

BORRADOR – junio, 2016

IDEAS GENERALES PARA PROPONER UN NUEVO SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA QUE GARANTICE EN EL POST-ACUERDO EL DESARROLLO DEL PAIS BASADO EN UNA ECONOMÍA DEL CONOCIMIENTO

Fanor Mondragón

fmondra@gmail.com, fanor.mondragon@udea.edu.co

Instituto de Química, Universidad de Antioquia

Resumen

Colombia requiere un nuevo sistema de ciencia y tecnología apropiado para la época del post-acuerdo que permita formar colombianos para resolver las necesidades a las que se verá enfrentado el país en los tiempos venideros después de la firma del acuerdo de paz. La propuesta debe ser una apuesta de Estado que garantice la financiación estable y sostenida en el tiempo, de mínimo 2% del PIB en un horizonte mayor a 20 años. Estos recursos se utilizarán para la creación de 3-5 universidades de clase mundial (universidades de investigación), creación de Institutos Nacionales de Investigación en diferentes áreas del conocimiento, creación de parques universitarios de ciencia y tecnología, impulso a la formación de ingenieros y técnicos de alto nivel, profesionales en ciencias naturales, medicina, ciencias sociales e incrementar el número de doctores formados en el país y en el exterior, internacionalización de los posgrados, creación de empresas basadas en el conocimiento desarrollado en las universidades y creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología como el ente generador de políticas de Ciencia Tecnología e Innovación. El Ministerio tendría, en principio, dos viceministerios uno para la Investigación Científica y uno para la Innovación y el emprendimiento. Todas las acciones redundarán en el fortalecimiento y efectividad de los resultados de la triada formada por los sectores académico, privado y gubernamental.

Consideraciones básicas

El crecimiento sostenible de Colombia y su desarrollo social y económico se pueden lograr si tenemos una economía competitiva. Las empresas más importantes del país han planteado que este es uno de los principales retos que tiene el gobierno colombiano para la época del post-acuerdo. Para lograrlo, se requiere la generación de políticas públicas, que trasciendan los gobiernos, que permitan el desarrollo integral del país. Se requiere mejorar la calidad de la educación, es necesario la reducción de la informalidad en el empleo, hay que desarrollar proyectos que faciliten el acceso de los productos colombianos a los mercados internacionales utilizando nuestras materias primas y nuestra amplia

biodiversidad. Según la OECD, Colombia ha aumentado su renta per-cápita y estadísticamente ha logrado reducir el porcentaje de la población que vive en condiciones de extrema pobreza. Sin embargo, la inequidad en Colombia es una de las mayores en Latinoamérica. Por lo tanto, es primordial para el país adelantar políticas que sean efectivas en el corto (5 años aproximadamente), mediano plazo (10 años aproximadamente) y largo plazo (20-30 años) para mejorar las condiciones de empleo calificado para lograr mejores condiciones de vida para la población.

La apertura de Colombia a nivel internacional con los diferentes tratados de libre comercio le impone a la economía nacional muchos retos. Uno de ellos es mejorar su productividad, competitividad, flexibilidad y efectividad los cuales, en un mundo globalizado, solo lo podrá lograr si tiene innovación en el desarrollo, la producción y el marketing de sus productos y servicios. Es claro el ejemplo de varios países que dependían de tecnologías importadas y que cuando quisieron entrar en la competencia mundial vieron cerradas sus posibilidades porque los avances tecnológicos no les fueron accesibles o les faltaba la capacidad de absorberlas para mejorar sus industrias. Mejorar la productividad en un país como Colombia no es algo sencillo ya que es necesario impulsar cambios radicales en las estructuras educativas y en la estructura del sistema de ciencia y tecnología incluyendo las universidades en las cuales se desarrolla la investigación básica como elemento fundamental para la generación de conocimiento, formación de capital humano y la transferencia de resultados al sector productivo y estatal. Adicional a este cambio en la estructura educativa se debe cambiar la forma y el ritmo con que la industria incorpora este conocimiento en sus iniciativas y estrategias competitivas y de crecimiento. Esto está asociado con la capacidad de adaptarse a los cambios tecnológicos internacionales. Según la OECD, mucha de la tecnología requerida para los desarrollos iniciales está disponible y es de dominio público, pero para poder acceder a ella se requiere de conocimiento básico y de habilidades tecnológicas en los países y esto ni es automático ni es barato. Requiere de inversión en capacidades para entender los fundamentos y poder absorber la tecnología y además estar en capacidad de modificarla de acuerdo a las necesidades del país.

Por otro lado, está el reto de tener un manejo ambiental sostenible que esté en armonía con la amplia diversidad biológica y cultural, la cual es una de las grandes potencialidades que tiene el país; el saber explotar este potencial de manera sostenible es clave para Colombia, particularmente en el periodo que se avecina del post-acuerdo, donde por presentar a la sociedad resultados muy rápidamente se corre el alto riesgo de afectar el ambiente. En muchos países se han hecho desarrollos muy grandes, a velocidades extraordinarias, sin tener en cuenta el deterioro que causan al medio ambiente con graves consecuencias ambientales y cuya remediación ha resultado extremadamente costosa, como es el caso de China, solo para citar un ejemplo.

Es de todos conocido que el futuro de la industria colombiana depende enormemente de los desarrollos científicos y tecnológicos realizados tanto en otros países como por el sistema nacional de Ciencia Tecnología e Innovación. Nuestras industrias invierten muy poco, casi nada, en investigación, en desarrollos básicos o aplicados ni en procesos

innovadores. La gran mayoría de las empresas colombianas lo que hace es comprar la tecnología que ha sido desarrollada en otros países.

El común denominador en todos los retos que tiene Colombia es que las soluciones son dependientes del nivel de ciencia y tecnología que se tenga disponible en el país para enfrentarlos. En esta dirección, la educación terciaria es el medio para lograr el desarrollo cualificado de un país, mejorar su capacidad de dar valor agregado a las abundantes materias primas que disponemos y como consecuencia de esto generar empleo calificado. En otras palabras debemos mejorar el capital humano y desarrollar nuestras capacidades de CTI los cuales son el soporte principal para el desarrollo social y económico. Estos son solo algunos de los mecanismos de equidad que le pueden aportar al país la educación superior y la investigación científica.

Si no logramos estos desarrollos, la industria colombiana perderá cada día más competitividad en los mercados mundiales, seremos testigos del cierre cada día de más empresas ya que se aumentará nuestra dependencia de las tecnologías desarrolladas en otros países. Adicionalmente, cada que los precios internacionales de las materias primas bajan de precio en el mercado mundial, como ocurre actualmente (2016) con el precio del petróleo, la economía se ve drásticamente afectada, y el Gobierno tiene que salir a colocar más impuestos para tratar de recuperar la pérdida de ingresos, se estima entre 3% y 4% del PIB la afectación de la economía Colombiana por la reciente baja en los precios de los “commodities” en el mercado mundial. Lo que han hecho los países avanzados es, en épocas de crisis como la actual es invertir más en ciencia y tecnología. Según la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF, 2012), Colombia se viene desindustrializando desde 1975 lo cual es producto del bajo valor agregado que le damos a nuestras materias primas y de la falta de innovación. Hace tres décadas la producción industrial contribuía con el 24% del PIB mientras que para el periodo 2012-2020, si la tendencia sigue igual, la contribución al PIB estaría entre 9-12%. Este efecto se ve reflejado directamente en disminución del empleo por parte del sector industrial. Es importante tener presente que actualmente en Colombia alrededor del 55% del empleo es informal.

Según la ANIF en Colombia tenemos un cuadro típico de la llamada “Enfermedad Holandesa” debido a la enorme dependencia de la exportación de materias primas trae como consecuencia grandes fluctuaciones de la moneda afectando directamente el valor de los productos manufacturados en el país. Para neutralizar la Enfermedad Holandesa se requieren reformas estructurales que posibiliten la capacitación de la juventud colombiana a los más altos niveles científicos y tecnológicos y establecer capacidades científico-tecnológicas nacionales. Es importante tener presente que en el periodo 2005-2011 el promedio de la inversión extranjera en el país fue alrededor de US\$10.000 millones por año (en 2013, la inversión fue de US\$16.500 millones) de los cuales cerca del 65% fue para minería (explotación y exportación) y casi nada para desarrollos industriales, como si ocurre en otros países de Latinoamérica y otras regiones del mundo. El futuro para Colombia es bastante incierto porque los tratados de libre comercio se están firmando con países donde hay desarrollos de alta tecnología con mano de obra altamente calificada lo cual se refleja

una mayor productividad y por lo tanto menores costos de producción que el de los países no desarrollados que usan tecnologías obsoletas de comienzos del Siglo XX.

Una opción para sobreponerse a la Enfermedad Holandesa podría ser pasar al sector de los servicios. Sin embargo, el cambio abrupto al mundo de los servicios es nocivo para un país emergente donde no se tiene el conocimiento básico requerido, ni la infraestructura adecuada ni la experiencia necesaria para ofrecer buena calidad y al mismo tiempo reducir costos.

En Colombia se han logrado hasta ahora avances muy marginales en ciencia y tecnología gracias a las políticas implementadas desde Colciencias lo mismo que las políticas desarrolladas al interior de algunos centros de investigación y de la apuesta por la investigación que han hecho las universidades públicas y privadas más grandes del país. Los avances son muy escasos debido a la baja inversión del Estado en CTI el cual no llega al 0,2% del PIB. Por ejemplo, los recursos asignados a Colciencias para el 2016 podrían llegar a alrededor de 100 millones de dólares lo cual es equivalente a aproximadamente 2 dólares por persona por año, cuando los países más desarrollados están invirtiendo entre 1000 y 1500 dólares por habitante por años, según cifras del Banco Mundial.

Para lograr el paso del país a tener una economía basada en el conocimiento requerimos adoptar una “Política de Estado” sólida, necesitamos un “Pacto Nacional para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación”, que sea consistente y de largo plazo que garantice la financiación de la C&T&I en Colombia para los próximos 20-30 años. Este tipo de políticas ha sido ampliamente propuesto en Colombia desde la Misión de los Sabios hace 20 años. Sin embargo, no se ha tenido la voluntad política para su implementación a pesar de que parte de las políticas fueron ratificadas en documentos CONPES y luego en algunos intentos de proyectos de ley.

En el contexto mundial, la inversión en C&T&I es una medida adoptada desde hace mucho tiempo por países como Alemania, Bélgica, China, Corea, Israel, Italia, Malaysia, Singapur, etc. en donde esta política ha mostrado ser altamente exitosa. Aún en países que no han alcanzado alto grado de desarrollo están adoptando medidas en esta dirección como es el caso de Kenia que el año 2013 el parlamento aprobó destinar el 2% del PIB para C&T&I, recursos que se empezaron a ejecutar a partir del 2014.

Necesitamos una política que facilite la transformación de Colombia en una economía donde la innovación basada en el conocimiento le permita tener competitividad en un mundo globalizado, que posibilite tener una economía estable, que se mejore el empleo y que el país tenga un mejor tejido social, especialmente en las épocas que se avecinan de post-acuerdo. El esquema antes planteado solo se puede lograr si tenemos una adecuada financiación de la educación en general. Particularmente, se requiere de financiación apropiada de la educación superior así como de la ciencia, la tecnología y la innovación por parte del Estado. El informe de la OECD (Estudio de la OECD de las Políticas de Innovación: Colombia, 2014) recalca que Colombia necesita aumentar los recursos para ciencia y tecnología a valores que sean significativos para impulsar las reformas que requiere el país.

Necesitamos garantizar que el presupuesto para ciencia, tecnología e innovación en los institutos de investigación, en las universidades y en los parques universitarios de ciencia y tecnología sea como mínimo del 2% del PIB y para educación que sea como mínimo del 7%. Solo para tener un referente, Corea del Sur, con una población similar a la colombiana, invierte alrededor del 4.0% del PIB en ciencia y tecnología e innovación lo cual representó en el año 2014 aproximadamente 63.000 millones de dólares que equivale a una cifra cercana a 1.200 dólares por habitante por año. Ver Tabla 1, para cifras similares en otros países. Es clara la enorme diferencia de Colombia con países vecinos y peor aún con los países desarrollados.

Para el caso de Colombia el 2% representaría alrededor de 7.000 millones de dólares anuales que equivaldría a unos 140 dólares por habitante por año, esto nos colocaría a la altura de la inversión que hace Brasil o España en investigación y desarrollo. Estos recursos se invertirían básicamente en las siguientes actividades:

- 1) Selección, por un panel de expertos nacionales e internacionales, y financiamiento de 3-5 universidades de investigación en Colombia. Estas universidades tendrán financiación por asignación directa y serán evaluadas periódicamente por paneles nacionales e internacionales. Estas universidades tendrán las características que se describen más adelante.
- 2) Definición, establecimiento y financiamiento apropiado de Institutos Nacionales de Investigación independientes de las universidades y jurídicamente autónomos. Los institutos tendrán financiación por asignación directa y serán evaluados periódicamente. Estos institutos estarían adscritos al Ministerio de Ciencia y Tecnología y podrían estar agrupados en dos divisiones, una para investigación básica y otra para investigación aplicada, como se presenta más adelante.
- 3) Programa Nacional de impulso para la formación de ingenieros, médicos y técnicos de muy alto nivel en todas las áreas (es necesario triplicar o cuadruplicar el número de ingenieros y de técnicos altamente especializados en Colombia).
- 4) Programa Nacional de Impulso a la formación en ciencias naturales (triplicar su número) y a las ciencias sociales.
- 5) Incrementar el número de doctores formados en Colombia y en el exterior como mínimo a 2000 por año y financiación de becas de postdoctorados. Alrededor del 20% debe ser en humanidades, sociales y artes. Como se explicará mas adelante, los doctores que se formen en este sistema encontrarán sitios de empleo en los diferentes institutos nacionales y con el tiempo, ingresarán a formar parte de los centros de investigación en las empresas.
- 6) Definición y creación de parques universitarios de ciencia y tecnología que potencien el desarrollo de nuevas empresas (empresas del futuro) basadas en las

investigaciones de las universidades o de los institutos nacionales de investigación. Este será el lugar de incubación de las spin-off.

- 7) Creación de un Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de políticas de Estado (leyes nacionales, acuerdos con las regiones y los departamentos, etc.) que permitan blindar los recursos para investigación y desarrollo. Estas políticas deben contemplar evaluaciones de muy alta calidad para las universidades, institutos y parques universitarios de C&T&I cada cinco años con paneles nacionales e internacionales para hacer los ajustes que se requieran.

Tabla 1. Inversión en dólares per cápita en ciencia y tecnología en algunos países. Cifras tomadas de reportes del Banco Mundial, Battelle Business and Innovation y Ocyt.

INVERSION EN I+D PARA ALGUNOS PAISES			
PAIS	MILLONES DOLARES	POBLACION En millones	INVERSIÓN PERCÁPITA
Estados Unidos	465.000	316	1471
China	284.000	1360	209
Japón	165.000	127	1300
Alemania	92.000	81	1140
Corea del Sur	63.000	51	1240
Francia	52.000	66	788
Reino Unido	44.000	65	677
Brasil	33.000	206	160
España	18.000	47	144
México	8.000	125	64
Argentina	5.000	43	116
COLOMBIA-Colciencias	100	48	2
Colombia-Total I+D (Ocyt)	450	48	9

A continuación se presentan algunas ideas generales sobre los puntos antes esbozados.

1) Universidades de Investigación (universidades de clase mundial).

La generación de conocimiento y la innovación científica y tecnológica son fundamentales para el desarrollo económico de las naciones. En este contexto las universidades de investigación son el elemento más potente que pueden tener los países para lograr esos objetivos. En las universidades de investigación es fundamental tener programas de pregrado y de posgrado muy bien consolidados que realicen investigación teniendo presente las necesidades que requiere el país para su desarrollo.

En el caso de Estados Unidos, en la primera mitad del siglo pasado, las universidades de investigación recibieron financiación directa del Estado lo que condujo a desarrollos muy importantes tales como el radar, los computadores, la penicilina, el DDT, la bomba atómica, etc. Posteriormente, entre los 50's y 60's el Estado fortaleció la financiación de las universidades de investigación con el propósito de aumentar la investigación básica que fue considerada como la fuente de nuevas ideas para el futuro. Este apoyo trajo como resultado desarrollos como el láser, la resonancia magnética nuclear, el GPS, etc, que dieron lugar a nuevos negocios que a su vez dieron empleo a millones de personas. El impulso en USA a las universidades de investigación ha dado como resultado que desde 1930 aproximadamente el 60% de los premios Nobel haya sido otorgado a científicos de esas instituciones. Recientemente el Congreso de Estados Unidos lanzó un programa para evaluar el rol que tendrán que jugar las universidades de investigación en el desarrollo del país en los próximos 20 años. Muchos países han entendido las grandes bondades de estas universidades y han creado sus propias universidades de investigación con éxitos similares a los obtenidos en USA como por ejemplo Corea, Japón, Singapur, China, Israel, etc. Hoy en día se encuentran en proceso de consolidación universidades de investigación en Arabia Saudita, Malaysia y Emiratos Árabes entre otros países

En la gran mayoría de países desarrollados el número de universidades de investigación es bastante limitado siendo entre el 5% y el 8% del total de universidades de cada país. Colombia necesita aumentar significativamente las capacidades de investigación en todas las áreas del conocimiento y para esto es fundamental tener universidades de investigación. Se estima que en Colombia se podrían establecer 3 a 5 universidades de investigación. Es importante mencionar que a la fecha (2016), debido al alto costo que implica sostener una universidad de este tipo, ninguna de las universidades colombianas entra en esta categoría.

Existen muchos parámetros que nos permiten compararnos con otros países en actividades de investigación y desarrollo. Además de la parte financiera, mencionada anteriormente, está el número de investigadores, número de artículos publicados en revistas internacionales, número de citas, número de patentes, número de estudiantes extranjeros en las universidades colombianas, etc. Cuando comparamos el número de investigadores Colombianos por millón de habitantes con los de algunos países de

referencia vemos lo atrasado que estamos, mientras que para el 2014 estábamos en unos 180 investigadores por millón de habitantes, los países desarrollados fluctuaban entre 4000 y 7000 investigadores por millón de habitantes, si nos comparamos con países de la región vemos que la proporción de nuestros investigadores es la mitad de los de México, una tercera parte de los de Brasil y casi 7 veces menos que Argentina (ver Figura 1 y Figura 2).

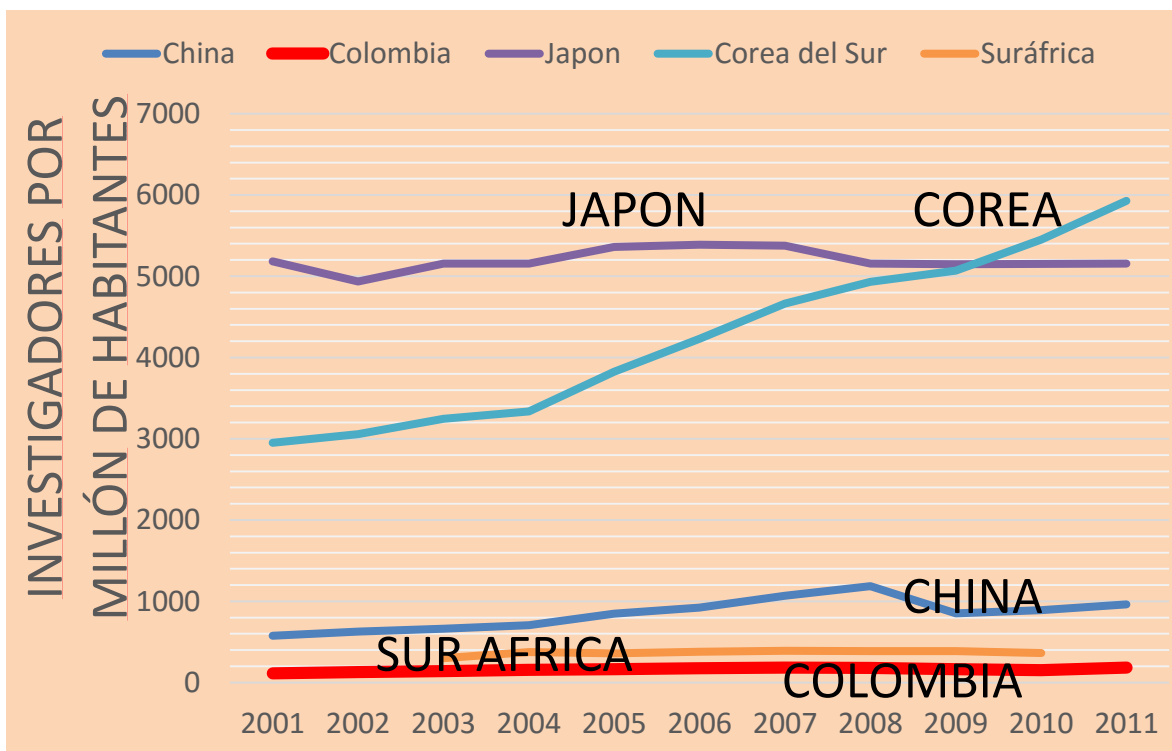


Figura 1. Número de investigadores por millón de habitantes. Para simplificar el gráfico solo se presentan datos de dos países desarrollados.

Por otro lado, la producción científica Colombiana (ver Figuras 3 y 4) requiere de un impulso significativo como lo plantea un reciente estudio de la empresa Scimago del 2015. No alcanzamos a producir 2 artículos por cada 100.000 habitantes. De acuerdo al análisis de Scimago, la producción de artículos en revistas del primer cuartil (Q1), que son los artículos de mayor relevancia científica, disminuyó de un 41% en el 2003 a un 27% en el 2013. Esta disminución se debió en mucha parte a las políticas equivocadas de Colciencias en la clasificación de las revistas colombianas al colocarlas al mismo nivel de las mejores revistas internacionales. Adicionalmente, la calidad de la producción científica ha disminuido y está lejos de los promedios mundiales con un 17% menos de citas que el promedio mundial. Esto también se ve reflejado en el Índice H que para Colombia es alrededor de 150 mientras que para Corea es 400, para Alemania 900 y para Estados Unidos es 1500.

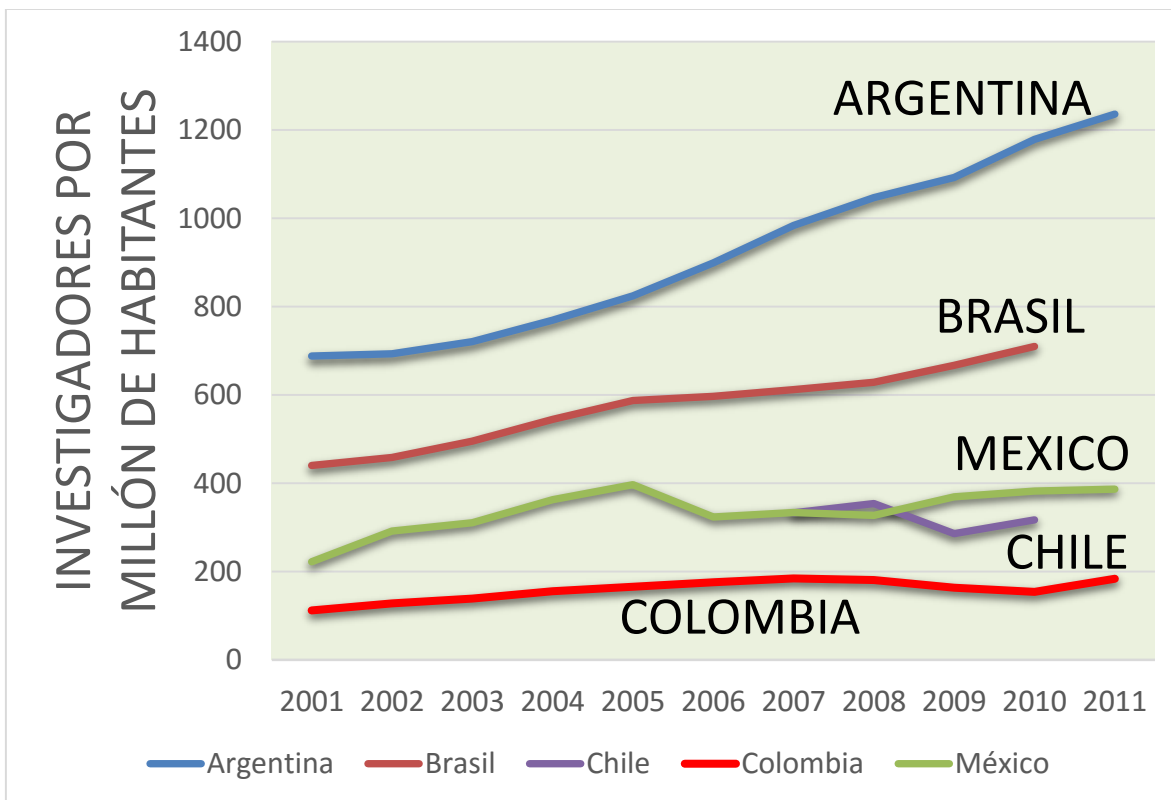


Figura 2. Comparación del número de investigadores Colombianos por millón de habitantes con los de algunos países de la región

Existen básicamente tres mecanismos para crear una universidad de investigación los cuales se mencionan brevemente a continuación.

- a. Por la unión de universidades existentes para formar una nueva. Este tipo de experiencias son escasas (un ejemplo reciente es la U. de Manchester en UK), por lo general primero se da un crecimiento cuantitativo de la institución.

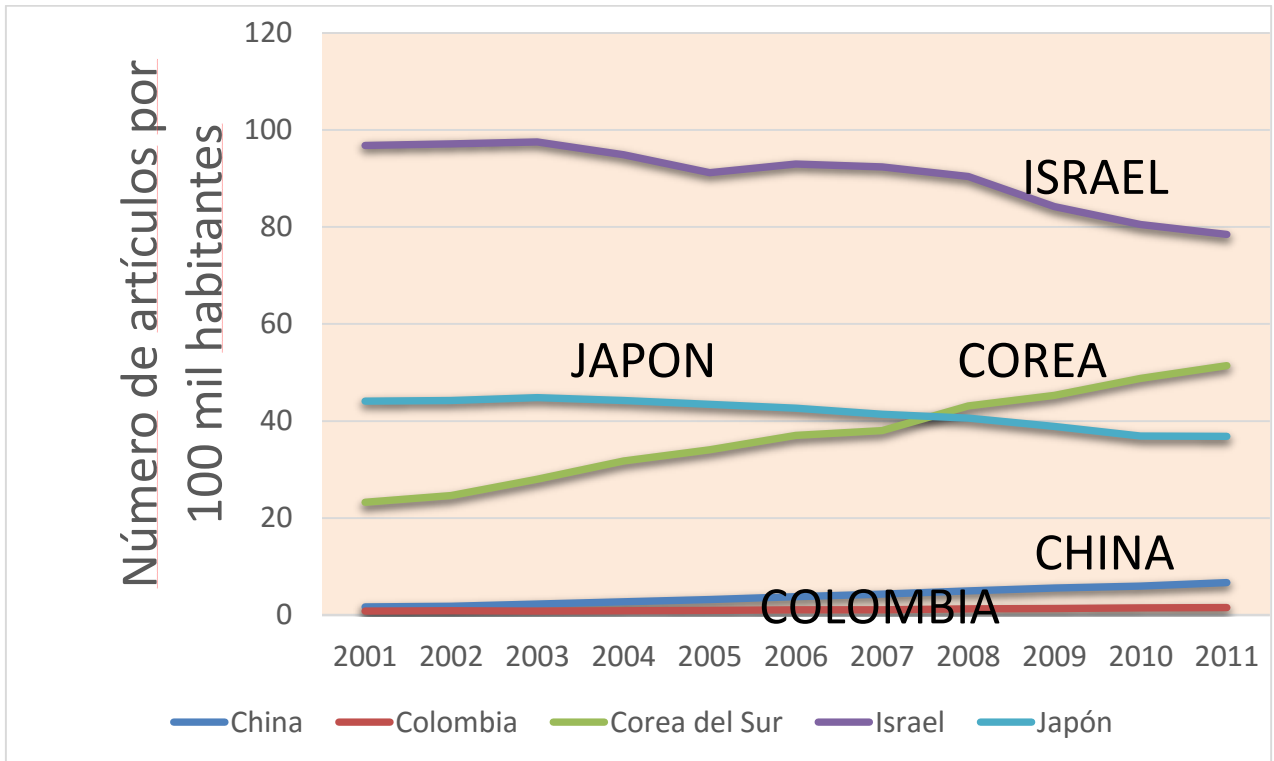


Figura 3. Publicaciones en revistas indexadas por cada 100.000 habitantes, comparación con países desarrollados

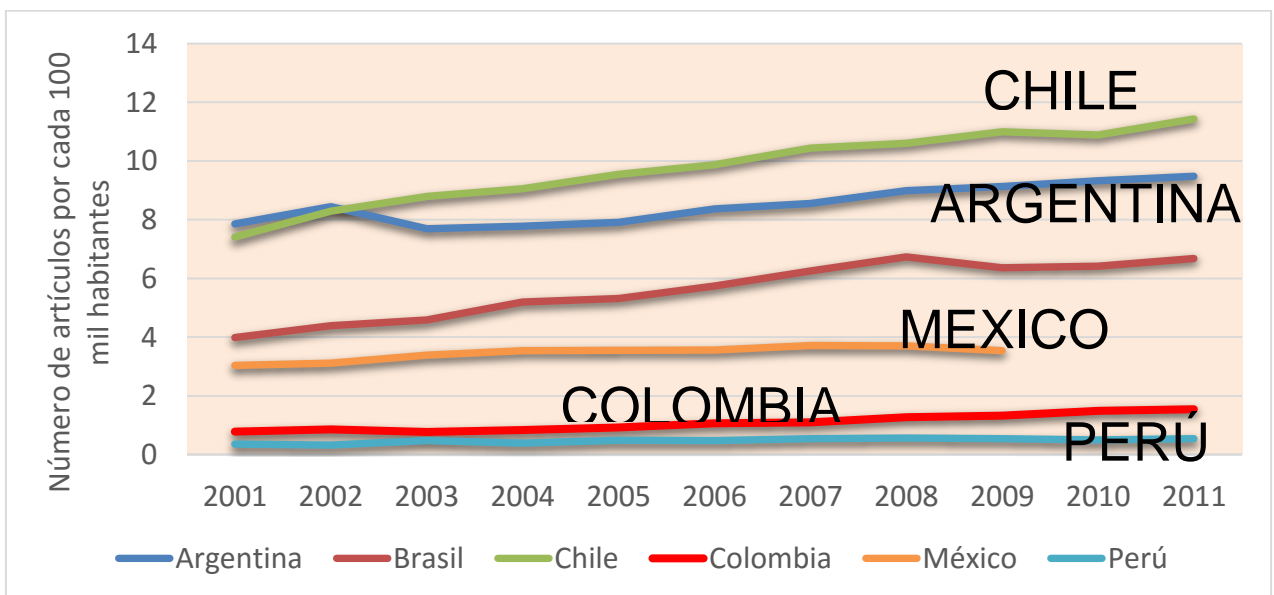


Figura 4. Publicaciones en revistas indexadas por cada 100.000 habitantes, comparación con países de Latinoamérica

- b. Lo más normal es que una universidad ya existente se potencie y se cualifique en la categoría de universidad de investigación. Esta aproximación tiene el gran inconveniente relacionado con el cambio de la cultura de las personas que trabajan en la institución, usualmente se presenta bastante oposición debido a las altas exigencias que hay que cumplir para que la universidad llegue a ser de clase mundial.
- c. La tercera opción es crear nuevas universidades, es la mejor opción pero es mucho más costosa. En varios países se han creado universidades tecnológicas al estilo del MIT en USA. Esto es algo que han emulado varios países como Corea, China, Israel, Japón, Emiratos Árabes, Arabia Saudita, etc. Estas instituciones han sido bastante exitosas. Tienen la gran ventaja que desde el comienzo se colocan todas las normas de su funcionamiento.

Una opción que se podría considerar en Colombia diferente a las anteriores puede ser el desarrollo de universidades de investigación por un procedimiento híbrido en el que las universidades más importantes en investigación aporten recursos y científicos de los más altos estándares. El Estado en la modalidad de matching funds colocaría el triple de lo que coloca cada universidad. De esta manera se podrían crear universidades de investigación por regiones, por ejemplo: una para Bogotá y la región de los Santanderes y el Llano, una para Medellín y la zona cafetera, una para Barranquilla y la zona de la costa, y una para Cali y la zona sur del país.

Las universidades de investigación requieren de la financiación apropiada para poder concentrarse en las actividades de investigación. Este tipo de universidad tiene los científicos mejor capacitados, la mejor dotación en infraestructura y las mejores ofertas de carreras. Las universidades de investigación harán investigación básica y aplicada en todas las áreas del conocimiento y cooperarán con el sector privado. Trabajarán con base en agendas de investigación concertadas por los propios investigadores. Se espera un muy alto nivel de convergencia entre muchas disciplinas incluyendo las ciencias sociales, las humanidades y las artes. Las universidades de investigación deben ser escogidas por un panel de reconocidos científicos nacionales e internacionales. Las universidades de investigación son universidades de elite académica y científica. A través de un sistema de becas de alta calidad se seleccionarán los mejores estudiantes del país y se busca que lleguen muchos estudiantes extranjeros igualmente becados. Las universidades de investigación tendrán los mejores profesores de planta y profesores visitantes de otros países lo mismo que post doctorados institucionales, tendrán una producción de la más alta calidad en ciencias básicas, salud, ciencias sociales, humanidades, las artes y en ingenierías. Igualmente, tendrán las mejores aulas dotadas de la mejor conectividad regional, nacional y mundial. La clasificación de "universidad de investigación" es un término relativo para cada país. Serán las mejores en investigación y en la formación de pregrado y posgrado en un país. Debido a que las universidades de investigación son más costosas necesitamos que el nuevo sistema de ciencia y tecnología tenga su adecuada

financiación como premisa. Este debe ser el punto de partida. Si no hay financiación suficiente y sostenible a largo plazo ninguno de los otros puntos se puede desarrollar.

Para hacer atractiva la vinculación de científicos colombianos y extranjeros a las universidades de investigación se deben adaptar las estructuras internas de las universidades a estándares internacionales, flexibilizar los currículos de las carreras académicas y mejorar significativamente el nivel salarial de vinculación. En la universidad de investigación un alto porcentaje de los cursos de posgrado y buena parte de los cursos de pregrado se dictarán en inglés.

En una universidad de investigación la proporción entre los estudiantes pregrado/ posgrado fluctúa aproximadamente entre 2/1 y 1/2, con una contribución importante de la formación a nivel doctoral. Las otras universidades que no sean de investigación serán profesionalizantes acompañadas de actividades de investigación. Al igual que las universidades de investigación las profesionalizantes también recibirán financiación adecuada bajo el nuevo sistema que se adopte para el país. Esto quiere decir que la investigación no será su eje central de desarrollo.

Un aspecto importante en una universidad de investigación es que no hay elección popular de decanos ni del cuerpo directivo. Estas posiciones se designan por méritos académicos en concursos internacionales. De esta manera la universidad puede definir más fácilmente sus estrategias de desarrollo con altas exigencias de calidad. Estos puntos están asociados con el modo de gobernabilidad en este tipo de universidades.

En el nuevo sistema de ciencia y tecnología se incluirá explícitamente la formación de científicos en todas las áreas del conocimiento tanto en Colombia como en otros países de tal manera que en unos 10 años se pueda multiplicar por 10 el número de investigadores, esto es pasar de 180 a 1800 investigadores por millón de habitantes, esto en número absolutos a 2016 sería tener alrededor de 90.000 investigadores. Las universidades y los institutos nacionales de investigación serán los sitios donde trabajarán los doctores, magisters y profesionales que se formen estos programas. Con el tiempo, las empresas irán desarrollando centros de investigación donde tendrán cabida los doctores que se formen en las universidades.

2) Sobre los Institutos Nacionales de Investigación.

Los institutos nacionales de investigación cumplen un rol muy importante en el flujo del conocimiento hacia la sociedad. Estos institutos son de dos tipos, los de investigación básica y los de investigación aplicada. En una etapa inicial los institutos nacionales de investigación serán los entes encargados de dar asistencia científica, técnica y de desarrollo a las empresas que hoy existen en el país, principalmente las llamadas mipymes (micro, pequeñas y mediana empresa), las cuales son fundamentales para el desarrollo del sistema productivo Colombiano. Según la revista Dinero (2016), en Colombia existen alrededor de 2.500.000 empresas de las cuales el 94.7% son microempresas, 4.9% son pequeña y mediana empresa y 0.4% gran empresa. Las micro, pequeña y medianas empresas

generan el 67% del empleo en Colombia. Una observación muy importante es que el 30% de las mipymes está localizado en Bogotá, lo cual es un reflejo del desarrollo inequitativo del país.

Los institutos nacionales de investigación son estructuras fundamentales en el desarrollo de cada país. Los referentes en este tema son muchos, solo para mencionar algunos países donde existen institutos muy sólidos tales como Alemania, USA, Corea, Israel, Japón, Taiwán, Brasil, entre otros. Para entender la naturaleza del tipo de institutos que se plantean en esta propuesta se tomará como referente a EMBRAPA en Brasil, que es una institución para el agro fundada hace unos 40 años. Es una empresa-instituto dedicada a soluciones tecnológicas para mejorar la calidad de los productos del agro y aumentar su competitividad, dar soluciones tecnológicas para disminuir desequilibrios sociales apoyando con tecnología al pequeño productor. Tiene una planta de personal de cerca de 10.000 empleados de los cuales alrededor de 2300 tienen doctorado y unos 3000 tienen maestría trabajando en todos los temas del agro no solo en Brasil sino en varios países. EMBRAPA, tiene un presupuesto anual de 1200 millones de dólares aportados por el Estado Brasileiro, trabaja en todas las regiones de Brasil con 52 unidades que atienden las necesidades de investigación científica y tecnológica según la región donde estén ubicados. Este esquema de regionalización especializada ha sido altamente exitoso y le ha permitido a Brasil pasar de ser importador a ser un exportador de alimentos. Para Colombia, en la época del post-acuerdo, es fundamental potenciar las actividades de CORPOICA para que atienda el agro de manera similar en todas las regiones del país y que sea un instrumento que ayude a reducir la inequidad. En Taiwan existe el Industrial Technology Research Institute cuyo objetivo es investigación aplicada y servicios técnicos. Ha sido fundamental en la transformación de la industria intensiva en mano de obra en una industria de alta tecnología. Número de empleados: 5820, de los cuales 1400 son doctores y 3200 tienen maestría. En Alemania existe la Sociedad Max Planck que consta de 83 institutos en todas las áreas del conocimiento, tiene más de 5000 doctores dedicados a la investigación básica, es financiada en su totalidad directamente por el Estado (aproximadamente 1800 millones de euros anualmente). La internacionalización de la investigación en los institutos Max Planck es bastante amplia, reciben anualmente visitas de científicos de más de 50 países. Igualmente, existen en Alemania los centros Helmholtz para investigaciones de prioridad nacional y los institutos Fraunhofer que se concentran en la investigación aplicada y de desarrollo para la industria, en estos institutos de investigación aplicada el Estado financia alrededor del 40% de la investigación, el resto es con recursos de las empresas. En España, además de varios institutos nacionales, existe el Centro de Ciencias Sociales y Humanas, tiene más de 200 doctores y un presupuesto anual de 30 millones de euros

En Colombia un centro o instituto de investigación es una figura que ha existido desde hace casi 100 años. El gobierno de ese entonces de manera muy acertada seleccionó temas muy importantes para el desarrollo del país. Los primeros institutos fueron INGEOMINAS que data de 1916 y el Instituto Nacional de Salud creado en 1917. Posteriormente, entre 1960 y 1970 se crearon varios institutos algunos de los cuales existen hoy con diferentes nombres y con modificaciones en su estructura para hacer investigación, otros han desaparecido. Vale la pena resaltar la creación del Instituto Colombiano Agropecuario que

se transformó en lo que hoy conocemos como CORPOICA. Actualmente (2016), CORPOICA se está reorganizando administrativamente y se proyecta como el instituto colombiano de investigación de mejor futuro en Colombia con unos 130 doctores vinculados a su planta de investigadores y que espera llegar a los 300 doctores en 2018.

A pesar de que los institutos en Colombia impulsaron algunos sectores a través del conocimiento generado en el país, su efecto en el desarrollo del país ha sido muy limitado. Especialmente, debido a la falta de políticas claras y estratégicas de los gobiernos de turno para hacer un buen aprovechamiento de estas estructuras investigativas y de incentivos para la implementación de sus resultados en el sector productivo.

En 1994 se crearon en Colombia alrededor de 50 centros de desarrollo tecnológico (CDT), Con estos CDT se buscaba mejorar la interacción entre la universidad y las empresas. Posteriormente, en Colombia se han creado otras figuras como alianzas, centros de excelencia, corporaciones y más recientemente redes de investigación. Todas estas iniciativas han buscado mejorar la interacción universidad-empresa, teniendo de por medio el capital intelectual existente en las universidades. Muchos de los científicos de las universidades han participado y están participando en estas iniciativas siendo al mismo tiempo profesores de las universidades. Esto rápidamente conduce a situaciones de crisis, en parte por la no identificación de los investigadores con el instituto, alianza, centro, etc, ya que su vinculación laboral está en las universidades. Un buen número de los centros de desarrollo tecnológico, corporaciones y centros de excelencia creados para impulsar la investigación en Colombia ha desaparecido, otros se han convertido en empresas asesoras o consultoras y muy pocas en instrumentos de verdadero desarrollo de la industria colombiana. Muy a pesar de todos, estos esfuerzos para el desarrollo de la ciencia y la tecnología en Colombia fracasan porque no hay políticas claras para su sostenimiento en el mediano y largo plazo y porque la inversión en ciencia y tecnología es extremadamente baja lo cual se ve reflejado en los pobres resultados. Si no se hacen cambios fundamentales en políticas y en financiación seguiremos dependiendo de la venta de nuestras materias primas como simples “commodities” en el mercado mundial.

Los institutos que se plantean para el nuevo sistema de ciencia y tecnología de Colombia serán entes autónomos ubicados por fuera de las universidades, que dependiendo de su naturaleza atenderán las industrias del sector que hoy existen en Colombia, serán jurídicamente independientes con asignación presupuestal directa y con científicos, profesionales y técnicos adscritos directamente a cada instituto. Actualmente, en Colombia existen varios institutos, que según las necesidades que se determinen por un “Grupo de Pensamiento”, algunos de los institutos se potenciarán y otros se reorganizarán. Solo para mencionar dos institutos, el Instituto Colombiano del Petróleo (instituto privado que solo atiende las necesidades de Ecopetrol) que tiene 18 doctores y el Instituto de Caucho y el Plástico y solo 3 doctores, ambos con más de 20 años de existencia. Es imposible que un instituto de esta naturaleza logre impactar de manera significativa el sector. En el Valle del Cauca existe el centro internacional de agricultura tropical - CIAT, que es el centro de investigación con alrededor 70 doctores, la mayoría visitantes de otros países. Otros centros de excelencia que han existido en Colombia y que es importante mencionarlos son

FIDIC, CENIVAN, CEIBA y GEBIX con muy importantes resultados en formación de científicos y excelentes publicaciones internacionales en las mejores revistas científicas como Science, Nature, etc.

El modelo de “Instituto Nacional de Investigación” o “Centro de Excelencia” sólidos y robustos es una figura que ha dado excelentes resultados en otros países. Siguiendo estas experiencias, se recomienda que en el nuevo sistema de ciencia y tecnología quede explícito la creación de institutos nacionales especializados por sectores prioritarios, con una estructura que responda a las exigencias de competitividad nacional y mundial, y que se adecuen a las condiciones del país. En la época del post-acuerdo la regionalización atendida por estos institutos será fundamental para el desarrollo del país. Sólo para mencionar algunas opciones: Los Institutos Nacionales de Salud son un grupo de institutos llamados a tener una posición muy importante, el Instituto Nacional de Energía (tanto para energía renovable y fósil como para eficiencia energética), el Instituto Nacional para el agro (como se mencionó antes es un instituto fundamental para el desarrollo de las regiones en la época del post-acuerdo, CORPOICA sería el instituto llamado a tener este rol), un Instituto Nacional de Minería, una red de Institutos Nacionales para nuevos materiales, una red de Institutos Nacionales de Tecnologías de la Información, un Instituto Nacional de Oceanografía, Instituto de Movilidad e Infraestructura Vial, Instituto Nacional del Agua, Instituto Nacional de Artesanías, una red de Institutos Nacionales de Ciencias Políticas, Instituto Nacional de Ciencias Sociales Cualitativas y Cuantitativas, los anteriores son solo algunos ejemplos temas sobre los cuales se pueden desarrollar institutos.

Cada Instituto Nacional se organiza como una red de unidades flexibles de investigación que se definen según el sector y el tema del instituto, igualmente define en qué proporción sus grupos de investigación se concentran en ciencia básica, aplicada o de transferencia tecnológica al sector privado. Estos institutos trabajarán y desarrollarán temas con pertinencia regional y nacional pero de importancia mundial. Serán establecimientos que inicialmente tendrían una orientación directa desde el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. Inicialmente, y por un tiempo determinado (10-15 años) recibirán financiación total de parte del gobierno con vigilancia regular y estricta del cumplimiento de metas. En los institutos se tendrán científicos de diferentes áreas del conocimiento trabajando 100% de su tiempo en los problemas específicos del sector, apoyados con una excelente infraestructura de instalaciones físicas, de infraestructura de equipos (estado del arte) y por los profesionales que se requieran para desarrollar investigación avanzada en cada tema de su especialización. Los institutos deben tener sus propias unidades de vigilancia tecnológica, unidades de negocio (transferencia de tecnología) y mercadeo que les permitan proyectar sus servicios de investigación y desarrollo a la micro, pequeña, mediana y a la gran industria. A medida que su relación con la industria aumente, el apoyo del gobierno se empieza a suprimir de una forma gradual hasta que las empresas públicas y privadas lleguen a ser un aportante razonable a la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico que realicen los institutos. Dado que las empresas Colombianas son principalmente comerciantes de tecnologías desarrolladas en otros países, esta estrategia se debe planear muy bien, dando un tiempo suficiente para que las empresas se conviertan

en desarrolladoras de sus propias tecnologías. El Estado seguirá siendo el financiador total de la investigación básica, prerequisite de la investigación aplicada y de la innovación.

Dada la excelente dotación que tendrán los Institutos Nacionales de Investigación, estos podrán adelantar investigaciones doctorales en conjunto con las universidades, las cuales serán las que otorguen los títulos.

La existencia de institutos de investigación nacionales no descarta que en las universidades existan institutos de investigación internos en las diferentes áreas del conocimiento los cuales podrían ser las formas de interacción entre las universidades y los institutos de investigación nacionales.

3) Sobre los Parques Universitarios de Ciencia y Tecnología (PUCTI)

Los parques universitarios de ciencia tecnología e innovación tienen como propósito promover la industria del futuro de un país basada en el conocimiento generado en universidades y centros de investigación, son espacios que permiten el crecimiento económico y la competitividad global de un país. Son estructuras que le facilitan a un país materializar el retorno que hace en investigación científica y social. Un PUCTI es organizado y operado por universidades o por institutos de investigación de muy alta calidad. De acuerdo a la Asociación Internacional de parques de ciencia, un PUCTI es una organización manejada por profesionales especializados que tiene como propósito incrementar el bienestar de la comunidad promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de instituciones basadas en el conocimiento. Para lograrlo, los PUCTI promueven y gerencian el flujo de conocimiento y de tecnologías entre las universidades, institutos de investigación, compañías y el mercado. Al hacerlo facilita la creación y crecimiento de compañías basadas en innovación a través de procesos de incubación y spin-off. (www.iasp.ws). Existen varios nombres con los que se pueden identificar estas estructuras de un sistema de ciencia tecnología e innovación: PUCTI, parques de ciencia, parques de investigación, tecnópolis, centros de ciencia, centros de negocios de innovación y centros de tecnologías avanzadas, entre otros.

Los PUCTI se empezaron a desarrollar hace unos 60 años y hoy existen en el mundo más de 400 de estos parques. Para citar algunos casos documentados por la UNESCO, en China hay 80, en Francia 60, en Inglaterra 63, en Finlandia 24. Un ejemplo de la importancia de los PCTI se puede ver en la India, donde a comienzos de la década de los años 90 se estableció una red de PUCTI orientados al desarrollo de software con todas las facilidades de interconexión, incubación y mercadeo. Hoy la industria de software le representa a la India ingresos superiores al billón de dólares anualmente. Otro ejemplo de la importancia de los PUCTI es el caso de Corea en donde en el 2009 tenían unas 60.000 empresas en incubación en los PUCTI. Más recientemente se han empezado a crear parques de innovación social como el existente en el País vasco identificado como el "Social Silicon Valley". Esta es una iniciativa que podría ser de gran importancia para Colombia en la época del post-acuerdo. En los parques de innovación social se tiene una infraestructura para aplicar nuevas teorías y técnicas de gestión con el fin de dar respuesta de una manera innovadora a necesidades sociales de la región y del país.

Vale la pena resaltar algunos de los conocimientos adquiridos en los países con amplia experiencia en PUCTI. a) La primera sugerencia es que el país tenga una política clara sobre PUCTI, para esto es fundamental la existencia del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación. La interacción directa con los grupos de investigación es clave para el éxito de los parques. b) Los PUCTI han sido exitosos en las regiones que han tenido una clara orientación industrial. Se requiere que la industria nacional entienda el papel de los PUCTI en el crecimiento económico del país. En el caso de Colombia, debido a que las empresas son básicamente comercializadoras de tecnologías, la demanda de servicios tecnológicos es muy baja. c) Es necesario tener una masa crítica de personal altamente calificado. En esta parte la contribución de las universidades de investigación de clase mundial es fundamental. d) Se requiere disponer de infraestructura adecuada de comunicaciones, energía barata y buena disponibilidad y accesibilidad de espacio físico. e) Una actividad fundamental en los PUCTI es disponer de buena asesoría de expertos en propiedad intelectual, vigilancia tecnológica y transferencia de tecnología.

La experiencia con los parques universitarios de ciencia y tecnología en los países en vía de desarrollo no es muy clara. A pesar de existir algunos casos de éxito (la excepción), hay muchos parques con diferente tipo de problemas debido a la baja capacidad de innovación y al bajo aporte del sector privado a estos desarrollos. Hay reportes que indican que la mayoría de los PUCTI en los países en desarrollo no logran mostrar el impacto que han tenido estas estructuras en los países desarrollados. Los casos de éxito en los PUCTI han estado asociados con universidades de clase mundial donde los resultados de las investigaciones permiten hacer innovación pertinente para la región pero de relevancia para el mundo. Por esta razón, los PUCTI son considerados como un estadio avanzado en un sistema de ciencia y tecnología al cual se puede llegar después de tener el recurso humano requerido para este propósito.

4. Sobre el ente generador de política nacional en ciencia y tecnología: Ministerio de Ciencia y Tecnología

El nuevo sistema nacional de ciencia y tecnología debe considerar la creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología que trace las políticas de C&T&I del país teniendo como premisa la reducción de la inequidad usando el conocimiento desarrollado en las universidades e institutos nacionales de investigación para darle el mejor uso a nuestros recursos naturales. Igualmente, las políticas deben ser claras en la protección del ambiente. El ministerio debe propender por la investigación básica y la investigación para atender los problemas locales con planteamientos de interés global. Entre las bondades que tiene el establecimiento de un Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación para Colombia pueden mencionarse:

- a) Unificación de las políticas de investigación del país. Hoy existen muchos entes financiando investigación con diferentes normatividades.
- b) Establecimiento de interlocución directa con otros ministerios para la identificación y planeación de actividades de investigación.

- c) Interlocución directa con el Ejecutivo y con otros Ministerios para las definiciones presupuestales.
- d) Visibilidad internacional de la ciencia y la tecnología colombiana.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación debe coordinar el funcionamiento del sistema y de dos viceministerios que se concentren en la asignación objetiva, independiente y transparente de recursos. Un Viceministerio para la Investigación Científica para financiar becas y proyectos científicos de largo plazo, en el cual las evaluaciones serán realizadas por pares científicos para decidir sobre los concursos y las propuestas de investigación. El otro sería el Viceministerio de Innovación, Competitividad y Emprendimiento que financiará proyectos de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico tanto en el sector público como privado, las propuestas serán evaluadas por científicos e ingenieros de entidades públicas y privadas.

En el ministerio tendrían cabida investigadores de las universidades que serían designados y pagados por las universidades o por las Academias. Serán funcionarios que permanezcan en el ministerio y que no cambien con los gobiernos para poder garantizar la continuidad de las políticas de investigación. Es importante dejar plasmado en el nuevo sistema que las vicerrectorías de investigación de las universidades de investigación y los directores de los Institutos Nacionales de Investigación deben quedar representadas en el organismo asesor para la implementación de las políticas nacionales.

5. Sobre la creación de una cultura ciudadana de apoyo a la ciencia

Uno de los problemas más delicados que tiene que enfrentar la investigación y el desarrollo en Colombia es la muy poca cultura ciudadana en aspectos de ciencia, investigación, desarrollo tecnológico, innovación, emprendimiento, etc. Se desconoce qué es lo que hace un científico, la ciudadanía en general desconoce los resultados de las investigaciones que se realizan en las universidades y centros de investigación. Por otro lado, los funcionarios que toman decisiones sobre estos temas en entidades públicas y privadas tienen muy poca cultura científica. En general tenemos una inadecuada cultura científica para el desarrollo. Hoy en día se hace difusión de resultados de investigación principalmente en los periódicos, revistas y emisoras universitarias. Es necesario potenciar estas actividades de difusión para llegar a una población mucho más amplia. El Ministerio de Ciencia y Tecnología podría potenciar las actividades que hoy se adelantan y crear otros mecanismos de difusión de alcance nacional. Por ejemplo, se puede pensar en asocio con otros ministerios en tener un canal de televisión nacional para educación y para divulgación de los resultados de las investigaciones en las universidades y en los institutos nacionales de investigación.

Agradecimientos

El autor agradece las contribuciones escritas y verbales de científicos, académicos y empresarios. En la siguiente tabla aparecen los nombres de algunas de estas personas.

:

Yongsuk Jang – STEPI- Corea	Gabriela Delgado - UNAL
Silvia Restrepo – U. ANDES	Ivan Dario Agudelo – Parlamentario
Walter Steuhmer – Max Planck	Sabine Zimmermann – Max Planck
Enrique Forero – Academia de Ciencias	Rafael Molina - UNAL
Andrea Trepte – Max Planck	Jamil Salmi – Consultor Privado
Carlos Duque - UdeA	José Rocha - UdeA
Freddy Duitama - UdeA	Nora Restrepo - UdeA
Ivan Dario Velez - UdeA	Gloria Sanchez - UdeA
Hernan Jaramillo – U. Rosario	Michel Hermelin (q.e.p.d.) - EAFIT
Susana Fiorentino – U. Javeriana	Gonzalo Andrade - UNAL
Fabio Giraldo - UdeA	Diana López - UdeA
Farid Chejne - UNAL	Ljilubisa Radovic – Univ. Penn-USA
Juan Pablo Restrepo - EPM	Camilo Restrepo – Argos
Anselmo Escobar – Asesor Parlamentario	Uriel Navarro – Grace Co, USA
Eufrasio Guzman - UdeA	Andres Amell - UdeA