación.

En el primer componente, se duplicó el presupuesto para I+D de tres agencias nacionales: la Fundación Nacional de Ciencias (NSF), los laboratorios del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, y la Oficina de Ciencia del Departamento de Energía. Además, se estableció que todas las agencias debían destinar una mayor cantidad de su presupuesto para I+D, a lo que se conoce como “*blue sky research*”, que hace referencia a la investigación básica o fundamental, que es motivada por el propósito de impulsar el conocimiento científico, sin considerar necesariamente aplicaciones en el mundo real (Unión Europea de Geociencias, 2019).

En el segundo componente, se estableció el “Plan de Acción Nacional para la Educación del Siglo XXI en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas” (Fundación Nacional para la Ciencia, 2007), por medio del cual se extendía a todo el país la metodología STEM, desde los primeros años. Para ello, se constituyeron seis Centros de Aprendizaje en Ciencias, ubicados en universidades, para desarrollar herramientas alternativas que promovieran mejoras en el contexto formal e informal (Fundación Nacional para la Ciencia, 2005), y se destinaron fondos federales para apoyar su desarrollo, así como becas. Al respecto, merece mencionar que, en cierta forma, como estrategia de compensación de la anterior política que concentró esfuerzos en la promoción de las ciencias “duras”, la Fundación Kauffman destinó cerca de 20 millones de dólares a nueve universidades para el desarrollo de currículos e investigaciones relacionados con emprendimiento, construcción de instalaciones físicas, herramientas tecnológicas, mentorías en redes de contacto (*networking*), y expansión de actividades en los programas de artes liberales (Morelix, 2015) en lo que se denominó la Iniciativa Campus Kauffman.

En el tercer componente se reestructuraron los programas de gestión de la innovación al interior del Departamento de Comercio, eliminando la Administración de Tecnología, creando el Consejo Presidencial en Innovación y Competitividad, delegando al Instituto Nacional de Estándares y Tecnología la implementación del Programa de Tecnología e Innovación, y creando la Iniciativa Nacional en Nanotecnología para promover los desarrollos en esta área.

Igualmente cabe mencionar en materia de formación y certificación para el uso de las diversas plataformas y aplicativos digitales, pero igualmente de creatividad, innovación y diseño, el rol que desarrollan las grandes empresas de tecnología digital, entre ellas Microsoft y Google, por medio de sus academias virtuales, así como los cursos online masivos y abiertos (MOOC, por sus siglas en inglés), que ofrecen diversas universidades y empresas especializadas.

Finalmente, de la experiencia norteamericana debe destacarse el permanente monitoreo y la evaluación. La organización privada sin ánimo de lucro de Academias Nacionales es llamada con frecuencia al Congreso, con el fin de realizar evaluación a las políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación. Periódicamente, la Fundación Nacional de Ciencia publica los Indicadores de Ciencia y Tecnología, que monitorea la innovación en Estados Unidos respecto a otros países, particularmente en las áreas como egresados de programas de educación superior y patentes. Igualmente, la Fundación se asocia con otras agencias en la realización de una encuesta sobre I+D a nivel industrial y en el análisis de los efectos de la inversión en I+D en el crecimiento de la economía de Estados Unidos.

De acuerdo con Shapira, Youtie, y Kay, (2011), Estados Unidos cuenta con un sistema de innovación bien diversificado y altamente descentralizado, que involucra a los múltiples actores, promueve la investigación y desarrollo (I+D), con políticas, iniciativas, financiamiento e incentivos tributarios, desde la industria y las instituciones de educación, con una orientación hacia el mercado (Shapira, Youtie, y Kay, 2011).

La experiencia de Corea del Sur

Entre los denominados países emergentes se escogió la experiencia de Corea del Sur, por ser uno de los “tigres asiáticos”, donde se han producido, en muy corto tiempo, profundos cambios y significativos avances tanto a nivel de la educación, como a nivel tecnológico de grandes impactos en la economía y en la sociedad, desde finales del siglo XX.

En efecto, en materia de formación, cabe mencionar que Corea del Sur fue uno de los países pioneros en adoptar la metodología STEM norteamericana, para enfatizar en la formación científica de sus connacionales. Y, desde 1990, fue quizás el primer país en adoptar la metodología STEAM (ciencia, tecnología, arte y matemática), una ampliación y transformación de la metodología norteamericana del STEM que venía utilizando de años atrás.

Luego de la crisis financiera de fines de 1997, el gobierno surcoreano concentró sus esfuerzos en convertir la estructura económica del país, basada en el crecimiento cuantitativo, en una basada en el conocimiento, la tecnología y la productividad, en sectores considerados como prioritarios. Para ello, además de la formación del capital humano, en la cual venían trabajando décadas atrás, concentró sus esfuerzos y recursos en la promoción y consolidación de la colaboración entre los actores clave de un crecimiento sostenible: el eje Universidad-Industria-Gobierno (UIG) (Hemmert et al. , 2008).

Así las cosas, ya en el año 2000, se promulgó la “Ley de promoción de transferencia de tecnología” para que los avances y tecnologías desarrolladas en las universidades y los institutos de investigación patrocinados por el gobierno (GRI, por sus siglas en inglés) pasaran rápidamente, y sin tantos trámites burocráticos y costos de transacción al sector empresarial, a efectos de facilitar su comercialización. Esta ley no solo sentó las bases para la colaboración Universidad-Industria-Gobierno (UIG), sino que también obligó a las universidades e institutos de investigación (GRI) a la creación de una Oficina de Licencias de Tecnología (TLO, por sus siglas en inglés), (Hemmert et al. , 2008).

Años más tarde, en 2003, se revisó por completo la “Ley de promoción de la educación industrial”, promulgada en 1995, transformándola en la “Ley de promoción de la educación industrial y la colaboración entre la universidad y la industria”, con el fin de facilitar aún más el vínculo y la colaboración entre Universidades, Industria y Gobierno. Esta ley permitió a las universidades iniciar la colaboración UIG de forma independiente en función de sus propios recursos. Así, a medida que se formaba en la mayoría de las universidades una Fundación para la Colaboración UIG, se afianzaba esta triple alianza, (Hemmert et al. , 2008).

Sucesivamente, se expidieron diversas leyes, con las cuales se promocionó y financió el desarrollo y comercialización de tecnologías desarrolladas en las universidades, así como el proyecto “Brain Korea

21” (BK21) para desarrollar escuelas de posgrado de importancia mundial e instituciones para la innovación regional (NURI, por sus siglas en inglés), con el fin de reforzar la competitividad de las universidades en determinadas áreas y los vínculos con la industria regional, creando así verdaderos “clusters industriales” de colaboración Universidad-Industria-Gobierno (UIG) (Okamura y Vonortas, 2006).

Por otra parte, toda la estructura del gobierno se rediseñó para promover y facilitar las anteriores prioridades de política y desarrollo. Así, por ejemplo, al más alto nivel gubernamental se encuentran, además de los ministerios tradicionales, un Ministerio de Ciencia y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), un Ministerio de PyMEs y *Startups*, un Ministerio de Legislación Gubernamental y una Oficina para la Coordinación de Política de Gobierno, en la Secretaría del Primer Ministro²¹.

Para la ejecución de las políticas, se diseñaron y pusieron en acción varias agencias e institutos, entre los que se encuentran el Instituto de Políticas de Ciencia y Tecnología (Stepi), la Fundación Nacional para la Investigación de Corea (NRF), la Fundación Coreana para el Avance de la Ciencia y la Creatividad (Kofac), el Consejo Nacional para la Investigación en Ciencias Económicas, Humanas y Sociales (NRC), la Federación Coreana de Sociedades de Ciencia y Tecnología (KOFST), y la Federación Coreana de Asociaciones de Ciencia y Tecnología de Mujeres (KOFWST) entre los más importantes (Choe y Lee, 2017).

Los resultados de este conjunto de acciones fueron rápidamente evidentes, no solo a escala nacional, sino también internacional. En resumen, al centrar la economía en el conocimiento, se diseñó, promulgó, ejecutó y financió un conjunto bien articulado de políticas y acciones, que podrían calificarse incluso como simples, pero que requieren una capacidad de claridad conceptual, así como de decisión política en tres aspectos.

Primero, la formación de recursos humanos cualificados, haciendo énfasis en el desarrollo de la investigación, la ciencia, la tecnología y la innovación, la creatividad y el desarrollo tecnológico. Segundo, concentrar los esfuerzos y recursos en la consolidación de una alianza y colaboración eficaz en el eje Universidad-Industria-Gobierno, con las características culturales y fortalezas de las diversas regiones; y tercero, poner la institucionalidad estatal al servicio de la reducción de trámites y costos de transacción que agilizan la entrada de los productos de investigación y desarrollo tecnológico a su producción y comercialización, cuya financiación fue soportada tanto por capital nacional como por inversión extranjera (Hemmert et al., 2008).

Estas experiencias han sido objeto de diversos estudios, donde se observa que ninguna de ellas por sí sola alcanza resultados. Para esto se requiere necesariamente la articulación de trabajo, esfuerzo y propósitos comunes, e integración a los diferentes niveles institucional, sectorial, regional, nacional y aun internacional.

Experiencias en América Latina

Los países en desarrollo, y en especial de Latinoamérica y el Caribe, no han estado ausentes de la promoción de la investigación, la ciencia, la tecnología, la innovación y la creatividad. Sin embargo, ante la falta de información amplia y sistemática relacionada directamente con la participación de los jóvenes en procesos de investigación e innovación, se presentan las tendencias generales y algunas experiencias importantes en países de la región, donde, en la segunda mitad del siglo pasado, han sido múltiples y variados los esfuerzos, tanto públicos como privados, por incrementar tanto la formación básica como superior y la cultura de investigación. En este aspecto, las experiencias adelantadas por los países han sido de diversa naturaleza y alcance. Los programas que podrían considerarse específicamente orientados hacia la formación para la investigación y el desarrollo científico-técnico van desde formación posgradual en el exterior, prioritariamente en áreas técnicas, hasta el fortalecimiento posterior de maestrías y doctorados en los propios países.

En la formación en el exterior, se puede mencionar el programa de créditos del Icetex en Colombia, en tanto se inicia desde finales de los años 50. A partir de los 70, diversos países crearon institutos de crédito

educativo²². En becas, se destacó el programa Mariscal Ayacucho, de Venezuela, en los años 70, por ser una iniciativa relativamente temprana y de cubrimiento importante de estudiantes.

Desde finales de los años sesenta, en la mayoría de los países de la región se crearon los llamados Consejos Nacionales de Ciencia y Tecnología (Conacyt, Conicyt o siglas similares), con la excepción de Brasil, que había creado el Consejo Nacional de Investigaciones (CNP), desde 1951. Estos Consejos fomentaron la expedición de marcos normativos de fomento a la investigación, la ciencia y la tecnología, así como la constitución de fondos o instituciones especializadas que adelantaron acciones de financiamiento de programas y proyectos de investigación, brindando apoyo a las diversas áreas científicas, tanto de investigación básica como aplicada.

En la mayoría de los países los recursos se concentraron en áreas definidas como prioritarias, pero sin grandes impactos, con pocas excepciones. Al respecto, y por su alcance, es ilustrativa la experiencia realizada por Brasil en los años 80, de concentrar los mayores esfuerzos y recursos en el área de aeronáutica, sector en el que los logros han sido significativos.

De forma creciente, en los diversos países de la región se han venido orientando acciones en programas de formación doctoral y de investigación, de innovación y emprendimiento, tanto en el extranjero como al interior de cada país, por medio de financiación y convenios con entidades extranjeras, en programas de fomento de la ciencia y la innovación, de pasantía de investigación para estudiantes de pregrado, otros a nivel de educación básica y media, e incluso para la ciudadanía en general.

Con la introducción en los años 90 del aseguramiento de la calidad de la educación superior en la mayoría de los países, se dio un creciente impulso a la formación en investigación y al fomento de grupos de investigación tanto a nivel de posgrado, como de pregrado. Esto se dio más en respuesta a exigencias de los Ministerios de Educación y de las agencias creadas para la acreditación de las IES, para el otorgamiento de registros de funcionamiento o acreditación de la calidad, que como una actividad sistemática promovida, apoyada y financiada con los recursos adecuados.

Específicamente en materia de formación en investigación a nivel de pregrado, las Instituciones de Educación Superior han tenido un importante protagonismo. Así, por ejemplo, la Universidad de San Pablo, en Brasil, hace una convocatoria anual para que estudiantes de pregrado de todos los programas académicos realicen 480 horas de investigación. Sus trabajos son presentados en un Simposio Internacional de Iniciación Científica y Tecnológica²³. En Chile, la Universidad Católica realizó, en 2018, la 3ª Feria de Investigación para pregrado, “con el ánimo de promover la investigación científica en etapas tempranas de la formación profesional”, feria donde pueden participar los estudiantes de pregrado de todos los programas académicos de la institución²⁴.

En México, ha habido un creciente interés por el tema (Morán Oviedo, 2015), por lo que, en algunas universidades, los estudiantes de pregrado desarrollan proyectos de investigación. de forma más recurrente en el campo de ciencias de la salud (Carrizo Estévez y González Bravo, 2012). En Colombia, la Universidad Nacional ha participado en un acuerdo de pasantías de investigación con la universidad de Purdue desde el año 2014²⁵.

De forma similar, mediante convenios internacionales, se realizan programas de movilidad académica que hacen énfasis en formación orientada a prácticas en investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Algunas iniciativas destacadas en la región son los programas de intercambio académico de las universidades, el programa de la DAAD alemana, especialmente de formación para ingenieros, el programa de becas de Francia, la Fundación Carolina o las becas Santander en España, los programas Nexo Global y Delfin, o el programa Erasmus Ecuador, que atrae docentes altamente calificados para fortalecer los nacionales.

Con todo, son múltiples los programas que promueven prácticas como pasantías de jóvenes investigadores en grupos consolidados de investigación, redes de conocimiento y práctica, talleres de innovación y creatividad, laboratorios para la resolución de problemas concretos de las empresas, aldeas de innovación, tecnoacademias y tecnoparques para desarrollar proyectos de negocio, talleres y ferias de emprendimiento,

incubadoras de empresas, ciudades universitarias, y programas de interacción Universidad-Empresa-Estado, o los “semilleros de investigación”. Sin embargo, carecen en general de literatura conceptual relacionada con la investigación, lo que afecta su relación y limitaciones con la docencia, principalmente en el pregrado, como se encuentra en otros continentes (González et al. , 2016).

No obstante, ilustrar de una forma más directa los avances en formación y desarrollo en CTel de los jóvenes de la región no es una tarea fácil. Por una parte, las estadísticas educativas de la región evidencian solo datos generales. Si bien indican importantes avances en el acceso a la educación a 2015 (94% en primaria y 72% en secundaria), solo 1 de cada 10 y, en algunos países, 1 de cada 3 jóvenes de 15 a 19 años han terminado primaria; y solo la mitad de los jóvenes de 20 a 24 años la secundaria. Y, aunque la educación superior creció durante la pasada década en un promedio de 40%, similar a la media mundial, solo un tercio de la población entre 18 y 24 años accede a la educación superior, donde 1 de cada 10 jóvenes de 25 a 29 años termina ese nivel, lo que representa un gran rezago con relación a países desarrollados (Bellei, 2013).

Se dispone igualmente de pruebas internacionales, unas en temas específicos como TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) y las pruebas PIRLS (*Progress in International Reading Literacy Study*); otras, como las pruebas PISA (*Programme for International Student Assessment*), que determinan las habilidades desarrolladas por los estudiantes próximos a ingresar a la educación postsecundaria o superior, pero la participación en unos y otros estudios es limitada, razón por la cual los datos no son representativos para la región.

Al examinar las pruebas PISA 2015, en las que participaron 8 países de la región, el resultado muestra que Chile es el país con mejores resultados: una media de 447 en ciencias, 459 en lectura y 423 en matemáticas, pero solo un 3.3% de sus estudiantes con nivel excelente (niveles 5 y 6) en al menos una de las 3 asignaturas medidas, y un 23.3% por debajo del nivel 2, considerado el umbral básico para competencias científicas. Los otros países de la región participantes, en su orden Uruguay, Trinidad y Tobago, Costa Rica, Colombia, México, Brasil, Perú y República Dominicana se encuentran en niveles inferiores. Según esta evaluación, el rendimiento medio de los estudiantes en ciencias se ha mantenido prácticamente inalterado desde 2006, e incluso una media del 47% de los estudiantes de estos 8 países participantes alcanzaron un rendimiento por debajo del nivel 2 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2016).

En relación con la investigación, en casi todos los países de la región se cuenta con sistemas de información sobre los investigadores y sus niveles de formación alcanzada, así como sobre grupos, programas y proyectos de investigación. Sin embargo, estos corresponden principalmente a docentes de educación superior y a estudiantes de formación en posgrado, con poco impacto en las actividades económicas de los países.

Así las cosas, la información específica sobre la formación en investigación de los jóvenes en programas y acciones ACTI es muy general, prácticamente no existen datos sobre el conjunto de los diversos países de la región, y son escasos a nivel de países.

En el caso de Colombia, por ejemplo, han existido iniciativas poco claras y dispersas por la escasa trayectoria de investigación. Para apreciar las actividades de investigación de niños y jóvenes, y con el fin dar orientación y articular estos esfuerzos, se ha buscado levantar información al respecto. Por iniciativa de Colciencias, se realizó en 2018 un “mapeo” de estas actividades con niños y jóvenes principalmente (SEI-Colciencias, 2019)²⁶. Así mismo se realizó un documento de base para orientar y organizar la política de investigación e innovación para jóvenes (Facundo Díaz et al., 2018) . Para la definición de los fundamentos de la política de investigación con jóvenes, se acudió a las instituciones de educación superior (IES), a instituciones oficiales y privadas, empresas, centros de investigación y organizaciones civiles que realizan acciones de fomento a la investigación y a la creatividad con jóvenes, para presentar documentos de las experiencias, y exponerlas de forma directa en cuatro Mesas Técnicas Regionales, en las cuales se debatieron, además, los posibles lineamientos o marcos de una posible política pública de CTel para jóvenes.

Por otro lado, reconociendo las deficiencias encontradas en las pruebas antes mencionadas, algunos países incluso han adoptado el programa de formación STEM, que intensifica la formación en ciencias, tecnología

y matemáticas. Chile ha sido uno de ellos. Sin embargo, recientemente, buscando preparar el país para la sociedad del conocimiento, y más específicamente para la cuarta revolución industrial, se ha conformado una coalición entre academia, la sociedad civil, sector público y privado, para impulsar la educación STEAM (ciencias, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas) desde la escuela (Corfo y Chile, 2017).

Como puede apreciarse, varios de los programas mencionados son réplicas o participación en programas efectivos de otros países con mayor desarrollo, aunque sin el suficiente análisis para adaptarlos a los respectivos contextos regionales, nacionales o territoriales, y con frecuencia, en menor escala y sin los suficientes medios y recursos, lo que hace que sean experiencias relativamente aisladas, discontinuas y de impactos reducidos. De hecho, análisis de las cifras especializadas en ciencia y tecnología muestran, que si bien el número de científicos y técnicos en actividades de investigación y desarrollo (I+D) se ha incrementado en la región, su nivel de participación con las empresas es todavía bajo y su vinculación directa en estas es aún menor, incluso en los países latinoamericanos con mayor tamaño y desarrollo industrial.

Así, por ejemplo, Thielman y La Rovere (2017) indican que en Brasil han disminuido estos indicadores en los años recientes, a pesar de contar con incentivos como la Ley de Innovación (Ley 10.973 de 2 de diciembre de 2004), que permite que profesores y científicos de las universidades ingresen a las empresas para la realización de proyectos de innovación en el ambiente empresarial (Thielmann y La Rovere, 2017). Esto sugiere que las empresas no han incorporado aún la cultura de la investigación y el desarrollo, concentrándose más en la innovación incremental para mantener los nichos de mercado.

Por otra parte, si se analizan las encuestas y los indicadores sobre innovación tecnológica (Dutta et al., 2019) se evidencia que, dada la dinámica del crecimiento industrial, las empresas se orientan todavía prioritariamente hacia otras fuentes de tecnología diferentes a las universidades, y que aún persisten rasgos culturales y del propio marco institucional y burocrático que impiden una estrecha relación del sector industrial con la comunidad científica, razones por las cuales las interrelaciones de cooperación Universidad-Empresa-Gobierno, a pesar de los enunciados en los planes y políticas de CT&I, no logran aún la importancia y articulación requeridas.

Finalmente, valga mencionar que, recientemente, desde el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se ha comenzado a impulsar la denominada “Economía Creativa o Economía Naranja”, para representar el conjunto específico de actividades a través de las cuales las ideas se pueden transformar en bienes y servicios culturales y creativos, cuyo valor está o podría estar protegido por derechos de propiedad intelectual, y que conforman lo que se conoce como la economía creativa, que incluye: “(i) las actividades tradicionales y artísticas, (ii) la industria creativa y (iii) las actividades que brindan apoyo creativo a las industrias tradicionales” (Benavente y Grazi, 2017; Buitrago Restrepo y Duque Márquez, 2013).

Sin embargo, aunque varios de los países de la región han creado entidades y programas especiales para el fomento de la ciencia, la tecnología y, más recientemente, de la innovación, los resultados son poco significativos, si se observa, por ejemplo, el Índice Global de Innovación (IGI, 2019). (ver tabla 1).

TABLA 1.
Principales países de América Latina en el índice global de innovación 2019

PRINCIPALES PAÍSES DE AMÉRICA LATINA EN EL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN 2019									
	Posición IGI	Capital Humano e investigación		Sofisticación empresarial		Productos de conocimiento y tecnología		Productos creativos	
		Posición	Puntaje	Posición	Puntaje	Posición	Puntaje	Posición	Puntaje
Chile	51	57	32,5	53	33,1	61	22,9	66	27,2
Costa Rica	55	72	28,5	52	33,2	56	24,3	39	34,3
México	56	54	33,4	73	29,4	50	25,5	55	29,2
Uruguay	62	71	28,7	81	27,7	67	21,5	57	29,2
Brasil	66	48	36,0	40	37,6	58	23,0	82	22,8
Colombia	67	78	27,0	58	32,6	76	19,5	85	22,3
Argentina	73	42	38,7	57	32,6	78	19,2	77	24,0

Fuente: Cornell University, Instea y WIPO (2019).

En el reporte 2019 del IGI, Chile, con el puesto 51, es el país de la región que logra la mejor posición, seguido de Costa Rica y México, en los puestos 55 y 56 respectivamente, entre 129 países. Sin embargo, si se examinan con mayor detalle los componentes del índice más relacionados con innovación, se evidencia que

países como México y Brasil presentan puntajes superiores a Chile en algunos de ellos, como capital humano y productos de conocimiento. Entre los principales países de la región también están Colombia y Argentina, pero en los dos casos son bastante bajos los puntajes en los componentes de innovación.

En dicho índice, Suiza, con un puntaje de 67.24 sobre 100, es el país que aparece en el primer puesto. En la región, sigue Chile, país que ocupa el puesto 51, con un índice inferior de 36.64, seguido en la región por Costa Rica con índice de 36.13. No obstante, si se comparan solo estos dos países líderes regionales con los países de mayor promedio a nivel global, incluso únicamente en los cuatro factores más directamente relacionados con CTeI, las brechas son bastante amplias.

La ubicación de los demás países, por las posiciones en dicho índice son: Panamá en el puesto 75, con índice de 31.51, y entre este y el puesto 100 están Jamaica, República Dominicana, Trinidad y Tobago, y Ecuador. Del puesto 100 al 120 se ubican los demás países de la región (Dutta et al., 2019). Esta situación, al observar el conjunto de la región, refleja, por un lado, la ausencia evidente de la cultura y la capacidad de innovación en la mayoría de los países y, por otro, el lento avance y el bajo proceso de consolidación de los países que, de acuerdo con las cifras, logran los mejores indicadores en este tipo de actividad.

Conclusión

La experiencia de los países que más han avanzado al respecto indica que el diseño y puesta en marcha de políticas claras y consistentes en materia de ciencia, tecnología e innovación es fundamental para lograr impulsar cambios significativos. Con todo, los hechos demuestran igualmente que los lineamientos o marcos legales por sí solos, o acciones relativamente aisladas no son suficientes. Lo que resalta como más relevante de dichas experiencias es la eficacia para articular y coordinar los esfuerzos de los diferentes sectores y actores en unos pocos programas con metas bien definidas, concentrados en lograr una buena formación de base científica para la búsqueda de soluciones a problemas reales, con responsables y medios factibles para su realización, así como con seguimiento y evaluación de resultados.

Con relación a la articulación en los procesos formativos y prácticas de investigación e innovación de los jóvenes en programas de pregrado, los casos estudiados muestran diferentes enfoques y modelos funcionales. Sin embargo, registran tendencias que se dirigen a crear espacios y condiciones de mayor flexibilidad en los procesos formativos y en las estructuras de investigación, que permiten una orientación y vinculación temprana de los jóvenes estudiantes a este tipo de actividades.

Así las cosas, para la propuesta solicitada por Colciencias de realizar un documento de base para una política de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) con jóvenes, la segunda etapa del trabajo hasta ahora realizado se centró precisamente en conceptualizar y acordar, a partir de los diálogos con actores, y de las actividades más representativas existentes en las diversas regiones del país, una propuesta de consolidación y desarrollo en unos pocos programas. Estos deberán servir para articular, integrar y coordinar los esfuerzos y las acciones que adelantan las Universidades e instituciones de educación media, técnica y universitaria, con las acciones del Estado, las Empresas y las Comunidades a nivel local, territorial, nacional e internacional, para buscar que las prácticas de formación en investigación e innovación sean estimulantes por ser significativas y pertinentes para la sociedad.

Reconocimientos

Nuestros agradecimientos a Colciencias, en particular a Tania Catalina Delgado Barón, Jefe de Mentalidad y Cultura; Diana Regina Rúa, Coordinadora del Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores; a Luz Angie Romero y Paola Joya, quienes realizaron importantes aportes en el enfoque y realización del trabajo, del cual

una primera parte revisada se presenta en este artículo; y a la ingeniera Ángela Marsela Casas, quien colaboró como asistente del proyecto.

Referencias

- Bellei, C. (Coord). (2013). *Situación Educativa de América Latina y el Caribe: Hacia la educación de calidad para todos al 2015*. Unesco.
- Benavente, J. M., y Grazi, M. (2017). *Public Policies for Creativity and Innovation: Promoting the Orange Economy in Latin America and the Caribbean*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Blitman, S. (2013). *Écoles d'ingénieurs : comment elles vous forment (aussi) à la recherche*. L'Etudiant.
- Botana, N. R., y Sábato, J. (1993). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Arbor: Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 575, 21-44.
- Buitrago Restrepo, F., y Duque Márquez, I. (2013). *La economía naranja: Una oportunidad infinita*. Banco Interamericano de Desarrollo
- Camerer, C. F., Dreber, A., Holzmeister, F., Ho, T.-H., Huber, J., Johannesson, M., y Wu, H. (2018). Evaluating the replicability of social science experiments in Nature and Science between 2010 and 2015. *Nature Human Behaviour*, 2(9), 637-644. <https://www.doi.org/10.1038/s41562-018-0399-z>
- Canto-Sperber, M. (2017). *L'oligarchie de l'excellence*. Presses Universitaires de France.
- Caplan, B. (2018). *The case against education*. Princeton University Press.
- Carayannis, E. G., Barth, T. D., y Campbell, D. F. (2012). The quintuple helix innovation model: Global warming as a challenge and driver for innovation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 1(2). <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>
- Carayannis, E. G., y Campbell, D. F. J. (2010). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other. A Proposed Framework for a Transdisciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41-69. <https://doi.org/10.4018/jesd.2010010105>
- Carayannis, E. G., y Campbell, D. T. (2011). Open Innovation Diplomacy and 21st Century Fractal Research, Education and Innovation (FREIE) Ecosystem: Building on the Quadruple and Quintuple Helix Innovation Concepts and the "Mode 3" Knowledge Production System. *Journal of the Knowledge Economy*, 2, 327-372. <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0058-3>
- Carey, S. J. (2010). From the Editor. *PeerReview*, 12(2), 2.
- Carrizo Estévez, J. D., y González Bravo, M. (2012). Importancia de la Investigación en la formación de pregrado. *Revista Congreso Universidad*, 1(2). <http://revista.congresouniversidad.cu/index.php/rcu/article/view/348>
- Center for Education Reform. (2019). The case for education transformation. Retrieved from <https://edreform.com/wp-content/uploads/2018/02/cer-the-case-for-education-transformation-updated-apr2018-screen.pdf>
- Collini, S. (2012). *What Are Universities For?* Penguin Books.
- Collini, S. (2017). *Speaking of Universities*. Verso.
- Corfo y Chile, F. (2017). *Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento*.
- Cornell University. Office of Undergraduate Research. (2019). Research Opportunities. Retrieved from <http://undergraduateresearch.cornell.edu/research-opportunities/>
- Cornell University, INSEAD, WIPO. (2019). Global Innovation Index 2019. Retrieved from <https://www.wipo.int/publications/es/details.jsp?id=4434>
- Council on Undergraduate Research (CUR). (2019). National Conferences on Undergraduate Research. Retrieved from www.ncur.org
- Choe, H., y Lee, D. H. (2017). The structure and change of the research collaboration network in Korea (2000-2011): network analysis of joint patents. *Scientometrics*, 111(2), 917-939. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2321-2>

- de Sousa Santos, B. (2006). *La universidad popular del siglo XXI*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Dutta, S., Lanvin, B., y Wunsch-Vincent, S. (Eds.). (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives. The Future of Medical Innovation*. Johnson College of Business; Insead; WIPO.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., y Cantisano Terra, B. R. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29, 313-330. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00069-4)
- EuroScholars. (2019). Find a research project. Retrieved from <http://euroscholars.eu>
- Facundo Díaz, A. H., García Isaza, J. G., y Peña Reyes, J. I. (2018). *Documento de base para Política de fomento de CT&I en jóvenes particularmente de pregrado*. Centro de Investigaciones para el Desarrollo de la Universidad Nacional; Colciencias.
- Fanelli, D. (2009). How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data. *PLOS ONE*, 4(5), e5738. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005738>
- Fundación Nacional para la Ciencia. (2003). *Industry/University Cooperative Research Centers Program: 30 Years of Partnership*. Arlington. National Science Foundation.
- Fundación Nacional para la Ciencia. (2005). *Science of Learning Centers Program*. <https://www.nsf.gov/pubs/2005/nsf05509/nsf05509.htm>
- Fundación Nacional para la Ciencia. (2007). *A National Action Plan for Addressing the Critical Needs of the U.S. Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education System*.
- Geschwind, L., y Broström, A. (2015). Managing the teaching–research nexus: ideals and practice in research-oriented universities. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 60-73. <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934332>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotry, H., Schwartzman, S., Scott, P., y Martin, T. (1994). *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary societies*. Sage.
- Gibbs, G. (1995). The Relationship Between Quality in Research and Quality in Teaching. *Quality in Higher Education*, 1(2), 145-157. <https://doi.org/10.1080/1353832950010205>
- González, C., Valenzuela, C. G., y Maggio, H. M. (2016). The teaching-research nexus in undergraduate programmes: State of art and suggestions for strengthening. *Revista de Pedagogía*, 37(101), 193-213.
- González, C., Guzmán, C. y Montenegro H. (2016). El vínculo docencia-investigación en programas de pregrado: estado del arte y propuestas para fortalecerlo. *Revista de Pedagogía*, 37(101), 193-213. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/659/65950543010.pdf>
- Göransson, B., y Brundenius, C. (Eds.). (2011). *Universities in Transition. The Changing Role and Challenges for Academic Institutions*. Springer; International Development Research Centre.
- Harvard University. (2019). Harvard Colleges. Office of Undergraduate Research and Fellowships. Retrieved from <https://uraf.harvard.edu/home>
- Hemmert, M., Okamuro, H., y Bstieler, L. (2008). An Inquiry into the Status and Nature of University-Industry Research Collaborations in Japan and Korea. *Hitotsubashi Journal of Economics*, 49(2), 163-180. www.jstor.org/stable/43296208
- Huang, Y. (2018). Revisiting the research–teaching nexus in a managerial context: exploring the complexity of multi-layered factors. *Higher Education Research & Development*, 37(4), 758-772. <https://doi.org/10.1080/07294360.2018.1446418>
- Jenkins, A. (2003). Designing a curriculum that values a research-based approach to student learning in Geography, Earth and Environmental Sciences (GEES). *Planet*, 11(1), 2-5. <https://doi.org/10.11120/plan.2003.00110002b>
- Johnston, R. J. (1996). Quality in Research, Quality in Teaching and Quality in Debate: a response to Graham Gibbs. *Quality in Higher Education*, 2(2), 165-170. <https://doi.org/10.1080/1353832960020208>

- Kirchherr, J. (2018, 9 de agosto). A PhD should be about improving society, not chasing academic kudos. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/higher-education-network/2018/aug/09/a-phd-should-be-about-improving-society-not-chasing-academic-kudos>
- Léon, A., y Roche, P. (2018). *Histoire de l'enseignement en France*. Presses Universitaires de France.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Metzger, W. P. (1978). Academic Freedom and Scientific Freedom. *Daedalus*, 107(2), 93-114.
- Meuret, D. (2013). *Pour une école qui aime le monde*. Presses Universitaires de Rennes.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, (2017). Livre Blanc de l'enseignement supérieur et de la recherche 2017 (pp. 240). Paris. Disponible en: https://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/04/1/ESR_Livre_Blanc_707041.pdf
- MiT Undergraduate Research Opportunities Program. (2019). Mens et Manus in Anticlion! Want the chance to work on cutting edge research? Explore this site to learn more about engaging in UROP at MIT. Retrieved from <https://urop.mit.edu/>
- Morán Oviedo, P. (Comp.). (2015). *Docencia e investigación en el aula. Una relación imprescindible*. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morelix, A. (2015). The evolution of entrepreneurship on college campuses. Exploring the evolution of entrepreneurship on college campuses - a timeline. *Kauffman Foundation*. <https://www.kauffman.org/currents/the-evolution-of-entrepreneurship-on-college-campuses/>
- Muller, S. (1984). Research Universities and Industrial Innovation in America. In J. S. Coles (Ed.), *Technological innovation in the 80s* (pp. 8-49). Prentice-Hall.
- Musselin, C. (2015). Peut-on parler d'égalité des chances dans les carrières universitaires en France ? In S. Beaud & F. Truong (Eds.), *L'université désorientée*. Paris: La Découverte.
- Musselin, C. (2017). *La grande course des universités*. Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques.
- Okamura, K., y Vonortas, N. S. (2006). European Alliance and Knowledge Networks. *Technology Analysis & Strategic Management*, 18(5), 535-560. <https://doi.org/10.1080/09537320601019677>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2016). *PISA 2015. Resultados clave*. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- Perry, S. J., Curral, S. C., y Stuart, T. E. (2007). The Pipeline from University Laboratory to New Commercial Product: An Organizational Framework Regarding Technology Commercialization in Multidisciplinary Research Centers. En T. Davila, M. J. Epstein y R. Shelton (Eds.), *The Creative Enterprise: Managing Innovative Organizations and People* (Vol. 1, pp. 85-105). Praeger.
- Purdue University. Office of Undergraduate Research. (2019). Why conduct undergraduate research? Retrieved from <https://www.purdue.edu/undergrad-research/>
- Precht, R. D. (2014). *Anna, die Schule und der liebe Gott: Der Verrat des Bildungssystems an unseren Kindern*. Goldman Verlag.
- Robert, P. (2008). *La Filande: un modèle éducatif pour France? Les secrets de la réussite*. ESF Editeur.
- Robertson, J. (2007). Beyond the 'research/teaching nexus': exploring the complexity of academic experience. *Studies in Higher Education*, 32(5), 541-556. <https://doi.org/10.1080/03075070701476043>
- Sábato, J., y Botana, N. (1970) [1968]. "La ciencia y la tecnología en el desarrollo de América Latina", en Herrera, A. (comp.), *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- Schoijet M. (1998). La revolución científica y tecnológica y la sociedad postindustrial. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 43(171), 127-154.
- Schwab K. (2015, 12 de diciembre). The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond. *Foreign Affairs*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>

- SEI-Colciencias (2019). Informe de caracterización de iniciativas y criterios para la construcción de políticas públicas en CT&I para niños, adolescentes y jóvenes. Bogotá: Colciencias.
- Shapira, P., Youtie, J., y Kay, L. (2011). National innovation systems and the globalization of nanotechnology innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 36, 587-604. <https://doi.org/10.1007/s10961-011-9212-0>
- Stanford University. (2019). How Do I Get Started in Research? Retrieved from <https://undergrad.stanford.edu/academic-planning/cardinal-compass/student-handbook/how-do-i-get-started-research>
- The British Conference of Undergraduate Research. (2019). BCUR 19. Retrieved from <https://www.southwales.ac.uk/bcur19/>
- The Chinese University of Hong Kong. (2019). Summer Undergraduate Research Programme (SURP). Retrieved from <https://www.summer.cuhk.edu.hk/surp/>
- The Tsinghua University. (2019). Study and Research Abroad. Retrieved from http://goglobal.tsinghua.edu.cn/en/overview/study_and_research_abroad
- Thielmann, R., y La Rovere, R. L. (2017). As Mudanças nos Instrumentos de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Período de 1999 a 2010: uma Visão a partir da Trajetória Recente dos Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação. *Ciencia Política*, 12(23), 79-113. <https://doi.org/10.15446/cp.v12n23.62553>
- Tight, M. (2016). Examining the research/teaching nexus. *European Journal of Higher Education*, 6(4), 293-311. <https://doi.org/10.1080/21568235.2016.1224674>
- United States of America Congress (2007). AMERICA COMPETES ACT. *PUBLIC LAW 110-69—AUG. 9, 2007*. Retrieved from <https://www.congress.gov/110/plaws/publ69/PLAW-110publ69.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia (2011). Agendas de conocimiento - Universidad Nacional de Colombia (pp. 118). Bogotá. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21368>
- Universidad Nacional de Colombia. Oficina de relaciones interinstitucionales (2018). *Informe de gestión*. Bogotá. Disponible en: http://ori.bogota.unal.edu.co/fileadmin/pdf/ORI_InformeDeGestion_17_05_2018.pdf
- Universität Oldenburg. (2019). World Congress on Undergraduate Research. Retrieved from <https://uol.de/en/worldcur2019>
- Unión Europea de Geociencias. (2019). *Fundamental sciences / blue-skies research*. <https://www.egu.eu/policy/science/fundamental-sciences-blue-skies-research/>
- Van Zanten, A. (2015). Les inégalités d'accès à l'enseignement supérieur. Quel rôle joue le lycée d'origine des futurs étudiants ? . In S. Beaud & F. Truong (Eds.), *L'université désorientée*. Paris: La Découverte.
- Vasconcellos, M. (2006). *L'enseignement supérieur en France*. La Découverte.
- Veltz, P. (2007). *Faut-il sauver les grandes écoles ?* Presses de la Fondation Nationale Des Sciences Politiques.
- Westhead, P., y Batstone, S. (1998). Independent Technology-based Firms: The Perceived Benefits of a Science Park Location. *Urban Studies*, 35(12), 2197-2219. <https://doi.org/10.1080/0042098983845>
- Wittrock B. (1991). ¿Dinosaurios o delfines? Origen y desarrollo de la universidad orientada hacia la investigación. *Revista de Educación*, 296, 73-97.

Notas

* Artículo de investigación científica

1 Center for Education Reform. (2019), en <https://www.edreform.com/>

2 Las opciones de la escuela secundaria son: la escuela secundaria básica (*Hauptschule*) cuyo énfasis es más práctico, y se complementa de cursos para empezar a trabajar al salir del colegio; la escuela secundaria profesional (*Realschule*), que es una formación más técnica y que orienta a los estudiantes para desempeñar puestos de este tipo y de especialización; la secundaria de bachillerato (*Gymnasium*), que enfatiza en una formación más académica para el ingreso posterior a la universidad, a partir de una prueba denominada *Abitur*, y la secundaria mixta (*Gesamtschule*), en la cual se abordan integralmente los contenidos de las otras tres modalidades, para que los estudiantes puedan escoger la titulación al finalizar la secundaria.

- 3 Desde su creación en 1955, este Ministerio ha sufrido diferentes cambios de nombre y funciones. En 1962, se lo denominó Ministerio Federal de Investigación Científica, y además de la promoción general de la ciencia se le agregó la función de investigación sobre viajes espaciales; en 1969 se le ampliaron las competencias en planificación educativa y financiación de la investigación y se lo denominó Ministerio Federal de Educación y Ciencia (BMBW); en 1972, al crearse el Ministerio Federal de Investigación y Tecnología (BMFT) para promover la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, se le quitaron estas funciones, y luego de dos décadas de separación se fusionaron ambos ministerios, dándole entonces el nombre de Ministerio Federal de Educación, Ciencia, Investigación y Tecnología (BMBF). A partir de 1998, tuvo que entregar el departamento de Política Tecnológica al Ministerio de Asuntos Económicos, cambiando nuevamente al nombre de Ministerio Federal de Educación e Investigación, que ostenta hasta el día de hoy.
- 4 Para una información en detalle de estas experiencias se pueden consultar las siguientes páginas Web: <https://www.wissenschaft.de/>; <https://www.wissenschaft-im-dialog.de/>; <https://www.diejungeakademie.de/>
- 5 Eduscol, portal del Ministerio de Educación Nacional de Francia, ofrece una gran variedad de recursos en contenidos y metodología para los tres niveles en los cuales está dividida la educación básica y secundaria. A esta plataforma de información y contenidos, tienen acceso todas las instituciones y los actores del sistema nacional de educación. Una gran parte del portal es de acceso abierto.
- 6 Institutos Técnicos, Universidades, Grandes Escuelas de ingeniería, Escuelas Especializadas y Estudios de Salud, los cuales tienen diferentes duraciones y títulos: certificados en Técnicos Superiores (con duración de 2 a 3 años), diplomas de licenciatura universitaria (3 años) en tecnología, comercio, formación de profesores, formación universitaria de licencia (de 3 años), de master (2 años después de la licencia) y de doctorado (3 años después del master), diplomas de Escuelas de Ingeniería (de 5 años) equivalentes al Master, de medicina y farmacia (9 años), hasta el doctorado especializado en medicina (de 11 años).
- 7 La educación superior en Colombia sigue un enfoque similar, aunque la organización del proceso curricular es más simple. La formación equivalente a la licencia europea se cumple con los primeros cuatro o cinco años, dando un mayor énfasis a seminarios y a actividades de investigación en los últimos años de las carreras universitarias y en los programas de formación más avanzada de maestría.
- 8 Council on Undergraduate Research (CUR). (2019).
- 9 Purdue University. Office of Undergraduate Research. (2019).
- 10 Harvard University. (2019).
- 11 Stanford University. (2019).
- 12 MIT Undergraduate Research Opportunities Program. (2019)
- 13 Cornell University. Office of Undergraduate Research. (2019)
- 14 EuroScholars. (2019)
- 15 The British Conference of Undergraduate Research. (2019)
- 16 The Chinese University of Hong Kong. (2019)
- 17 The Tsinghua University. (2019)
- 18 Universität Oldenburg. (2019)
- 19 SRI International, Center for Science, Technology, and Economic Development, Research and Training Program Evaluation. Ver <http://www.sri.com/policy/csted/reports/university/>
- 20 A nivel de educación básica, la mayoría de las instituciones siguen la metodología MESS: matemáticas, inglés, ciencias y estudios sociales.
- 21 Estas reestructuraciones y cambios no han sido los únicos. Los sucesivos gobiernos han realizado otros ajustes o afinamientos posteriores. En la siguiente página, está disponible información de esta orientación y de los cambios institucionales realizados: <http://korea.net/upload/content/editImage/GovernmentOrganizationChart2018.gif>
- 22 En la región existen otras entidades públicas nacionales semejantes: Conape en Costa Rica y el IECE en Ecuador. Igualmente hay entidades públicas para una región en particular, como el caso de Sonora en México; así como ONG de crédito educativo, por ejemplo, en Brasil (Assude y Fundaplub) y en República Dominicana (Fundapep); y fundaciones internacionales como la Fundación Carolina, a la cual pueden aplicar trece países de la región; o programas de becas de intercambio académico patrocinados por gobiernos extranjeros como la Comisión Fulbright o el DAAD, entre otros.
- 23 En el caso de la Universidad de Sao Paulo se cuenta, además, desde 1983, con el Programa de Iniciación Científica, cuyo objetivo es incentivar y despertar el interés de los estudiantes de pregrado en métodos y técnicas de investigación. Este programa busca que los estudiantes realicen o bien una investigación básica dirigida a la comprensión de nuevos fenómenos o una investigación aplicada que tenga un objetivo práctico. Con tal fin el estudiante debe escoger un profesor con doctorado o postdoctorado que tenga una línea de investigación que sea de su interés; inscribirse en el Consejo Nacional de Investigaciones – CNPQ; entregar un informe parcial a los 6 meses y otro al final del proyecto; y presentarlo en el Simposio Internacional de Iniciación Científica y Tecnológica que organiza anualmente la Universidad. Ver: <https://jornal.usp.br/universidade/iniciacao-cientifica-e-o-primeiro-passo-para-se-tornar-pesquisador/>

- 24 Esta feria es un concurso que busca fomentar la participación de estudiantes bien sea en proyectos de investigación en todas las áreas del conocimiento o de creación artística que cuenten con el respaldo de un académico guía; abrirle puertas hacia temas de investigación de su interés, hacia niveles más avanzados de formación y hacia desempeños futuros como investigadores. Ver: <https://vicerrectoriadeinvestigacion.uc.cl/Investigacion-Pregrado/investigacion-pregrado.html>.
- 25 Universidad Nacional de Colombia. Oficina de relaciones interinstitucionales (2018)
- 26 En relación con el mapeo de iniciativas de CT&I en niños, jóvenes y adolescentes, y el informe se presenta como un inventario de iniciativas, principalmente de instituciones educativas a diferentes niveles. Otro mapeo, pero a nivel del avance en CT&I en educación superior, está presentado en el documento “Agendas de Conocimiento” de la Universidad Nacional de Colombia, realizado entre 2010 y 2012, como un diagnóstico o panorama de los programas y capacidades de investigación de la institución, las cuales se presentan organizadas en áreas que promueven especialmente el trabajo interdisciplinar. Algo semejantes se encuentra en otras instituciones. Sin embargo, al referirse a líneas y programa consolidados, no es fácil encontrar allí las actividades específicas con jóvenes investigadores. Ver <http://www.investigacion.unal.edu.co/index.php/menuagendas/1588-agendas-de-conocimiento>.

Licencia Creative Commons CC BY 4.0

Cómo citar este artículo: Facundo, Á. H., García, J. G., Peña, J. I. (2020). El fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación en jóvenes hasta el nivel de pregrado. Experiencias de países y de América Latina. *Papel Político*, 25. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.papo25.fcti>