

# **Estado y dinámicas de los sistemas tecnocientíficos: el caso de los países de la Alianza del Pacífico**

**Iván Manuel De la Vega Hernández**

**Iván Manuel De la Vega Hernández**

Doctor en Ciencias, Mención Estudios Sociales de la Ciencia. Magíster en Política y Gestión de la Innovación Tecnológica. Sociólogo. Actualmente es profesor-investigador en CENTRUM Católica Graduate Business School, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Las comunicaciones con el autor pueden dirigirse a:

Pontificia Universidad Católica del Perú

Jr. Daniel Alomía Robles 125-129,

Los Álamos de Monterrico,

Santiago de Surco, Lima 33, Perú

E-mail: [idelavega@pucp.edu.pe](mailto:idelavega@pucp.edu.pe)

Web: <http://centrum.pucp.edu.pe/profesores/ivan-de-la-vega/>

## **Estado y dinámicas de los sistemas tecnocientíficos: el caso de los países de la Alianza del Pacífico**

*Un indicador diferencial entre los países centrales, los emergentes y los periféricos, es la importancia que cada uno de esos tres grupos le asignan a la función Investigación y Desarrollo más innovación (I+D+i). Los países avanzados han basado su estrategia para progresar en la construcción de sistemas tecnocientíficos sólidos. Articular un tejido socio-institucional que genere interacciones dinámicas entre los actores sociales dirigidas a mejorar el nivel y calidad de vida de la población requiere de estadios de desarrollo transformacionales sostenibles. El propósito de la investigación es analizar el esfuerzo de los países que integran la Alianza del Pacífico en políticas públicas de I+D+i. Se examina el estado y las dinámicas de Chile, Perú, Colombia y México en esta materia, en una ventana de tiempo de tres décadas. La metodología empleada requirió del diseño y elaboración de estadísticas e indicadores provenientes de los manuales internacionales y del Web of Science, se compararon los sistemas tecnocientíficos de gobernanza de los países evaluados, se seleccionaron modelos teóricos explicativos y se realizaron búsquedas de información especializada utilizando descriptores en bases de datos para la sustentación teórico-conceptual. El resultado de mayor relevancia se refiere al limitado crecimiento de los sistemas tecnocientíficos de los países seleccionados.*

**Palabras clave:** Política de Investigación y Desarrollo; Ciencia y Tecnología; Innovación Administrativa; Chile; Colombia; México; Perú; Análisis Comparativo

### **Status and Dynamics of the Techno-Scientific Systems: the Case of the Pacific Alliance Countries**

*A differential indicator among the central, emerging, and peripheral countries is the importance that each one of these three groups of nations assigns to the function Research and Development plus innovation (R&D+i). The advanced countries have based their progress strategy on the construction of solid techno-scientific systems. Articulating a socio-institutional fabric that generates dynamic interactions between the social actors aimed at improving the level and quality of life of the population, requires sustainable transformational development stages. The purpose of the research is to analyze the efforts of the countries that constitute the Pacific Alliance in public policies for R&D+i. The state and the dynamics of Chile, Peru, Colombia and Mexico in this field are examined in a time window*

Recibido: 20-11-2017. Aceptado: 07-02-2018.

Una diferencia clave entre los países avanzados y los periféricos es la capacidad tecnocientífica acumulada, en gran parte, gracias al proceso de “aprender investigando” que amplía la frontera del conocimiento.

*of three decades. The methodology used is based on the construction of statistics and indicators; the techno-scientific governance systems of each country are compared; the Manuals of International Standard Indicators are reviewed; explanatory theoretical models are selected and specialized information searches are carried out, using descriptors in the Web of Science for the theoretical-conceptual support. The result of greater relevance refers to the limited growth of the techno-scientific systems in the selected countries.*

**Key words:** Research and Development Policy; Science and Technology; Administrative Innovation; Chile; Colombia; Mexico; Peru; Comparative Analysis

### Introducción

El estatus de país desarrollado se gana aplicando una estrategia basada en la implantación de un tejido socio-institucional sólido en materia de ciencia, tecnología e innovación y su derivación en lo que se conoce como la función I+D+i. El proceso de cambio de una sociedad tradicional a una moderna (industrialización) requiere del fortalecimiento de las capacidades tecnocientíficas mediante el aprendizaje y conversión de las mismas en procesos, productos y servicios innovadores (Kim y Nelson, 2013).

Una diferencia clave entre los países avanzados y los periféricos es la capacidad tecnocientífica acumulada, en gran parte, gracias al proceso de “aprender investigando” que amplía la frontera del conocimiento. Por el contrario, los países en desarrollo crean su capacidad tecnocientífica basada en el proceso de imitación que supone el “aprender haciendo”. En esa línea, el grupo denominado BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica) además de países como Corea del Sur, Taiwán y Singapur, y sus teóricos mercados fronterizos, han aprovechado las ventanas de oportunidad para ir ganando cuotas de mercado regionales y globales. Incluso se señala que estos países serían los más beneficiados y algunos como China podrían situarse al frente del pelotón (*The Global Competitiveness Report Preface, 2017-2018*, ver Schwab, 2017). Este grupo de países ha cerrado brechas de conocimiento en ventanas más cortas de tiempo, logrando industrializarse transitando del “aprender haciendo al aprender investigando” (Pérez, 2010).

El hecho de lograr gestionar el cambio continuo de forma exitosa ha pasado a ser un factor crítico de éxito en momentos en los que las tecnologías emergentes radicales marcan el camino de la denominada cuarta revolución industrial (WEF, 2017). No obstante,

un grupo de especialistas han demostrado que estamos frente a la quinta revolución tecnológica (Pérez, 2010) e incluso otros ya plantean que estamos frente a la sexta revolución tecnológica (Šmihula, 2009). Independientemente del modelo utilizado para determinar en qué patrón de desarrollo nos encontramos, el telón de fondo de esta discusión centra su atención en el avance tecnocientífico entendido como una espiral de conocimiento que involucra a la función Investigación más Desarrollo más Innovación (I+D+i) bajo un nuevo concepto en el sentido que el centro de gravedad puede estar en cualquiera de los componentes (conocimiento básico, desarrollo tecnológico o desde la innovación (De la Vega, 2017a).

Las innovaciones radicales como “La Internet de todo” (de las cosas) que impacta a múltiples esquemas de trabajo que están quedando trascendidos, la inteligencia artificial de última generación que está cambiando, entre otros aspectos, el patrón tecnológico hacia las denominadas fábricas inteligentes, junto a la transformación digital de la industria, el uso de Big Data, la nube (*cloud computing*) y la ciberseguridad que impactan a los territorios y ciudades inteligentes (Joyanes, 2017), forman parte de un cuerpo de tecnologías emergentes transformacionales de alto calado. Este nuevo paradigma tecnocientífico queda marcado por las denominadas NBIC. Estas se refieren a la convergencia tecnológica conformada por la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de información y las ciencias cognitivas y, a partir de ese primer encuadre fundacional, han ido surgiendo derivaciones tecnológicas innovadoras que esencialmente se desarrollan en países centrales pertenecientes a la Tríada<sup>1</sup>. Ese tsunami tecnocientífico que está en progreso se vislumbra como el salto cualitativo de mayor importancia en la historia de la humanidad (Roco, 2016).

Lo cierto es que vivimos en medio de una fase final transicional de dimensiones colosales que no es ni sincrónica ni equivalente para todos (Castells, 2014). Los ritmos de crecimiento de los países presentan diferencias. Esas asimetrías están asociadas al proceso de globalización que avanza causando turbulencia en las economías. Los países más afectados son los de menor desarrollo (periféricos) que, precisamente por esa circunstancia, no han podido adaptarse al ritmo mínimo requerido para incorporarse al conjunto de cambios cualitativos que están en proceso (De la Vega, 2017b).

Al hablar de países de menor desarrollo anclados en América Latina, se centra el estudio específicamente en los que conforman

la Alianza del Pacífico. Esa iniciativa nació como un proyecto para integrar económicamente a Chile, Colombia, México y Perú con el fin de “cumplir con el objetivo de construir, de manera participativa y consensuada, un área de integración para avanzar progresivamente hacia la libre circulación de bienes, servicios, capitales, personas y economía, con la idea de impulsar un mayor crecimiento, desarrollo económico y competitividad de las economías de sus integrantes, con miras a lograr mayor bienestar, superar la desigualdad socioeconómica e impulsar la inclusión social de sus habitantes” (Acuerdo Marco de la Alianza del Pacífico, 2012).

El presente estudio tiene como propósito examinar a los cuatro países que conforman la denominada Alianza del Pacífico, desde una perspectiva comparativa, con el fin de establecer las trayectorias de sus sistemas tecnocientíficos en una ventana de tiempo de tres décadas. Se busca proporcionar elementos de aproximación con la finalidad de examinar el estado y las dinámicas de cada uno de ellos.

### **Modelos teóricos y sistemas tecnocientíficos**

El tránsito inexorable hacia una sociedad global del conocimiento marca el punto de ruptura de los estados nación como concepto. No obstante, ese proceso está generando asimetrías en las que las periferias no han sido capaces de incorporarse de forma adecuada a los nuevos patrones de desarrollo marcados por la *Big Technoscience* (De la Vega, 2017a). Ulrich Beck ha denominado este proceso como la sociedad del riesgo (Beck, 2002). Cada país tiene sus propias dinámicas y correlación de fuerzas entre sus actores sociales. Eso significa que el grado de articulación funcional es lo que coloca a cada uno de ellos en el vector correcto de desarrollo (De la Vega, 2009). Por ende, los agentes de cambio pueden acelerar o aminorar el progreso dependiendo de la capacidad tecnocientífica, además de los otros factores socioeconómicos, políticos y culturales que se requieren para tal fin.

Al examinar los modelos (en algunos casos enfoques) más citados en la literatura especializada se encuentra que todos le atribuyen un alto grado de importancia a la capacidad de articulación entre los actores para que un país pueda progresar.

En ese sentido, en orden cronológico se puede indicar que el enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) de Freeman (1987) y su posterior derivación en los Sistemas de Innovación (SI) es uno de los más utilizados en el mundo y específicamente en

América Latina es el de mayor aplicación. Por su parte, en Europa predomina el modelo de la Rosa de los Vientos de la Investigación de Callon y su equipo (1995) y el de la Triple Hélice del Desarrollo (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997; Etzkowitz, 2008). Este último modelo ya ha incluido dos nuevas hélices y se denomina quintuple hélice de la innovación (Carayannis ...[et al], 2012). En esta línea se han incorporado, además de los actores ya conocidos como las universidades, la industria y el gobierno, a la sociedad civil (cuádruple hélice) y a la socio-ecología (quintuple hélice) como nuevos campos de exploración y de interacción. Específicamente en Alemania, por las características particulares de su tejido socio-institucional en I+D+i, aplica el modelo conocido como la arena de la innovación de Kuhlmann (1998). Este autor planteó en 2016 que los nuevos escenarios evolucionan hacia la investigación y la innovación (I+I) en materia de políticas estratégicas como parte del cambio transformacional de envergadura que se vive actualmente (Van Oost ... [et al], 2016).

Con esfuerzos teórico-conceptuales de esta envergadura se generó una prolífica discusión y los postulados iniciales evolucionaron hacia nuevas aproximaciones explicativas, sin que ello implique la existencia de consensos globales. Un estudio de relevancia que se debe tomar en cuenta por sus implicaciones en materia de nueva producción de conocimientos es el del equipo de Gibbons (1997). Incluso, una nueva revisión fue realizada por Nowtny, Scott y el propio Gibbons en 2003. Este equipo de trabajo realizó un aporte de significancia a fines del siglo pasado, examinando y reconfigurando los nuevos escenarios de aproximación explicativa al hablar del Modo I (tradicional) y el Modo II (nuevas interacciones) en el mundo de la ciencia. Llama la atención que estos aportes han sido diseñados en los países avanzados. Eso significa que las condiciones, en cuanto a funcionamiento institucional, como en materia cultural, legal, fiscal, económica, social, política, ambiental y tecnocientífica, son consideradas como procesos ya incorporados al tejido socio-institucional de esos países y por ende cuentan con curvas de aprendizaje que han sido superadas. Incluso, ya otros especialistas introdujeron el Modo III como una nueva evolución de ese enfoque. Éste plantea y enfatiza la convivencia y la co-evolución de diferentes paradigmas de conocimiento e innovación que se traduce en mayor competitividad y superioridad de los sistemas de conocimiento (Carayannis y Campbell, 2009).

**En países como los que integran la Alianza del Pacífico se han generado esfuerzos por caracterizar el tipo de actores y sus relaciones para intentar comprender sus patrones de desarrollo.**

**La generación de conocimiento no es un asunto científico-académico, sino un fenómeno social de amplio alcance, una fuerza productiva objeto de comercialización y en la que las fronteras entre la CyT y la industria se han difuminado.**

En países como los que integran la Alianza del Pacífico se han generado esfuerzos por caracterizar el tipo de actores y sus relaciones para intentar comprender sus patrones de desarrollo. Específicamente en la región de América Latina existen estudios que han intentado explicar esas interacciones e, incluso, se ha generado conocimiento en la línea de medir su grado de aplicación (Arocena y Sutz, 2006).

Sobre el pensamiento latinoamericano en materia de ciencia, tecnología y sociedad existe una prolífica producción de trabajos que, en la mayoría de los casos, han intentado reproducir los modelos provenientes de los países centrales. En las últimas tres décadas ha surgido una corriente dirigida a replantear esta situación proponiendo nuevos enfoques para generar análisis comprensivo sobre estos temas y entender las particularidades de cada país (ver entre otros: Ávalos, 1992; Oro y Sebastian, 1993; Arocena y Sutz, 2000; Cervilla, 2001; Peña-Cedillo, 2001; Sagasti, 2011).

En el nuevo marco de alta complejidad, marcado por el tránsito hacia la sociedad global del conocimiento, emerge un nuevo paradigma que “tiende hacia la idea de que la generación de conocimiento no es un asunto científico-académico, sino un fenómeno social de amplio alcance, una fuerza productiva objeto de comercialización y en la que las fronteras entre la CyT y la industria se han difuminado” (Echeverría, 2003).

En países como los que integran la Alianza del Pacífico, la cultura y la educación juegan un papel clave para comprender su posición regional/global en cuanto al nivel de desarrollo en el que se encuentran. La capacidad de interlocución de la sociedad marca la diferencia en cuanto a lo que se refiere a progresar sostenidamente (Sagasti, 2011).

Si bien no existe un consenso global sobre lo que significa la tecnociencia, en este estudio se utiliza la definición introducida por la comunidad interdisciplinaria de estudios de ciencia, tecnología y sociedad que designa el contexto social y tecnológico de la ciencia y su relación con la innovación en un proceso de espiral de conocimiento (De la Vega, 2017a). Asimismo, se emplea el término referido a los sistemas tecnocientíficos y se usa el modelo de la quintuple hélice de la innovación (Carayannis ...[et al], 2012) para explicar las interacciones dinámicas en los distintos sistemas y subsistemas de conocimiento. En esa línea, se entiende como el tipo de red de relaciones requeridas entre los actores sociales en el marco de la sociedad global del conocimiento que utilizan de forma transversal el conocimiento proveniente de las actividades tecnocientíficas.



**Para países periféricos no es posible trasladar miméticamente los modelos de países centrales. Las estructuras, capacidades y procesos son distintas en cuanto a generación y uso de conocimiento y cerrar esas brechas de conocimiento es complejo.**

Estudios han demostrado que para países periféricos, como es el caso de este estudio, no es posible trasladar miméticamente los modelos de países centrales. Las estructuras, capacidades y procesos son distintas en cuanto a generación y uso de conocimiento y cerrar esas brechas de conocimiento es complejo. El nuevo patrón tecnológico agrava, aún más, esa situación debido a que la *Big Technoscience* requiere de mayor inversión infraestructura y personal altamente cualificado (De la Vega, 2009).

En la Tabla 1 se presenta un análisis estadístico comparado de los sistemas tecnocientíficos en los que se confronta a los países de la Alianza del Pacífico con los cuatro países que poseen los sistemas tecnocientíficos de mayor peso mundial. El criterio para establecer el orden, es el referido al total de *papers* en el Web of Science (WoS) para el año 2016.

**Tabla 1**  
**Sistema de Indicadores Tecnocientíficos: Top Mundial y Alianza del Pacífico**

	País	Población en millones	Gasto en +D como porcentaje del PIB	Total de graduados en el primer nivel universitario	Total de Doctores graduados	Total de científicos	Paper WoS (2016)	Patentes Aplicadas	Patentes Otorgadas
Top Mundial	EUA	323	2,8%	1.601.368	67.716	1.351.903	572.301	571.612	277.835
	China	1.378	2,1%	5.436.786	54.891	1.619.027	332.332	825.136	207.688
	Japón	126	3,5%	559.540	16.039	895.285	95.589	328.436	260.046
	Alemania	82	2,9%	ND	29.218	603.911	137.460	66.893	14.795
Alianza del Pacífico	Colombia	48	0,28%	178.379	466	16.127	5.472	2.085	1.724
	Perú	31	0,11%	73.914	758	3.737	1.560	1.287	332
	Chile	18	0,38%	82.892	685	9.801	10.307	4.816	1.398
	México	121	0,53%	413.201	5.758	83.641	16.844	3.017	12.330

Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología - RICyT (2017) y OCDE (2017).

Nota: las estadísticas se refieren al año 2015 o, en su defecto, al último año publicado en los reportes. Las diferencias reflejan el diferencial en los vectores de conocimiento y la posición de países centrales y periféricos.

**El modelo lógico analítico aplicado utiliza indicadores de inputs, proceso y outputs:**

**Indicadores de contexto (inputs).** Población total por país. Permite entender la evolución demográfica de cada territorio y correlacionar estadísticas a distintas escalas. En este caso China es el país con la mayor población mundial, superando en más de mil millones de personas al segundo país de la Tabla 1 que sería EUA. Chile es el país con menor población con alrededor de 18 millones de habitantes. Este indicador es utilizado en la función I+D+i para establecer investigadores por millón de habitantes, con esa proporción Japón pasa al primer lugar en el Top Mundial y Chile en la Alianza del Pacífico.

**Indicadores de recursos financieros destinados a la I+D+i (inputs).** Sirve como punto de partida para medir los esfuerzos de cada Estado, en cuanto a inversión en generación de nuevo conocimiento que permita desarrollar capacidades y, por ese vía, ayudar a resolver problemas. Cada PIB es distinto con lo cual el indicador sólo mide el esfuerzo (porcentaje de inversión) de cada país. En la Tabla 1 se observa el umbral que marca la diferencia entre desarrollo y subdesarrollo. Si bien Japón con 3,5% es el único que rompe la "barrera" del 3% y Alemania se posiciona segunda con 2,9%, superando de esa manera a EUA con 2,8% y a China con 2,1%. Estos dos últimos países cuentan con los mayores PIB del mundo y eso significa que si bien los superan en el porcentaje, no así en inversión real por el tamaño de sus economías. Estos cuatro países superan la recomendación de los organismos multilaterales (UNESCO y OCDE) que establecen para los países centrales invertir como mínimo un 2% de su PIB en I+D+i para que su estrategia sea sostenible. Esos mismos organismos exhortan a los países periféricos que como mínimo inviertan el 1% de su PIB en esas actividades. El resultado es claro para los países de la Alianza del Pacífico que están muy por debajo de lo esperado. Incluso, México es el único que supera ligeramente el 0,5% y eso implica que existe una brecha de carácter significativo entre unos y otros.

**Indicadores de los sistemas educativos de pregrado y postgrado (nivel de doctorado) (proceso).** Se entiende que del proceso de formación educativa de todo el sistema derivan las comunidades de científicos y tecnólogos. Las estadísticas de graduados en pregrado y postgrado en sus distintos niveles (especialización, maestría, doctorado e incluso

postdoctorado) por año muestran las capacidades de cada país para estimar el número probable de científicos en un tiempo dado. China cuenta con el mayor número de graduados en pregrado y recientemente pasó a ser el primero en número de científicos, lo que significa que dominará el escenario de aquí en adelante en producción de nuevos conocimientos. Le sigue EUA y a mayor distancia Japón y Alemania. Nuevamente la brecha es inalcanzable para los cuatro países de la Alianza del Pacífico.

**Indicadores de productos (outputs).** Se mide la producción de artículos en el Web of Science (WoS) y la de patentes (Organización Mundial de Propiedad Intelectual - OMPI). Estos son los indicadores de mayor relevancia, ya que reflejan la parte final de la cadena con productos tangibles. Aquí EUA es el líder mundial y con un diferencial de población menor a China que lo supera en más de mil millones de personas. Japón y Alemania siguen a los dos gigantes a una distancia considerable. Por su parte, los cuatro países de la Alianza del Pacífico cuentan con una productividad ínfima que, por ejemplo frente a los EUA, queda reducida a un porcentaje en cuanto a artículos científicos publicados en el WoS de: México 2,9%; Chile 1,8%; Colombia 0,9%; y Perú 0,2%.

En la Tabla 2 se presentan 10 factores sobre lo que se denomina cadena de valor de los sistemas tecnocientíficos.

**Tabla 2**  
**Factores que inciden en la cadena de valor de los sistemas tecnocientíficos**

<b>Factores</b>	<b>Países centrales (Top Mundial)</b>	<b>Países periféricos (Alianza del Pacífico)</b>
<b>Políticas de apoyo de CyT</b>	Mediano y largo plazo	Contradictorias y de corto plazo
<b>Gasto en CyT como porcentaje del PIB</b>	Más del 2% del PIB (Japón 3,6%; Alemania 2,9%; USA 2,87%; China 2,1%)	Menos del 1% del PIB (México 0,53%; Chile 0,38%; Colombia 0,28%; y Perú 0,11%)
<b>Fuentes de financiamiento CyT</b>	USA: 62% industria y 38% Gobierno	85% gobierno y 15% industria (aprox.)
<b>Infraestructura, equipos e insumos para I+D</b>	Gran desarrollo en todas las áreas del conocimiento, última tecnología en equipos, insumos necesarios	Bajo desarrollo en las áreas del conocimiento, rezago tecnológico, pocos recursos financieros, debilidad en los insumos

Factores	Países centrales (Top Mundial)	Países periféricos (Alianza del Pacífico)
<b>Sistemas de remuneración, valoración de grados y trayectoria</b>	Acordes con formación y experiencia (un post-doctorante devenga un sueldo similar o mayor al de un profesor-investigador <i>senior</i> de un país en vías de desarrollo)	Cerca de un 50% menos que los países desarrollados en el mejor de los casos (Chile)
<b>Reconocimiento</b>	El investigador es percibido como un individuo útil por parte de la sociedad	La sociedad no interpreta como útil el trabajo de los investigadores. Escasos sistemas de premiación e incentivos
<b>Acceso a información</b>	Grandes facilidades para obtener la información, entendida como la base del conocimiento	Poco apoyo y retraso en los recursos para bibliotecas, sistemas de información, etc.
<b>Funcionamiento organizacional para captar talento y mantener planes</b>	Políticas de captación bien definidas y se consideran la clave del éxito	Debilidad en las políticas, planes, programas y mecanismos para captar, mantener y actualizar investigadores
<b>Ubicación laboral / mercado de empleo</b>	Los científicos y tecnólogos se ubican en más de un 60% en la industria	Los científicos y tecnólogos se ubican en un 90% en las instituciones académicas
<b>Enfoque de la función Investigación más Desarrollo más innovación (I+D+i)</b>	Enfoque interdisciplinario, relacionado al contexto de las aplicaciones, trabajos colaborativos en red global, participación de múltiples actores	Enfoque en alto grado disciplinar, orientado al laboratorio, baja colaboración, el trabajo de los pares es la línea a seguir

Fuente: De la Vega (2005, actualizada en 2017).

En la Tabla 2 se aprecian las grandes brechas que existen entre los sistemas tecnocientíficos de los países centrales y los periféricos. En los factores identificados se observan las asimetrías que, fundamentalmente, parten de la poca valoración que le dan las sociedades de menor desarrollo a las actividades de CyT y la baja incidencia e incentivos que tienen los sistemas educativos para fomentarlas.

El modelo lógico se inicia tomando en cuenta los tres primeros factores. En relación con esto, la toma de decisiones en materia tecnocientífica se refiere al diseño de las políticas públicas, el financiamiento y a los actores que otorgan esos fondos. En esta primera fase crítica para el éxito (o fracaso) de estas actividades entender el diferencial

**Uno de los problemas críticos que incide en el adecuado funcionamiento de estos factores es el referido a los fondos mínimos necesarios para que se pueda construir el tejido socio-institucional requerido para que estos complejos sistemas funcionen de forma sostenible.**

**Los sistemas tecnocientíficos de los países de la Alianza del Pacífico tienen debilidades y una razón clave es que se implantaron más tarde que en los países centrales que ya tenían tiempo trabajando de forma estructurada en estos temas.**

entre el Top Mundial y los países de la Alianza del Pacífico es clave para comprender el resto de la cadena.

Los siguientes tres factores se refieren a la infraestructura, equipos y en general a los insumos requeridos para realizar la investigación de punta que se exige en la actualidad para estar en la cresta de la ola del conocimiento. En esa línea entran los sistemas de remuneración y el reconocimiento del personal tecnocientífico de los países. Uno de los problemas críticos que incide en el adecuado funcionamiento de estos factores es el referido a los fondos mínimos necesarios para que se pueda construir el tejido socio-institucional requerido para que estos complejos sistemas funcionen de forma sostenible.

Los últimos cuatro factores se refieren a aspectos que dependen de la acertada toma de decisiones para que funcionen. Cuando Carayannis ...[et al] (2012) plantea el modelo de la quintuple hélice de la innovación y lo relaciona con la generación de un círculo virtuoso que se basa tanto en la circulación del conocimiento general, como en pequeñas espirales en cada ámbito de acción, se está refiriendo precisamente a una alta articulación de conocimiento técnico basado en la I+D+i. El propósito es innovar en los distintos sistemas y por esa razón los actores requieren de interacciones dinámicas. Para lograrlo el acceso a la información, el funcionamiento organizacional, junto al empleo de calidad en los distintos actores, además del enfoque hacia las agendas de innovación, son las vías adecuadas para que la cadena de valor logre las metas. La evidencia es clara entre unos y otros. Por esa razón se examina a mayor profundidad los sistemas tecnocientíficos de los países de la Alianza del Pacífico.

### **Una mirada desde los sistemas de gobernanza y los indicadores de I+D+i**

Los sistemas tecnocientíficos de los países de la Alianza del Pacífico tienen debilidades y una razón clave es que se implantaron más tarde que en los países centrales que ya tenían tiempo trabajando de forma estructurada en estos temas.

Desde el punto de vista del reconocimiento de las políticas públicas en Chile, Perú, Colombia y México, el punto de partida sería la creación de sus Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología (ONCyT) o equivalente. Los países de la Alianza del Pacífico han creado normativas y han intentado fortalecer los marcos institucionales en este nuevo siglo decretando leyes y reglamentos: México en 2001, Perú en 2001, Chile en 2005 y Colombia en 2009 (Castillo, 2016).

Al examinar en detalle cada sistema de gobernanza en materia tecnocientífica de los países que conforman la Alianza del Pacífico se aprecian con claridad los esfuerzos organizativos de cada uno de ellos y, a partir de ese marco, se coteja con los indicadores el grado de cumplimiento de las directrices. Eso permite evaluar el estado y las dinámicas comparando los resultados.

Al analizar la Tabla 3 se encuentra una serie de ítems que permiten cruzar transversalmente a los cuatro países bajo estudio. Se busca evaluar la eficacia y la calidad de las políticas, planes, estrategias, programas e instrumentos diseñados y aplicados por los gobiernos en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de la población y por esa vía medir o estimar el grado de legitimidad que logran con esas medidas a todo nivel (local, regional, nacional, continental y globalmente). En una evaluación de esta naturaleza, se parte de la premisa que los gobiernos elegidos de forma democrática poseen una legitimidad de origen obtenida, en gran medida, por la aprobación que suscita programa de gobierno en el que destaca qué se pretende hacer y cómo se realizará. En esa línea, los sistemas tecnocientíficos tienen gran relevancia debido a que forman parte de los ejes transversales en el que los gobiernos se apoyan para resolver problemas.

**Tabla 3**

**Análisis comparativo de los sistemas tecnocientíficos de gobernanza de los países integrantes de la Alianza del Pacífico**

	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>	<b>México</b>
<b>Estructura organizativa</b>	Las competencias del Estado en materia de ciencia y tecnología se localizan principalmente a nivel nacional, aunque también los gobiernos regionales cuentan con organismos en la materia. El gobierno nacional concentra los principales organismos de formulación de políticas, dirección y coordinación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está encabezado por el Presidente de la República asesorado por el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad y el Comité de Ministros para la Innovación.</li> <li>• Está trabajando en un proyecto de ley para crear el MCyT.</li> <li>• Vincula una política amplia de fomento a la innovación y la infraestructura de CyT básica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El modelo CTI de políticas se estructura desde el Estado.</li> <li>• En el Plan de CTI se busca que la CTI sea el soporte para la innovación.</li> <li>• Se está avanzando hacia la vinculación entre las entidades territoriales y la estructura de CTI para responder a las problemáticas sociales.</li> </ul>	El modelo de CyT para la generación de políticas se estructura en los niveles federal y estatal. El primero concentra los principales organismos de formulación de políticas, dirección y coordinación. Presenta un enfoque basado en la sociedad del conocimiento y en el fomentarlo como motor del desarrollo. Destaca la importancia de desarrollo científico, tecnológico y la innovación para el progreso económico y social sostenible.

	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>	<b>México</b>
<b>Sistema y estructura</b>	<p>Se cuenta con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT) que es el conjunto de instituciones y personas naturales del país dedicadas a la investigación, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+i) y a su promoción (Artículo 7 del Decreto Supremo N° 032-2007-ED). Esta definición involucra a todos los sectores que realizan y promueven acciones de ciencia, tecnología e innovación tecnológica dentro del país, promoviendo al mismo tiempo la articulación entre todos y cada uno de ellos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con el Sistema chileno de innovación como una red de agentes y sus interacciones que están directa o indirectamente relacionados con la introducción y/o difusión de nuevos productos y nuevos procesos en una economía.</li> <li>• Está compuesto por la administración pública, los fondos de apoyo público para desarrollar o financiar las actividades de innovación y los beneficiarios de las políticas, inventivos y recursos, que participan en las diferentes etapas de dicho proceso innovador en el ámbito privado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI).</li> <li>• Forman parte las políticas, estrategias, programas, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación, protección y divulgación de la investigación científica y la innovación tecnológica.</li> </ul>	<p>Cuenta con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) que se compone por los instrumentos de gobierno, política pública y planeación, y por un conjunto de actores: el sector público en sus tres niveles, el sector académico y de investigación y el conjunto de empresas con actividades de CTI. Actualmente el CONACYT se ubica como el coordinador y eje articulador del SNCTI.</p>

	Perú	Chile	Colombia	México
Principales Normas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El artículo 14° de la Constitución Política establece que “Es deber del Estado promover el desarrollo científico y tecnológico del país”. En el año 1981 se crea el CONCYTEC.</li> <li>• Ley 27.867 de 2002, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.</li> <li>• Ley 28.015 de 2003, Ley de promoción y formalización de las pequeñas y medianas empresas (PYME).</li> <li>• Ley 28.303 de 2005, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, por la cual se crea el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT) y le asigna al CONCYTEC la condición de ente rector.</li> <li>• Ley 28.613 de 2005, Ley del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.</li> <li>• Decreto Supremo N° 001 de 2006, que aprobó el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021.</li> <li>• Ley 30.309 de 2015, Ley que promueve la Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación Tecnológica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 16746 de 1968 por la cual se crea el CONICYT.</li> <li>• Ley 6640 de 1940 por la cual se crea la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).</li> <li>• DFL 33/81 de 1981, creación del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT).</li> <li>• Decreto Supremo 237/92 de 1992, creación del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF).</li> <li>• Decreto 1408 de 2005, creación del Consejo de Innovación para la Competitividad (CNIC).</li> <li>• Ley 864-357 de 2009 por la cual se crea el Fondo de Innovación para la Competitividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 1286 de 2009 de Ciencia, Tecnología e Innovación; crea el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Convierte a COLCIENCIAS en el Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación.</li> <li>• Ley 1753 de 2015 estableció en su artículo 186 la integración del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI) con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) consolidando un único Sistema (SNCCTI).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley promulgada en el año 1970 de Creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, que define todas las atribuciones con las que cuenta este organismo.</li> <li>• Ley de Ciencia y Tecnología de 2002, establece las bases para el funcionamiento actual del Sistema de Ciencia y Tecnología de México.</li> <li>• Ley de 2002, creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico.</li> </ul>



	<b>Perú</b>	<b>Chile</b>	<b>Colombia</b>	<b>México</b>
<b>Observatorio</b>	<p>Entidad: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con una plataforma virtual del Directorio Nacional de Investigadores (DINA).</li> <li>• Tiene un Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación, denominado ALICIA (Acceso Libre a la Información Científica).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La CONICYT, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, es la entidad encargada del manejo de indicadores en Chile.</li> <li>• Cuenta con el Sistema de Información Científica CONICYT, que es un sitio web que integra y centraliza los distintos servicios, plataformas y contenidos del Programa de Información Científica.</li> </ul>	<p>Colombia cuenta con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) desde 1999. Es de participación mixta y de carácter privado sin ánimo de lucro. Produce conocimiento sobre la dinámica y el posicionamiento del SNCTI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONACYT se encarga de manejar evaluar los indicadores CTI.</li> <li>• Tiene un Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SIICYT) creado en el 2006.</li> <li>• Además cuenta con el Índice de Revistas Mexicanas de CyT administrado por el CONACYT.</li> </ul>
<b>Prioridades de la política científica</b>	<p>Política de Ciencia y Tecnología. Nombre del plan: Política Nacional para el Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CTI) de 2016, basado en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano 2006-2021.</p>	<p>Política de Ciencia y Tecnología. Nombre del plan: "Agenda Nacional de Innovación y Competitividad 2010-2020".</p>	<p>En este momento COLCIENCIAS se encuentra en proceso de trámite y aprobación del documento CONPES de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) 2015-2025.</p>	<p>Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (PECyTi).</p>

	Perú	Chile	Colombia	México
Programas de promoción de la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Feria Escolar Nacional de Ciencia y Tecnología (EUREKA).</li> <li>• Perú con ciencia.</li> <li>• La Semana Nacional de la Innovación - INNOTEC PERÚ.</li> <li>• Premio Nacional SINACYT a la Innovación 2015.</li> <li>• Encuesta sobre la percepción pública de la CyT.</li> </ul>	<p>La CONICYT, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, es la encargada de los programas de divulgación.</p>	<p>COLCIENCIAS como principal entidad de fomento, desarrolla varios programas dentro de las líneas de acción de la estrategia de apropiación social de Ciencia, Tecnología e Innovación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El CONACYT es el encargado de las estrategias de divulgación.</li> <li>• Fortalecer las capacidades de CTI en biotecnología para resolver necesidades del país, de acuerdo con el marco normativo en bioseguridad.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Castillo (2016).

El marco de referencia de la toma de decisiones en materia de políticas para la gobernanza tecnocientífica de los países que conforman la Alianza del Pacífico pasa por examinar su estructura organizativa, el diseño de su sistema, las normas principales, la forma en que se diseñan las unidades de monitoreo, las prioridades y los programas aplicados en cada país. Ese marco se coteja contra otras familias de indicadores de distintas fuentes: la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT), el Web of Science (WoS) y la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI).

En los tiempos que corren la toma de decisiones surge de procesos *top down* y *bottom up*. La Quintuple Hélice de la Innovación demuestra que se requieren de sistemas y subsistemas de conocimiento (*know-how*) para impactar de forma adecuada. Por esa razón es clave disponer de información actualizada sobre cada aspecto de los sistemas tecnocientíficos. Ese punto se enlaza con lo que se conoce como la gestión crítica del conocimiento para mejorar las políticas públicas.

En la línea de la información pertinente requerida en materia de I+D+i, existen organizaciones internacionales dedicadas a elaborar

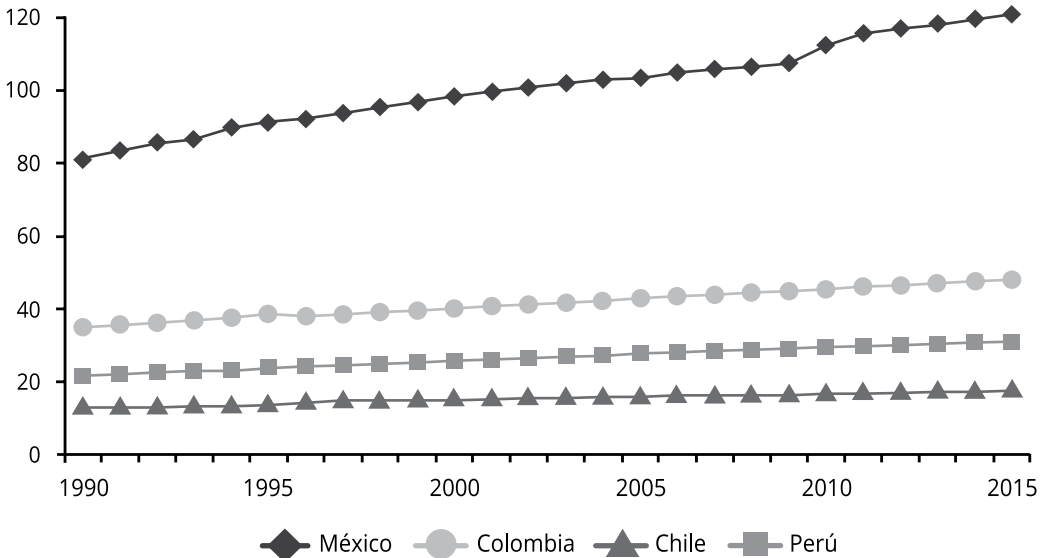
y mantener actualizados los manuales metodológicos. Estos documentos contienen directrices que permiten armonizar conceptos y normalizar metodologías para garantizar la validez de la obtención de datos estadísticos y la producción de indicadores certificados y comparables internacionalmente. Estos reportes permiten a los actores de los sistemas tecnocientíficos contar con pautas para la elaboración de sus publicaciones e informes propios sobre indicadores de I+D+i (ver “Familia Frascati”<sup>2</sup>).

### Las estadísticas de los sistemas tecnocientíficos de los cuatro países de la Alianza del Pacífico

En la misma secuencia del modelo lógico ya expuesto se presenta una serie de gráficos en los que se analizan series históricas, con el propósito de observar los aspectos longitudinales en las últimas tres décadas.

La meta es examinar las tendencias y observar qué países están en una línea ascendente con probabilidades de competir con los denominados BRICS.

**Gráfico 1**  
**Población (en millones de personas)**



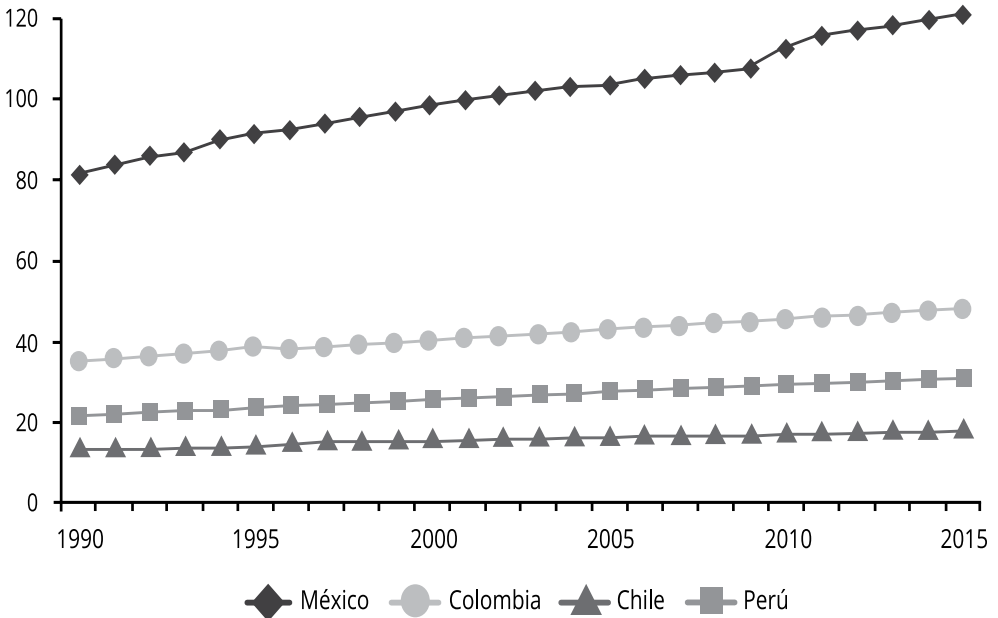
Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).

El indicador demográfico presentado en el Gráfico 1 muestra la progresión de cada país en el lapso estudiado. En orden decreciente, México cuenta con más de 120 millones de habitantes; Colombia cuenta con aproximadamente 47 millones de habitantes; Perú con más de 30 y Chile supera los 18 millones de habitantes. La mayor diferencia poblacional es entre México y Chile que supera los 100 millones de personas.

Las líneas muestran un comportamiento similar de crecimiento poblacional de cada país en los 25 años estudiados, siendo la curva de Chile levemente más moderada por ser el país con menor población.

Este indicador se utiliza para correlacionar tamaños poblaciones contra total de investigadores, número de artículos científicos y de patentes, entre otros. Incluso, la población económicamente activa (PEA) es un indicador de relevancia con alto impacto en la economía y en estos países de la Alianza del Pacífico sirve, por ejemplo, para establecer el tamaño de las economías informales.

**Gráfico 2**  
**PIB (millones de U\$S corrientes)**



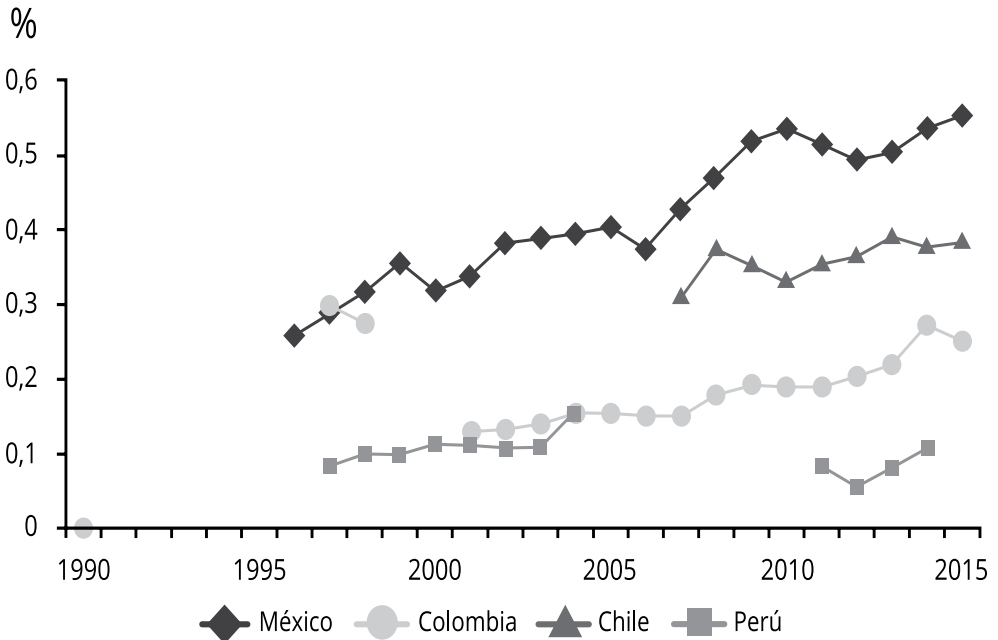
Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).

En el Gráfico 2 se aprecia el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB) en millones de dólares a precios corrientes de cada país. La correlación estadística muestra el comportamiento de las economías en cada año. Este indicador expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final.

Los cuatro países muestran un crecimiento sostenido moderado. No obstante, México presenta una tendencia al alza pronunciada y a partir del año 2009 la curva se incrementa, lo que significa que su economía está creciendo de forma sostenida y en mayor proporción que la de sus aliados. En el período de estudio se observa que el PIB de México inicia en 1990 sobre los 80 millones de dólares y termina superando los 120 millones en 2015.

Los otros tres países presentan pequeñas oscilaciones en el comportamiento de su PIB, pero en general la tendencia ha sido hacia el crecimiento en la escala correspondiente de sus economías.

**Gráfico 3**  
**Gasto en CyT en U\$S como porcentaje del PIB**



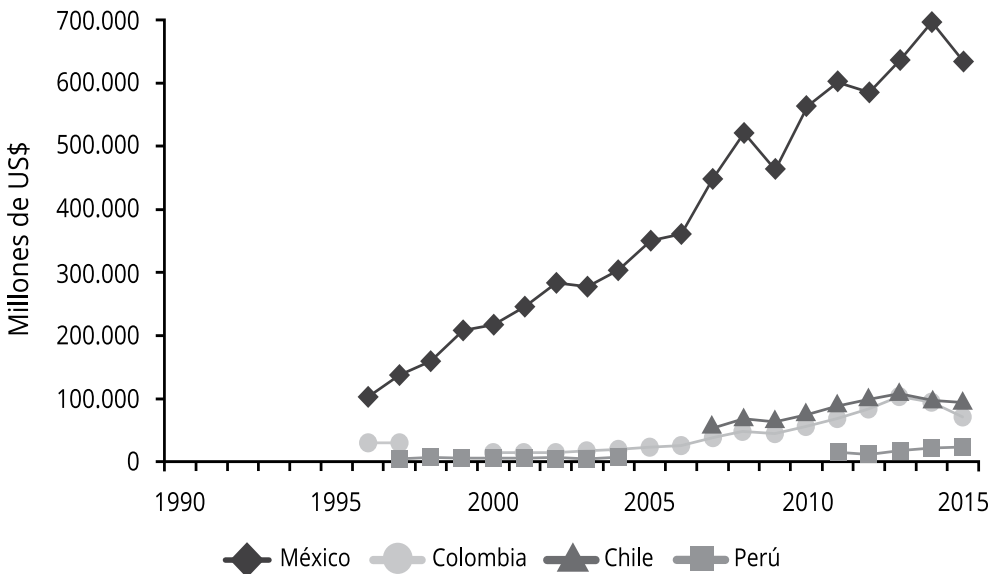
Fuente: Banco Mundial (s.f.).

**Ninguno de los países de la Alianza del Pacífico supera la barrera del 0,55% de inversión en CyT como porcentaje del PIB en el período bajo estudio.**

El Gráfico 3 muestra que ninguno de los cuatro países supera la barrera del 0,55% de inversión en CyT como porcentaje del PIB en el período bajo estudio. En ese sentido, los organismos multilaterales como la UNESCO y la OCDE establecen que los países centrales deben invertir más del 2% de su PIB en actividades de I+D+i. Los países considerados BRICS están invirtiendo entre 1,5% y 2% de su PIB y los países periféricos deberían invertir al menos un 1%. Es importante recordar que cada PIB es distinto y lo que interesa conocer con este indicador es el esfuerzo en cuanto al porcentaje de inversión y a la sostenibilidad (o crecimiento) del mismo. Eso significa que para avanzar como sociedad se debe decidir si se invierte de forma sostenida como política de Estado y no como política gubernamental. Esta situación marca la diferencia entre los países centrales y los periféricos.

Este indicador es uno de los más utilizados por los especialistas para conocer la voluntad política de los Estados en materia de I+D+i y el complemento para entender el tejido socio-institucional que muestra la Quintuple Hélice de la Innovación es conocer los porcentajes de inversión que aportan las empresas y el gobierno.

**Gráfico 4**  
**Gasto en CyT (U\$S)**



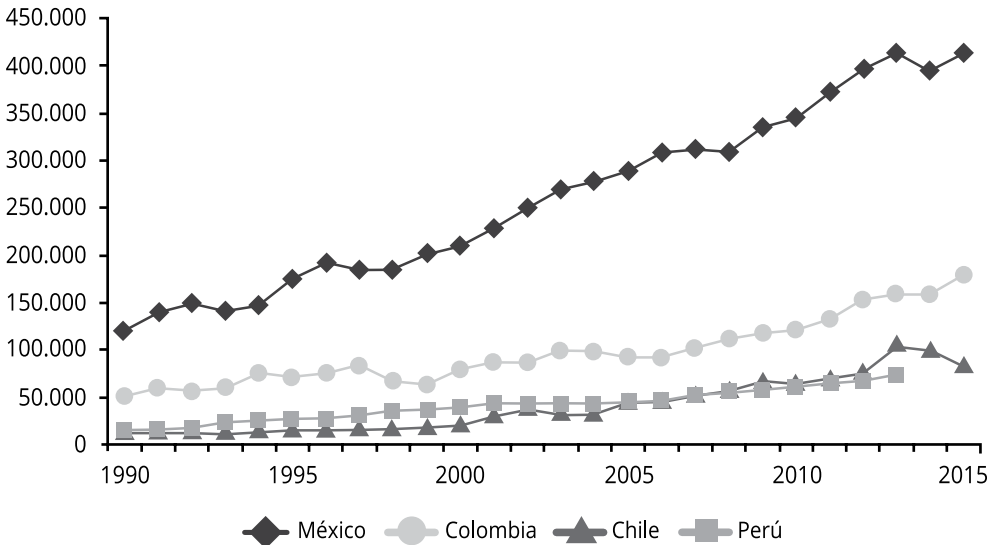
Fuente: Banco Mundial (s.f.).

Desde el punto de vista de los indicadores de los *inputs*, los sistemas tecnocientíficos se activan inyectando recursos financieros y por ello medir el esfuerzo que cada país realiza en materia de inversión en I+D+i es clave.

En el Gráfico 4 se observa que México presenta una línea de crecimiento pronunciada que pasa de cerca de US\$ 100 millones en 1995 a US\$ 700 millones en 2014, marcando una diferencia significativa respecto a los otros tres países. A pesar de las fluctuaciones de los años 2003, 2009, 2012 y 2015 en los que ha habido recortes, la tendencia al alza es clara. Por su parte, a pesar de que la tendencia en Chile, Colombia y, en menor grado, Perú es al alza, se mantienen en la franja entre menos de 50 millones a algo más de 100 millones en el período bajo estudio. Una de las características de los países periféricos es que presentan oscilaciones en la inversión. Eso, sumado al limitado presupuesto que se asigna, no permite planificar adecuadamente en materia de I+D+i.

Desde el punto de vista de los indicadores de *inputs*, los sistemas tecnocientíficos se activan inyectando recursos financieros y por ello medir el esfuerzo que cada país realiza en materia de inversión en I+D+i es clave. Esa toma de decisión es la que impulsa las políticas públicas, los planes, las estrategias, los programas y los instrumentos que se requieren para que la Quíntuple Hélice de la Innovación funcione.

**Gráfico 5**  
**Graduados en el primer nivel universitario por año**



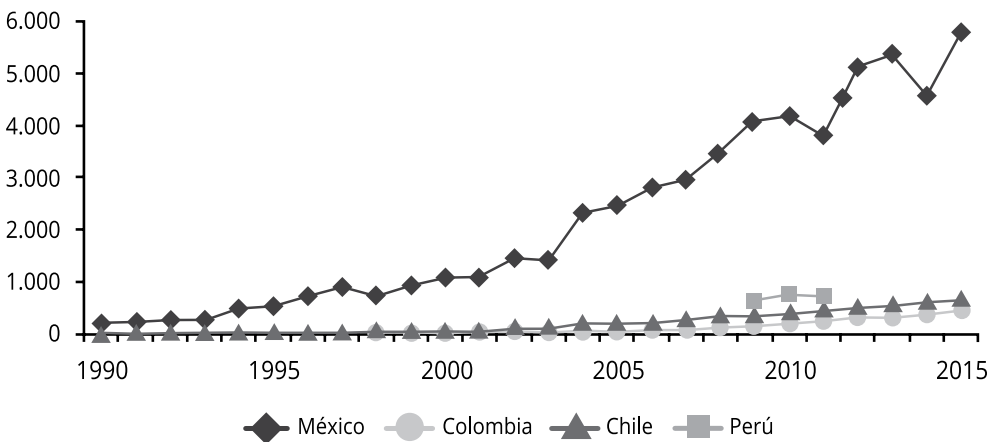
Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).

**Existe una correlación entre la inversión en I+D+i, el sistema de educación y el tamaño de las comunidades de científicos y tecnólogos de los países. Ese entramado socio-institucional es clave cuando se estudian los sistemas tecnocientíficos.**

En el Gráfico 5 se aprecia el crecimiento y las fluctuaciones de cada uno de los cuatro países respecto de los graduados anualmente en el primer nivel universitario. Se aprecia que México pasó de menos de 150 mil egresados en 1990 a más de 400 mil en el año 2015. Ese es un esfuerzo sostenido de significancia. No obstante, se identifican fluctuaciones que pueden considerarse normales por cuanto el total de egresados por año no es un asunto matemático. En ese sentido, tanto la matrícula como el total de egresados varían cada año. Colombia se sitúa en segundo lugar y al contrastar contra el total de población es lógico que así sea. Si bien se aprecia un crecimiento con fluctuaciones, al igual que en el caso anterior, lo relevante es que pasa de cerca de 50 egresados en el año base (1990) a cerca de 200 mil en el año final (2015), hecho que demuestra el esfuerzo realizado. En el caso de Perú y Chile se aprecian líneas similares, pero sobre tamaños poblacionales distintos. Incluso en los años 2009, 2012 y 2013 Chile tuvo más egresados que Perú. Lo importante es que ambos países, a pesar de algunas fluctuaciones, crecen de forma sostenida aunque con una tendencia menor que México y Colombia.

Existe una correlación entre la inversión en I+D+i, el sistema de educación y el tamaño de las comunidades de científicos y tecnólogos de los países. Ese entramado socio-institucional es clave cuando se estudian los sistemas tecnocientíficos.

**Gráfico 6**  
**Graduados a nivel de doctorado por año**



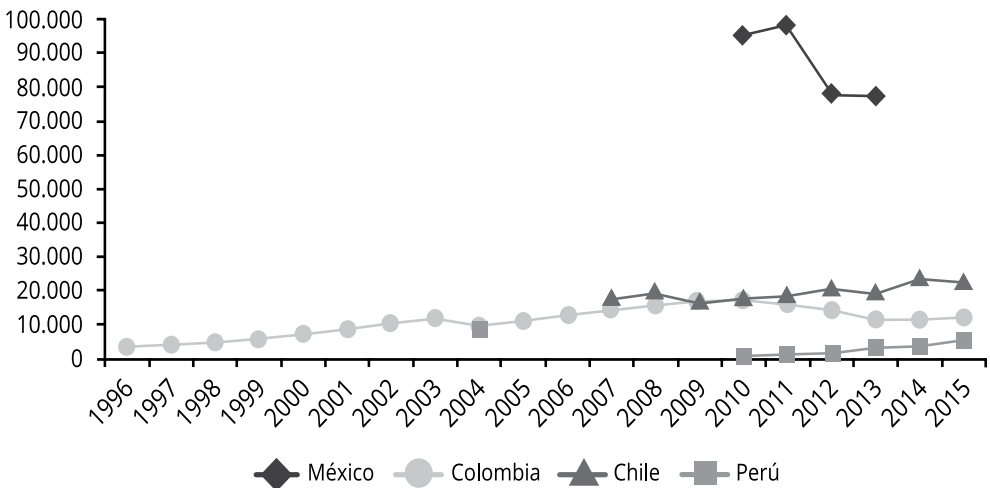
Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).



En el Gráfico 6 se observa el comportamiento de cada país en cuanto al número de doctores graduados por año. En ese sentido, la creación, fortalecimiento y actualización permanente de programas doctorales forma parte de una estrategia vinculada a procesos de desarrollo sostenibles. México presenta una línea de crecimiento con una pendiente pronunciada que llama la atención por lo que implica formar a personas a ese nivel. Pasar de menos de 500 graduados en el año 1990 a cerca de 6000 en el año 2015 es, sin lugar a dudas, un esfuerzo significativo. Perú aparece con datos en solo tres años (2009-2011), no obstante está por encima de Chile y Colombia en este rubro. Posteriormente se verifica la eficiencia de este tipo de indicadores de proceso al cruzarlos con el número de productos (artículos y patentes) a fin de conocer si existe una correspondencia lógica.

El total de doctores que egresan por año de los posgrados es un indicador del interés de los países en desarrollar capacidades de alto nivel a largo plazo dado que el tiempo promedio para que una persona logre este nivel es de 30 a 32 años. Este indicador también se relaciona con la población (millón de habitantes) para conocer, con mayor precisión, el peso relativo de este factor. En este caso, Chile sería el país con el mejor coeficiente.

**Gráfico 7**  
**Total de científicos y tecnólogos**



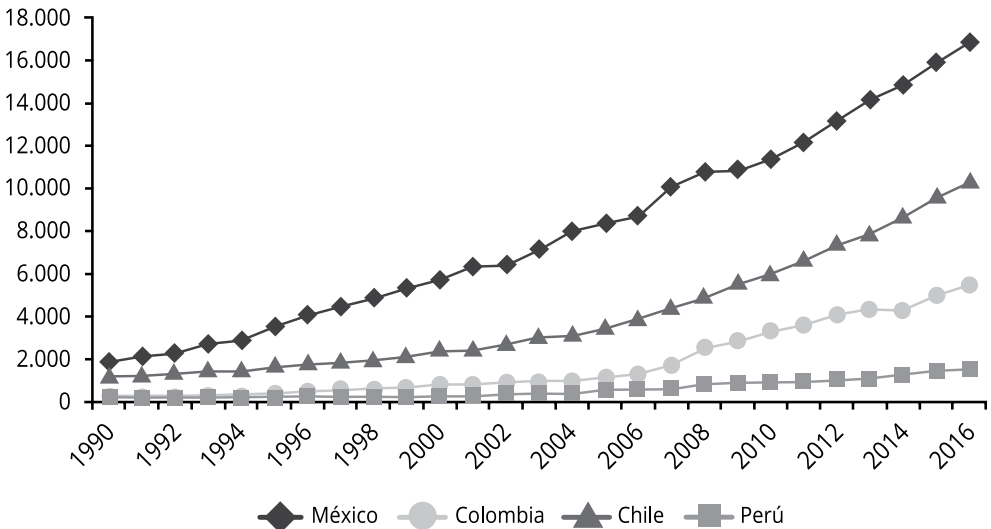
Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).

**El número de doctores que conforman las comunidades de científicos y tecnólogos es un indicador fundamental en la medida en que es el recurso más relevante para producir nuevo conocimiento.**

Los datos del Gráfico 7 permiten entender la dimensión de los sistemas tecnocientíficos de cada país integrante de la Alianza del Pacífico. El número de doctores que conforman las comunidades de científicos y tecnólogos es un indicador fundamental en la medida en que es el recurso más relevante para producir nuevo conocimiento. Es, además, la fase final de la cadena del sistema educativo de cada país y eso incluye las políticas públicas para formar científicos otorgando becas para que un porcentaje de estudiantes cursen sus programas doctorales en otros países por la vía del Organismo Nacional de Ciencia y Tecnología (ONCyT).

En cuanto a las estadísticas, México presenta un diferencial significativo con respecto a Chile (segundo), Colombia (tercero) y Perú (cuarto) en los años en que se encuentran disponibles los datos. No obstante, cuando se cruza el último año de referencia por millón de habitantes de cada país la ecuación cambia de forma significativa. Esta correlación permite observar que Chile presenta un coeficiente de 0,128% en 2015 mientras que México baja a la segunda posición con un coeficiente de 0,063% en 2013, Colombia queda con un coeficiente de 0,025% y Perú de 0,017%. Este indicador es más preciso para observar el verdadero esfuerzo en cuanto a la construcción de los sistemas tecnocientíficos.

**Gráfico 8**  
**Artículos en el Science Citation Index (SCI)**

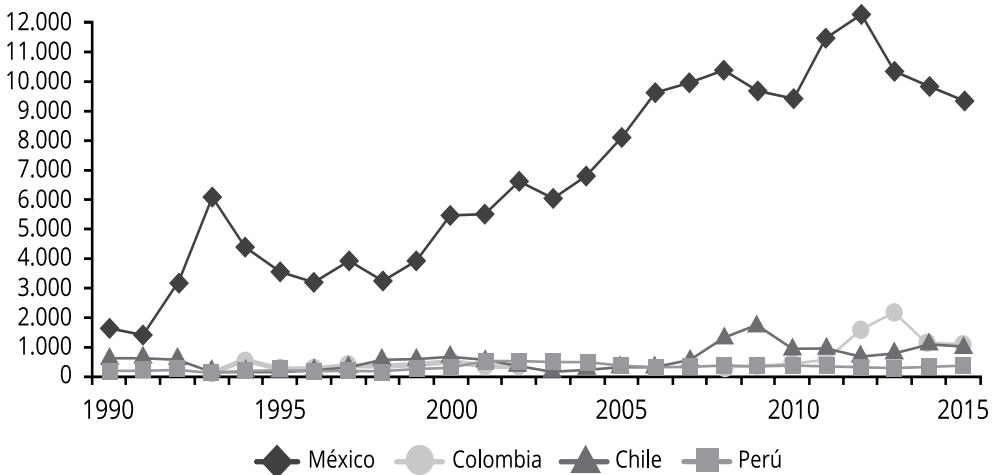


Fuente: Web of Science (2017).

El Gráfico 8 es claro en cuanto a que los cuatro países examinados crecen de forma sostenida en materia de publicaciones en la ventana de tiempo evaluada. Colombia pasa al primer lugar con un crecimiento de 24,3 cuando se analizan los extremos (1990 - 2016); México crece 9,3 veces, Perú 8,8 y Chile 8,3 veces. Ahora bien, cuando cambia la ecuación y se divide el total de publicaciones por millón de habitantes, el resultado es claro y Chile pasa al primer lugar a una distancia considerable del resto con 575,5 artículos en el WoS por cada millón de personas. México pasa al segundo puesto con 132,07; Colombia con 112,4 y Perú queda con 49,1 por cada millón de habitantes. Esto significa que, en este indicador de *output* que cierra la cadena de valor de los sistemas tecnocientíficos, el país con el mayor crecimiento relativo es Chile.

La base de datos del Web of Science de Clarivate Analytics es la más utilizada en el mundo y es considerada como la corriente principal de producción científica. Es un indicador de la calidad de la investigación y es determinante para el análisis del proceso final del sistema tecnocientífico de cada país. La importancia que tienen estos datos radica en la correlación que existe entre el total de investigadores y el coeficiente de productos generados (papers y patentes).

**Gráfico 9**  
**Patentes otorgadas**



Fuente: Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017).

**En la larga transición hacia esa sociedad global del conocimiento, la variable tecnológica genera más dudas que certezas. El panorama global es de alta complejidad, vulnerabilidad e inestabilidad y esos factores generan alta incertidumbre.**

En el Gráfico 9 se aprecia cómo han sido los procesos de otorgamiento de patentes por año en cada uno de los países seleccionados. México nuevamente destaca en el número total distanciándose de los otros tres países de forma significativa. Este país otorgó menos de 2 mil patentes en los primeros dos años y entre 9 y 12 mil en los últimos 10 años (2006-2015). Colombia, Chile y, en menor grado, Perú se mantienen en una franja inferior a las 2 mil patentes en casi todos los años.

La propiedad intelectual como espacio de investigación cuenta con una batería de indicadores que deben tomarse en cuenta a la hora de evaluar esta dimensión. Entre ellos están las solicitudes de patentes, patentes otorgadas, tasa de dependencia, tasa de autosuficiencia, coeficiente de invención y la solicitud de patentes PCT (sistema internacional de patentes) como medida para conocer el proceso globalizado de asistencia técnica en esta materia.

### **Discusión y Conclusiones**

En la cuarta revolución industrial el grado de complejidad de la tecnología propia de las sociedades más avanzadas está caracterizado, entre otras cosas, por la velocidad en que salen al mercado global nuevos productos y servicios. Ese tejido está asociado al requerimiento de generar nuevas maneras de satisfacer las necesidades de las personas.

En la larga transición hacia esa sociedad global del conocimiento, la variable tecnológica genera más dudas que certezas. El panorama global es de alta complejidad, vulnerabilidad e inestabilidad y esos factores generan alta incertidumbre. Ese cóctel hace que los retos de cara al futuro sean difusos y, por esa razón, la toma de decisiones se convierte en el elemento crítico tanto de éxito como de fracaso. Cuando este escenario se escala a nivel de país y se visualiza desde el modelo de la Quíntuple Hélice de la Innovación, toma relevancia el sistema tecnocientífico de gobernanza, ya que forma parte de ese complejo entramado socio-institucional que se requiere para que los países, sobre todo los periféricos y los BRICS, logren progresar.

Para que el complejo entramado socio-institucional interactúe armónicamente, el primer requisito pasa por entender que las políticas públicas que se diseñen no deben ser gubernamentales sino de Estado. Esto significa que ese tipo de decisiones estratégicas son de mediano y largo plazo. Por ende, el horizonte temporal de las políticas públicas en materia de I+D+i debe fijarse a un mínimo de 20 años, evidentemente con su correspondiente monitoreo que permita aplicar los ajustes que

**Al examinar esfuerzos como el de la Alianza del Pacífico se encuentran debilidades tales como la ausencia del uso del conocimiento a través de los sistemas tecnocientíficos.**

se requieran. El segundo requisito es que el sistema tecnocientífico de gobernanza no sólo esté en el papel sino que cumpla su rol normativo y de generación de incentivos para que todas las hélices funcionen adecuadamente. El tercer requisito se basa en que cada país pueda avanzar hacia la articulación de capacidades entre cada actor del Modelo basado, fundamentalmente, en las competencias de las personas y por ende de una interlocución que retroalimente.

Los resultados son concluyentes en cuanto al diferencial entre los países centrales y los periféricos. Los indicadores muestran que las brechas tienden a ampliarse y eso permite proyectar asimetrías mayores a las actuales en los próximos años. Al examinar esfuerzos como el de la Alianza del Pacífico se encuentran debilidades, tales como la ausencia del uso del conocimiento a través de los sistemas tecnocientíficos que no aparecen en las iniciativas desarrolladas así como tampoco en las discusiones.

El umbral de la cuarta revolución industrial, marcada por la convergencia tecnológica, genera disrupciones radicales que emergen y se superponen, en parte, sobre la revolución anterior pero con grados de complejidad mayores. Esta dinámica propone retos y oportunidades a aquellos países y regiones que puedan aprovechar el conocimiento que proviene de los sistemas tecnocientíficos donde la gobernanza y su evolución hacia la generación de capacidades en este tema es la clave del éxito.

El modelo lógico aplicado a los sistemas tecnocientíficos para evaluar la ventana de tiempo de tres décadas muestra que existe un diferencial casi inalcanzable entre los países centrales y los periféricos. Aquellas naciones que hoy en día son consideradas BRICS pudieron cerrar parcialmente las brechas en el momento adecuado. En la actualidad la variable tecnológica está modificando más rápidamente el entorno y se requiere de más inversión en I+D+i, más personal y nuevas capacidades, por cuanto el grado de complejidad para cerrar las brechas es mayor.

La evidencia demuestra que las diferencias entre los sistemas tecnocientíficos de los países centrales y aquellos periféricos, como los que conforman la Alianza del Pacífico, son cada vez mayores.

Los indicadores muestran que, dentro de los países evaluados, Chile es el mejor posicionado en materia tecnocientífica. Al examinar los indicadores per cápita, este país se sitúa por encima de los otros tres que forman la Alianza del Pacífico. No obstante, los cuatro están por debajo de la línea mínima que recomiendan los organismos multilaterales como la UNESCO y la OCDE encargados de evaluar estas actividades para países en vías de desarrollo.

## Notas

(1) La Tríada está formada por tres regiones: América del Norte (Estados Unidos y Canadá), Europa Occidental (Unión Europea más Noruega y Suiza) y Asia (Japón y Corea del Sur).

(2) Serie de documentos producidos por el Grupo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología de la OCDE (NESTI por su sigla en inglés), que incluyen manuales sobre I+D, innovación tecnológica, recursos humanos y balanzas de pagos tecnológicos y patentes que se toman como indicadores de ciencia y tecnología nacionales o regionales. El grupo NESTI elaboró en 1963 la "Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental", conocida como Manual Frascati, por haberse redactado en esa localidad italiana.

## Bibliografía

- Acuerdo Marco de la Alianza de Pacífico (2012), <https://alianzapacifico.net/download/acuerdo-marco>, 28-08-2017.
- Arocena, Rodrigo y Sutz, Judith (2000), "Looking at National Systems of Innovation from the South", en *Industry and Innovation*, Vol. 7 N° 1, pp. 55-75.
- \_\_\_\_\_ (2006), Sistema de innovación e inclusión social, <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00735.pdf>.
- Ávalos, Ignacio (1992), "La Gerencia de Tecnología y el Sistema Nacional de Innovación", en *Ciencia y tecnología de Venezuela: un reto, una esperanza*, Venezuela. Comisión Presidencial para la Reforma del Estado (ed.), Caracas, COPRE (Documentos para la Discusión Nacional; N° 12).
- Banco Mundial (s.f.), World Bank Open Data, <https://data.worldbank.org>, 01-09-2017.
- Beck, Ulrich (2002), *La sociedad del riesgo global*, Madrid, Siglo Veintiuno.
- Callon, Michel (1995), "Investigación e innovación en Francia: definición de un marco analítico", Buenas Aires, Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación. Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas. Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo (Economía de las Innovaciones; N° 4).
- Castillo, Paola (2016), "Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación, gobernanza y prioridades científicas de los países iberoamericanos; documento de trabajo de práctica", Salamanca, Universidad de Salamanca. Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y Tecnología. Máster en Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología; Organización de Estados Iberoamericanos.
- Carayannis, Elias; Barth, Thorsten; y Campbell, David (2012), "The Quintuple Helix Innovation Model: Global Warning as a Challenge and Driver for

- Innovation", en *Journal of Innovation and Entrepreneurship: a Springer Open Journal*, Vol. 1 N° 2, <http://www.innovation-entrepreneurship.com/content/1/1/2>.
- Carayannis, Elias y Campbell, David (2009), "‘Mode 3’ and ‘Quadruple Helix’: toward a 21st Century Fractal Innovation Ecosystem", en *International Journal of Technology Management*, Vol. 46 Nos. 3-4, pp. 201-234.
- Castells, Manuel (2014), "El poder de las redes sociales", en *Vanguardia Dossier*, N° 50, pp. 6-13.
- Cervilla, María Antonia (2001), "La innovación como un proceso económico y social: algunas implicaciones para una estrategia de desarrollo", Caracas, Centro de Estudios del Desarrollo (Serie de Temas de Docencia).
- De la Vega, Iván (2005), *Mundos en movimiento: el caso de la movilidad y migración de los científicos y tecnólogos venezolanos*, Caracas, Fundación Polar.
- \_\_\_\_\_ (2009), "El uso de la cienciometría en la construcción de las políticas tecnocientíficas en América Latina; una relación incierta", en *Redes*, Vol. 15 N° 29, mayo, pp. 217-240, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90717079010>, 03-02-2018.
- \_\_\_\_\_ (2017a), "El desafío de la innovación", en *Revista Estrategia*, Año 11 N° 46, pp. 102-107.
- \_\_\_\_\_ (2017b), "Estudio longitudinal de sistemas tecnocientíficos: comparativa entre Venezuela y tres países de América del Sur", en *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, Vol. 23, N° 1, enero-julio, pp. 123-150.
- Echeverría, Javier (2003), *La revolución tecnocientífica*, Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- Etzkowitz, Henry (2008), *The Triple Helix: University-Industry-Government. Innovation in Action*, New York, Taylor and Francis e-Library.
- Etzkowitz, Henry y Leydesdorff, Loet (eds.) (1997), *Universities in the Global Knowledge Economy: a Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, London, Pinter.
- Freeman, Christopher (1987), "Japan: a New National System of Innovation", en *Technical Change and Economic Theory*, G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (eds.), London, Pinter.
- Gibbons, Michael; Limoges, Camille; Nowowtny, Helga; Schwartzman, Simon; Scott, Peter; y Trow, Martin (1997), *La nueva producción del conocimiento: la dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Barcelona, Ediciones Pomares.
- Joyanes, Luis (2017), *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*, Bogotá, Editorial Alfaomega.
- Kim, Linsu y Nelson, Richard (eds.) (2013), *Technology, Learning, and Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies*, Cambridge, Cambridge University Press.

- Kuhlmann, Stefan (1998), "Moderation of Policy-Making? Science and Technology Policy Evaluation beyond Impact Measurement: the Case of Germany", en *Evaluation*, Vol. 4 N° 2, pp. 130-148.
- Nowotny, Helga; Scott, Peter; y Gibbons, Michael (2003), "Mode 2' Revisited: the New Production of Knowledge", en *Minerva*, Vol. 41 N° 3, pp. 179-194.
- OCDE (2017), <http://www.oecd.org/>, 01-08-2017.
- OMPI (2017), <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm>, 25-08-2017.
- Oro, Luis y Sebastian, Jesús (eds.) (1993), *Los Sistemas de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica*, Buenos Aires, Editorial EUDEBA/FUNDESCO.
- Peña-Cedillo, Jesús (2001), "Evolución reciente de las políticas de innovación en Venezuela", documento presentado en el 9no. Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2001, [https://www.researchgate.net/publication/265382014\\_Evolucion\\_reciente\\_de\\_las\\_Políticas\\_para\\_la\\_Innovacion\\_en\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/265382014_Evolucion_reciente_de_las_Políticas_para_la_Innovacion_en_Venezuela).
- Pérez, Carlota (2010), "Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms", en *Cambridge Journal of Economics*, Vol. 34 N° 1, pp. 185-202.
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (2017), <http://www.riicyt.org/indicadores>, 01-08-2017.
- Roco, Mihail (2016), "Convergence-Divergence Process", en *Handbook of Science and Technology Convergence*, William Sims Bainbridge y Mihail Roco (eds.), Berling, Springer International Publishing.
- Sagasti, Francisco (2011), "Ciencia, tecnología, innovación: políticas para América Latina", Lima, Fondo de Cultura Económica.
- Schwab, Klaus (ed.) (2017), *The Global Competitiveness Report 2017-2018*, Geneva, World Economic Forum, <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>.
- Šmihula, Daniel (2009), "The Waves of the Technological Innovations of the Modern Age and the Present Crisis as the End of the Wave of the Informational Technological Revolution", en *Studia Politica Slovaca*, N° 1/2009, pp. 32-47.
- Van Oost, Ellen; Kuhlmann, Stefan; Ordoñez-Matamoros, Gonzalo; y Stegmaier, Peter (2016), "Futures of Science with and for Society: towards Transformative Policy Orientations", Vol. 18 N° 3, pp. 276-296, <https://doi.org/10.1108/FS-10-2014-00630>.
- Web of Science (2017), <https://clarivate.com/products/web-of-science/databases/>, 27-08-2017.
- WEF (2017), *Impact of the Fourth Industrial Revolution on Supply Chains*, Geneva, World Economic Forum; BVL International, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Impact\\_of\\_the\\_Fourth\\_Industrial\\_Revolution\\_on\\_Supply\\_Chains\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Impact_of_the_Fourth_Industrial_Revolution_on_Supply_Chains_.pdf), 02-11-2017.