

SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN EN BRASIL: UN ANÁLISIS BASADO EN EL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN

BRAZILIAN NATIONAL INNOVATION SYSTEM: AN ANALYSIS BASED ON THE GLOBAL INNOVATION INDEX¹

SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO DO BRASIL: UMA ANÁLISE BASEADA NO ÍNDICE GLOBAL DE INOVAÇÃO²

Juraci Ferreira Galdino

RESUMEN

Las estrategias de desarrollo y de defensa están indisolublemente ligadas, y sus muelles propulsores son la innovación. En un mundo globalizado en el que abundan nuevas y desafiantes amenazas asimétricas que se suman a las antiguas, tradicionales y cada vez más peligrosas, la innovación es fundamental para promover el crecimiento económico, la acumulación de capacidad tecnológica y la autonomía en áreas sensibles. Con indicadores de innovación mediocres, Brasil ocupa la 69ª posición en el ranking internacional del Índice *Global de Innovación* y la 99ª clasificación en el ranking internacional de la Tasa de Eficiencia de Innovación. Utilizando como referencia los datos del Global Innovation Index, el objetivo de este estudio es analizar la evolución del Índice Global y la Tasa de Eficiencia de la Innovación en el período de 2013 a 2017, para concluir sobre tendencias mundiales y brasileñas del Sistema Nacional de Innovación. Los resultados muestran que el mundo está menos innovador y más desigual. En el contexto nacional, indican el deterioro de los índices de innovación y el distanciamiento de los países desarrollados: Brasil se está quedando atrás.

Palabras clave: *Libano. La política. Defensa y Seguridad. Fuerzas Armadas. Confesionalismo.*

ABSTRACT

Development Strategy and Defense Strategy are inseparable and a driving force behind strategies is innovation. In a globalized world and without new asymmetric technologies that add to the old and increasingly natural hazards, an innovation becomes fundamental to promote economic growth, the power of technological technology and autonomy in sensitive areas. Competitors of weak innovation, Brazil is in the 69th position in the international ranking of the Global Index of Innovation and in the 99th place in the international ranking of the Rate of Innovation Efficiency. Using the Global Innovation Index references, the program aims to evolve into the Global Index of Innovation and Innovation Efficiency Assessment in the period from 2013 to 2017, to carry out actions on the large Brazilian companies of the National Innovation System. The results presented show that the world is becoming less innovative and more unequal. In the national context, the deterioration of innovation indices and the development of countries: Brazil is being pushed back.

Keywords: *Innovation. Innovation Input Sub-Index. Innovation Output Sub-Index. Global Innovation Index. Triple Helix.*

RESUMO

Estratégias de desenvolvimento e de defesa são indissociáveis, e suas molas propulsoras são a inovação. Em um mundo globalizado no qual pululam novas e desafiantes ameaças assimétricas que se somam às antigas, tradicionais e cada vez mais perigosas, a inovação se torna fundamental para promover o crescimento econômico, o acúmulo da capacidade tecnológica e a autonomia em áreas sensíveis. Com indicadores de inovação pífios, o Brasil se encontra na 69ª posição no ranking internacional do Índice Global de Inovação e na 99ª classificação no ranking internacional da Taxa de Eficiência de Inovação. Utilizando como referência os dados do *Global Innovation Index*, este trabalho visa analisar a evolução do Índice Global e da Taxa de Eficiência de Inovação no período de 2013 a 2017, para concluir sobre tendências mundiais e brasileiras do Sistema Nacional de Inovação. Os resultados mostram que o mundo está menos inovador e mais desigual. No contexto nacional, eles indicam deterioração dos índices de inovação e distanciamento dos países desenvolvidos: o Brasil está ficando para trás.

Palavras-chave: *Inovação. Insumos de Inovação. Produtos de Inovação. Índice Global de Inovação. Hélice Tríplice.*

¹ Article available in english: <<http://portal.eceme.eb.mil.br/meiramattos/>>

² Artigo disponível em português: <<http://portal.eceme.eb.mil.br/meiramattos/>>

1. INTRODUCCIÓN

La capacidad del hombre para desarrollar tecnologías, modificar el entorno en su propio beneficio y acumular conocimientos a través de generaciones sucesivas condujo a su supervivencia y su evolución en el planeta Tierra.

En la actualidad, la innovación es un elemento central de la soberanía, la competitividad y el crecimiento económico y el desarrollo de una Nación. Una condición necesaria y perentoria para alcanzar los Objetivos Nacionales Permanentes, la innovación depende de la capacidad para generar conocimiento y aplicarlo en el sector productivo.

El desarrollo científico y tecnológico; los vínculos entre las universidades, empresas y gobierno; las inversiones en Investigación y Desarrollo (I&D); la producción científica y los registros de patentes, aunque importantes (ALBUQUERQUE, 1996), no son suficientes para promover y aprovechar la capacidad de innovación de un país. Una prueba de ello, ha estado ocurriendo en Brasil, que, a pesar de la implementación, en los últimos veinte años, de varias políticas para fomentar la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, los resultados observados son, como mínimo, modestos (NEGRI, 2017).

Hay muchos factores que influyen en el proceso de innovación. Aspectos institucionales, como el ambiente político, el ambiente regulatorio, el ambiente empresarial y la seguridad jurídica, son considerados por los inversionistas y empresarios nacionales y extranjeros en el proceso de toma de decisiones para ampliar o incluso iniciar una actividad productiva en un determinado país.

La infraestructura también es importante, porque la eficiencia en los gastos y la calidad de las actividades logísticas, tales como el transporte y la distribución de bienes y servicios depende, en gran medida, de la existencia de buenos modales. La infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) y los servicios proporcionados por el gobierno utilizando esos medios son cada vez más importantes en el proceso de innovación. Además, la disponibilidad de energía eléctrica y la política del país con respecto a las cuestiones ambientales pueden favorecer u obstaculizar la innovación.

La sofisticación del mercado nacional, especialmente su escala, su poder de compra y facilidad de financiamiento e incentivos para las actividades empresariales de emprendimiento, incide directamente en la capacidad de innovación de un país. Sofisticación de negocios, disponibilidad de mano de obra calificada, capacidad de formación y perfeccionamiento de recursos humanos y seguridad pública también afectan a la innovación.

En definitiva, la innovación es un tema complejo y multidisciplinario que trasciende los aspectos

relacionados con la Ciencia y la Tecnología. Deriva directamente o indirectamente de diversos actores y factores que conforman el denominado Sistema Nacional de Innovación (CIMOLI, 2014; GODIN, 2009; LUNDVALL, 2007).

La expresión "Sistema Nacional de Innovación" (SNI) fue acuñada por Freeman, a finales de la década de 1980, para designar un "conjunto de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones contribuyen a la creación, promoción y difusión de las innovaciones tecnológicas de un país" (FREEMAN, 1995). Según Albuquerque (1996), el SNI es "una construcción institucional, producto de una acción planificada y consciente que impulsa el progreso tecnológico en las economías capitalistas". También según el pensamiento de este autor, los SNI son arreglos institucionales que involucran a empresas, redes de interacción entre empresas, organismos gubernamentales, universidades, institutos de investigación y laboratorio de empresas, así como la actividad de científicos e ingenieros, que se articulan con el sistema educativo, con el sector industrial y empresarial y las instituciones financieras, componiendo el circuito de los agentes responsables de la generación, implementación y difusión de las innovaciones tecnológicas (ALBUQUERQUE, 1996, p. 57). Lundvall (1992) sostiene que un Sistema Nacional de Innovación está compuesto por un grupo articulado de recursos técnicos, humanos, organizativos, administrativos y financieros de apoyo a iniciativas para innovación y espíritu empresarial. El Sistema está conectado con la capacidad de aprendizaje de un país y, por consiguiente, su capacidad para adaptarse a los cambios en el ambiente (LUNDVALL, 1992).

El área de Defensa es altamente demandante de ciencia, tecnología e innovación. A causa de esto, tanto el Libro Blanco de Defensa (BRASIL, 2016a), como la Política Nacional de Defensa (BRASIL, 2016) y la Estrategia Nacional de Defensa (BRASIL, 2016) destacan la asociación, vinculación y dependencia mutua entre la Estrategia de Defensa y la Estrategia para el Desarrollo, así como la necesidad de desarrollo científico y tecnológico para promover la autonomía en áreas importantes, tales como la cibernética, la nuclear y la espacial.

El Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ejército Brasileño ha sido sometido a un proceso de transformación en el que se busca, entre otras cosas, crear un entorno propicio a la innovación, el fortalecimiento de la Base Industrial de Defensa de Brasil y, en particular, una mayor integración y cooperación entre universidades, gobierno y empresas (PELLANDA, 2013).

Un paso importante en este proceso es la consolidación del Sistema de Defensa, Industria y Academia de Innovación (SisDIA) (SILVA, 2017), recientemente creado e inspirado por el modelo de

la Triple Hélice (AMBROS, 2017) y la creación de la Agencia para la Gestión de la Innovación Tecnológica (AGITEC) del Ejército Brasileño (FERREIRA, 2017; PASSOS; MAGNO NETO; DIAS, 2017). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados por el Ejército Brasileño, su Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación interactúa, depende y está condicionado al SNI de Brasil. Por lo tanto, la capacidad de innovación de este país depende visceralmente de este sistema. Consiguientemente, la evaluación de este sistema, así como sus tendencias, es importante no solo para el crecimiento y el desarrollo nacionales, sino también para impulsar el sector de la Defensa.

Existen varios indicadores con el objetivo de evaluar un SNI, entre los cuales se destacan aquellos producidos por el *Global Innovation Index* (GII), que se utilizan para llevar a cabo los estudios y análisis de este trabajo.

En función de la evolución del concepto de innovación, los indicadores generados por el GII están cambiando con el tiempo, a través de alteraciones en las metodologías de cálculo, así como la inclusión y eliminación de variables. Aunque mejoren los indicadores, estos cambios dificultan el estudio de la evolución de un SNI. En 2012, por ejemplo, la metodología del GII cambió significativamente, para reflejar la importancia de la interacción entre los actores de la triple hélice y de aspectos medioambientales (ETZKOWITZ, 2005; MORGADO, 2013). Además, las variables utilizadas en la composición de los indicadores no son siempre actualizadas anualmente. Asimismo, hay incertidumbres sobre cuándo y con qué intensidad las mejoras de los indicadores se traducen en innovación efectiva (recursos invertidos en P&D pueden generar innovaciones en un futuro impredecible; lo mismo ocurre con la mejora de la infraestructura, en educación y en otros indicadores, cuyos beneficios para la generación de innovación son difíciles de cuantificar e indefinidos en el tiempo y pueden ser a corto, mediano y largo plazo).

A pesar de las dificultades mencionadas, es esencial estudiar la evolución de estos indicadores para ajustar políticas, identificar obstáculos y tendencias e incluso definir nuevas políticas y estrategias para aumentar la competitividad y promover el crecimiento económico, creando de esa manera mejores condiciones para el desarrollo nacional.

Vale la pena señalar que en los últimos cinco años la estructura de los pilares y subpilares del GII viene siendo mantenido (DUTTA, LANVIN, 2013; DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2014, 2015, 2016, 2017), facilitando el análisis evolutivo, razón por la cual el presente estudio comprende el recorte temporal desde 2013 hasta 2017.

Cabe mencionar que, aunque importantes, hay

pocos estudios que realizan análisis de la evolución de los indicadores del SNI, especialmente, del GII. Este trabajo pretende llenar este vacío, particularmente con respecto a Brasil. Específicamente, el objetivo fundamental de este trabajo es llevar a cabo el análisis de la evolución de los principales indicadores del GII de 2013 a 2017, específicamente el Índice Global de Innovación y la Tasa de Eficiencia de la Innovación, para concluir sobre tendencias mundiales y brasileñas del Sistema Nacional de Innovación.

2. EL SNI Y EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO DE INTERÉS DE LA DEFENSA

La tecnología precedió a la ciencia durante muchos siglos, e incluso después de la aparición de esta, la tecnología producía sus avances sin que esto dependiera de la ciencia. Sin embargo, con la acumulación de capacidad tecnológica, problemas mucho más complejos en diversos campos del conocimiento pudieron ser enfrentados con herramientas y utensilios más sofisticados y nuevos avances pasaron a depender cada vez más de estudios científicos. De hecho, las primeras herramientas fabricadas por el hombre tenían una base empírica, sin embargo, con el paso del tiempo, no sólo los grandes descubrimientos tecnológicos, sino también las innovaciones incrementales, como definidas por Figueiredo (2015), especialmente aquellas con un alto valor añadido, se convirtieron totalmente dependientes del conocimiento de base científica.

Teniendo como criterio la longevidad, el beneficio para el ser humano, el impacto sobre la sociedad, la exploración científica y/o tecnológica y la representatividad en el período sociocultural, Amarante (2009) catalogó 101 tecnologías de mayores impactos en la raza humana. Según su estudio, todas las tecnologías generadas en el período del paleolítico (fuego, ropas, herramientas de piedra y arcos y flechas) cuentan con una base empírica. De la misma manera, las 16 (dieciséis) tecnologías catalogadas como habiendo sido generadas durante la revolución agrícola cuentan con una base empírica. Además, según este estudio, la primera tecnología de base científica (las gafas, desarrolladas por Roger Bacon) surgieron sólo en 1266. Sin embargo, después de esta invención, pocas fueron producidas empíricamente y, después del 1829, año en el que la locomotora fue inventada por Stephenson, todas las tecnologías indicadas por este autor son de base científica.

La labor de catalogación de las tecnologías más importantes de la humanidad es titánica. Amarante, a pesar de haber llevado a cabo un exhaustivo y minucioso trabajo, puede haber incluido tecnologías en detrimento de otras que pudieran

ser eventualmente más impactantes gracias a un inevitable grado de subjetividad en esta clasificación. Sin embargo, este estudio demuestra claramente la creciente importancia del conocimiento científico en la generación de tecnologías con el paso del tiempo.

Otros estudios sobre la asociación entre la ciencia y la tecnología llegan a conclusiones similares. Longo (1984), por ejemplo, sostiene que la tecnología acompaña al hombre desde el principio, pero que la producción solía realizarse de manera no-profesional, no sistémica y espontánea y dependía de ideas brillantes de personas notables y privilegiadas. Según el autor, esta situación se mantuvo hasta el advenimiento de la Revolución Industrial; sin embargo, subraya que, alrededor de 1830, la ciencia comenzó a ser aplicada en la producción de tecnología, una tendencia que se ha intensificado desde 1880 con los trabajos de Thomas Alva Edison.

Schwab (2016) recalca cinco periodos revolucionarios que cambiaron totalmente a todos los sectores de las sociedades vigentes en sus momentos históricos. El primero de ellos ocurrió aproximadamente hace 10.000 años y los otros, las llamadas revoluciones industriales, ocurrieron a principios del siglo XVIII. La primera revolución industrial tuvo lugar entre 1760 y 1840. La segunda comenzó en el siglo XIX y continuó hasta mediados del siglo XX. La tercera tuvo lugar alrededor de 1960 y, finalmente, la cuarta surgió al inicio del siglo XXI y todavía está en curso. La comparación entre estas revoluciones permite verificar algunas tendencias, siendo evidente la cada vez más sólida relación entre ciencia, tecnología e innovación.

Además, con la acumulación del conocimiento científico-tecnológico, incluso las innovaciones incrementales, especialmente en áreas de alta tecnología, se han hecho cada vez más difíciles de obtener sin el apoyo y el uso de los avances en el ámbito científico. Como resultado, durante el Siglo XX, las principales empresas globales tales como XEROX, DuPont, Merck, IBM, GM, KODAK y AT&T tenían sus sofisticados laboratorios de investigación aplicada y desarrollo (CHESBROUGH, 2012). En la actualidad, la innovación en sectores de alta tecnología, como por ejemplo en el área de Defensa, es prácticamente imposible sin el apoyo de las actividades de I&D.

Según Figueiredo (2015), la acumulación de capacidades tecnológicas, fundamental para llevar a cabo actividades de innovación y fortalecer la competitividad de las empresas, ha sido estudiada desde la primera Revolución Industrial, que tuvo lugar en el Siglo XVIII, por pensadores clásicos, pero fue Joseph Schumpeter, a partir de 1911, quien puso la innovación en el centro del debate sobre el desarrollo económico de las naciones.

Desde entonces, la capacidad tecnológica ha recibido contribuciones de diferentes autores y

hoy se entiende como un repositorio de recursos que involucra sistemas técnicos y físicos, sistema organizacional e institucional, productos y servicios y, sobre todo, las mentes de las personas. Sin embargo, según Figueiredo (2015), a partir de la década de 1990, con el advenimiento de la Economía del Conocimiento y del Aprendizaje, el tema ha ido cobrando mayor importancia.

Los países en desarrollo y los países emergentes aún están consolidando sus SNI y tienen una realidad muy distinta de la de los países desarrollados. En aquellos, de conformidad con el autor citado, las capacidades tecnológicas innovadoras aún necesitan ser construidas, porque tienen empresas predominantemente imitadoras, además de la insuficiencia de la oferta de personal altamente calificado y la precaria infraestructura tecnológica. Por esta razón, para que puedan competir en el mercado mundial, estos países necesitan construir su capacidad tecnológica a un ritmo acelerado y más intensos que los que cuentan con capacidades consolidadas y operan en la frontera del conocimiento.

Para ello, es necesario contar con un SNI eficiente. Un modelo que ha sido señalado para crear un ambiente o un sistema conducente a la innovación se denomina Triple Hélice (del término en inglés triple hélice *Triple Helix* – TH), cuya esencia radica en la cooperación o integración entre gobierno, universidades y empresas, tal y como se propugna en Etzkowitz (2005). Otro es la innovación abierta, tal como se define por Chesbrough (2012), en oposición a la innovación cerrada en la que las empresas utilizan estrategias verticalizadas, realizando internamente todo el proceso de investigación, desarrollo, producción, ventas y asistencia técnica. Debido a varias fuerzas de erosión que han sacudido la innovación cerrada durante todo el siglo XX, modelo predominante hasta entonces, la innovación abierta, a través de adquisiciones de las patentes y de modelos de negocio sofisticados, permite que las empresas implementen no sólo buenas ideas generadas internamente, sino también aquellas producidas externamente en universidades, centros de investigación y *startups*; además, puede generar importantes recursos con la venta de patentes o licencias de tecnologías que las empresas no tengan la intención de vender o explorar directamente.

Es necesario resaltar que la innovación es vital para mejorar la productividad, aumentar la competitividad, promover el crecimiento económico y facilitar el ingreso de un país en la Cadena Global de Valor. Un país con un SNI incipiente e ineficiente, en un mundo cada vez más globalizado e integrado, se convierte en mercado a ser explotado por empresas multinacionales y transnacionales, proveedor de mano de obra barata y exportador

de recursos minerales y materias primas. De esa manera, se establece un círculo vicioso, socavando el crecimiento económico, el desarrollo y la soberanía. Se crean obstáculos a la autonomía nacional en áreas sensibles y, en particular, se dificultan las actividades de investigación y desarrollo (I&D) de productos de defensa (PRODE), limitándose a la Base Industrial de Defensa (BID).

En particular, los análisis realizados aquí muestran que el SNI brasileño es ineficiente, precario y sin evidencias de consolidación en el corto plazo. Sin duda, esto dificulta el fortalecimiento de la BID nacional, alarga los ciclos de proyectos de I&D de interés de Defensa y aumenta la probabilidad de fracaso de esos proyectos; pasa a ser más difícil lograr autonomía en áreas estratégicas; así como, pueden hacer que la movilización en el sector industrial sea más ineficiente.

Es importante mencionar que importantes y exitosos proyectos de I&D del Ejército Brasileño, por ejemplo, se beneficiaron de situaciones específicas en las que se asientan los institutos de investigación que trabajaban en el mercado civil y detenían alta capacidad tecnológica en áreas relacionadas e importantes para el desarrollo deseado. La empresa BRADAR, la Fundación Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones (Fundación CPqD) y SPECTRA son algunas de las instituciones que apoyaron proyectos de investigación y desarrollo llevadas a cabo por el Centro Tecnológico del Ejército (CTEx), mediante la celebración de diversos contratos de I&D a lo largo de los últimos 12 años.

La empresa BRADAR³ participó en el desarrollo de la familia de radares SABER M60, SENTIR M20 y ha estado participando en la I&D del SABER M200. Recientemente, la Embraer Defensa firmó un Contrato Licenciamiento de la Tecnología del M60, cuya propiedad es del Ejército Brasileño, convirtiéndose en una empresa encargada de la explotación comercial de este PRODE (licenciamiento no exclusivo)⁴. Así, además de satisfacer la demanda interna de las Fuerzas Armadas (con radares M20 M60), esta empresa está negociando la exportación del radar M60 para varios países. La Fundación CPqD ha estado trabajando con gran éxito en el desarrollo de formas de onda de la Radio Definida por Software (RDS) del Ministerio de defensa, siendo esta actualmente la institución nacional que, junto con el CTEx, domina todo el ciclo de la especificación, investigación y

desarrollo de formas de onda de radios tácticas debajo de la línea del Ecuador (radios militares basadas en la tecnología RDS y que sigue el estándar de comunicación interno *Software Communications Architecture*) (CASTELLO BRANCO et al., 2015; PRADO FILHO, 2017). La empresa SPECTRA participó en el desarrollo del Simulador de Helicópteros Esquilo (Ardilla, en español) y Fennec (SHEFE).

Sin embargo, otros proyectos de I&D dirigidos a las Fuerzas Armadas llevaron más tiempo de lo esperado, no alcanzando resultados satisfactorios o fueron interrumpidos con pérdida de valiosos conocimientos. Las posibles causas son la falta de importantes recursos humanos y experiencia nacional (insumos) para apoyar las actividades de I&D, la dificultad de explotación de tecnologías duales en el mercado civil de bajo valor añadido y otros problemas que obstaculizan la capacidad de innovación debido a un SNI brasileño ineficiente. Por lo tanto, ampliar la capacidad del SNI Nacional, así como contribuir al crecimiento y desarrollo nacional, podrá aumentar las posibilidades de éxito de I&D del PRODE. Cabe destacar que, incluso en los casos exitosos, los ciclos de desarrollo probablemente habrían sido reducidos si Brasil contara con un SNI consolidado y eficiente en que fueran abundantes las investigaciones y productos generados para el mercado civil que pudiesen ser aprovechados para el desarrollo de productos de defensa (FITZGERALD; SANDER; PARZIALE, 2016; LESKE, 2018).

3. MIDIENDO LA CAPACIDAD DEL SNI: EL ÍNDICE GLOBAL DE INNOVACIÓN

La elección de los indicadores del GII para los estudios realizados aquí se debe a la amplitud con que se trata el tema por esta entidad, más allá de los indicadores tradicionales que captan informaciones de inversiones de I&D, patentes y artículos publicados, incluso en la obtención de las medidas de otros factores que forman el llamado "ecosistema de innovación", en el cual están incluidos los aspectos que de alguna manera facilitan la innovación (insumos); a la gran cantidad de países considerados, el informe del GII 2016, por ejemplo, incluye 128 países que, en conjunto, representan el 92.8% de la población mundial y 97.9% del PIB mundial; por lo tanto, los datos publicados presentan una evaluación muy completa de la innovación mundial (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016); a la amplia experiencia de la organización en el tema, con una historia de más de 10 años de la generación y difusión de las medidas; a la disposición de la gran base de datos en internet que comprende no sólo los indicadores de la innovación, sino también los "datos brutos" utilizados para obtener los

³ La empresa BRADAR, actualmente miembro del Grupo Embraer Defensa, emergió de Orbisat, una empresa que participo, mediante contratos de I&D, del desarrollo de radares para apoyar el CTEx.

⁴ Informaciones sobre este tema pueden ser obtenidas en: <http://www.eb.mil.br/web/noticias/noticiario-do-exercito/-/asset_publisher/MjaG93KcunQI/content/industria-de-defesa-assinatura-do-contrato-de-licenciamento-do-radar-m60>. Acceso en: 15 de dic., 2017

indicadores (subíndices, pilares, subpilares y cerca de 80 variables e indicadores); a la fiabilidad de los datos e índices, debido a la adopción de criterios rigurosos para incluir un país en los informes y los procedimientos para el tratamiento de los valores atípicos; y, principalmente, por la aceptación mundial de los indicadores generados por la organización en discusión, convirtiéndose, con el paso de los años, en referencia sobre la evaluación de la innovación, incluso sirviendo como una fuente de consulta para inversores y gobiernos de todo el mundo.

El GII publica informes anuales desde 2007, en su página oficial en internet, que contienen información acerca de la capacidad y la eficiencia de la innovación en diversos países. Desde 2013, se han publicado en asociación con la *Cornell University*, INSEAD, una escuela de negocios reconocida en todo el mundo, y la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), de la Organización de las Naciones Unidas. Desde entonces, la estructura de cálculo se mantiene, a pesar de pequeños cambios en algunas variables e indicadores intermediarios. La estabilización de la arquitectura o de la estructura principal de los indicadores a partir de 2013 facilita la realización de

análisis de la evolución temporal de los indicadores publicados en los informes del GII desde este año (DUTTA, LANVIN, 2013; DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2014, 2015, 2016, 2017)

Compuesta de cuatro niveles jerárquicos, la arquitectura adoptada por el *Global Innovation Index* (GII) para evaluar los procesos de innovación de las economías mundiales se ilustra en la Figura 1. El primer nivel contiene los dos principales indicadores producidos por el GII: el Índice Global de Innovación (GII) y el Coeficiente de Eficiencia de la Innovación (CEI). En el segundo nivel, se incluyen los subíndices Insumos de Innovación (II) y Resultados de Innovación (RI), que sirven como base para el cálculo de los principales índices.

El GII se obtiene mediante la media aritmética entre II y RI, mientras que el CEI es el cociente entre RI y II. Dicho de otra forma, teniéndose en cuenta que los RI son los resultados de innovación y que II son los recursos o materias primas para generar innovaciones, esta tasa expresa la relación entre la salida y la entrada, una clara indicación de la eficiencia de un sistema, como en el caso de la innovación.

Figura 1 – Diagrama que muestra cómo se obtienen las medidas de innovación del Global Innovation Index (índices principales, subíndices, pilares y subpilares)



Fuente: Global Innovation Index (<https://www.globalinnovationindex.org>)

En el tercer nivel de la jerarquía se encuentran los pilares, que sirven como base para el cálculo de

los subíndices. Los pilares Instituciones, Recursos Humanos e Investigación, Infraestructura, Sofisticación del Mercado y Sofisticación Empresarial capturan informaciones o características medias de los países relacionados con importantes insumos para generar innovaciones. Ellos representan aspectos que indican la capacidad o el potencial que tiene un país para generar innovación o las facilidades ofrecidas por el país para promover la innovación. La media aritmética de estos cinco pilares establece el subíndice Insumos de Innovación.

Los pilares Productos de Conocimiento y Tecnología y Productos Creativos reflejan los productos o los resultados de innovación generados por un país. La media aritmética de estos pilares establece el subíndice Productos de Innovación.

El último nivel de la jerarquía se compone de subpilares, tres para cada pilar, haciendo un total de 21, tal como se ilustra en la Figura 1. El valor de cada pilar se obtiene como una media aritmética de sus subpilares. Cabe señalar que cada uno de estos subpilares es calculado considerándose de tres a cinco variables, las cuales no se ilustran en la figura. Los detalles sobre pilares, subpilares y de esos indicadores se pueden obtener en el internet (<https://www.globalinnovationindex.org/>).

En 2016, por ejemplo, fueron utilizadas 82 (ochenta y dos) variables, siendo 58 (cincuenta y ocho) cuantitativas, 19 (diecinueve) cualitativas y 5 (cinco) medidas por medio de cuestionarios elaborados por el *World Economic Forum*. Cabe señalar que algunas de estas variables están normalizadas, como, por ejemplo, el PIB y la población, antes de ser confrontadas con las de otros países (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

Las 58 (cincuenta y ocho) variables cuantitativas se obtienen de diferentes organismos de las Naciones Unidas, tales como: la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI); la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), también conocido por su sigla en español Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI); así como por el Banco Mundial; *Joint Research Center of the European Commission*; *Pricewaterhouse Coopers* (PwC); *Thomson Reuters*; *IHS Global Insight* y *Google*.

Las 19 (diecinueve) variables cualitativas se

derivan de organismos especializados, tales como el *World Bank*, *International Telecommunication Union* (ITU), *UN Public Administration Network* (UNPAN) y de instituciones académicas, como las universidades de Yale y Columbia.

No todos los países pueden aumentar los valores de todas las variables. Sin embargo, para cubrir un gran número de países y, al mismo tiempo, dar robustez y confiabilidad al Índice Global de Innovación y al Coeficiente de Eficiencia de la Innovación, para que un país sea incluido en el informe, debe cumplir con las siguientes restricciones simultáneamente (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016): tener, por lo menos el 60% de las variables que producen los Insumos de Innovación; tener al menos 60% de las variables que generan los Productos de Innovación; y, por lo menos dos variables para cada uno de los 21 subpilares que se presentan en la Figura 1.

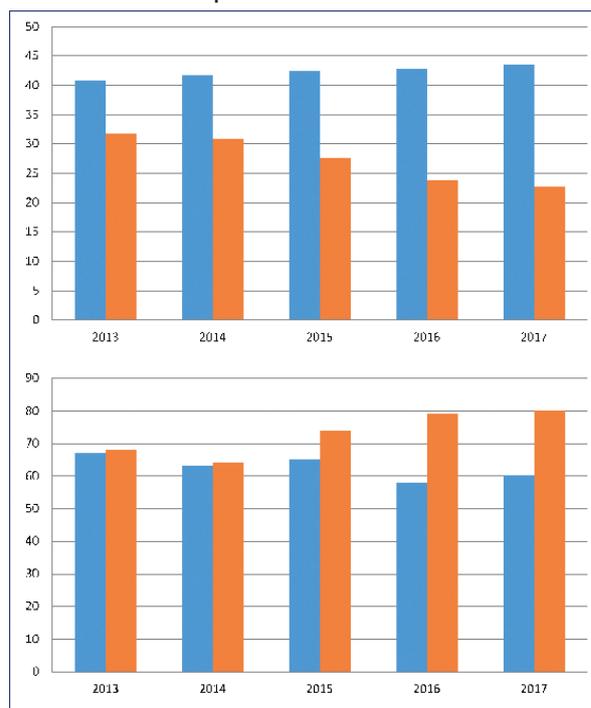
En el año 2016, por ejemplo, fueron recopiladas informaciones de 232 (doscientos treinta y dos) países, pero sólo 128 (ciento veintiocho) atendían de forma simultánea las restricciones, por lo que se incluyeron en el informe. Aun así, como se ha mencionado anteriormente, estos 128 países, juntos, abarcan un 92,8% de la población mundial y generan el 97,9% del PIB mundial (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN DE BRASIL

La Figura 2 muestra la evolución de los II y RI en Brasil durante los últimos 5 (cinco) años, en términos de valores absolutos (parte superior de la figura) y relativos (parte inferior de la figura), teniendo esta última el objetivo de evaluar la evolución de la inserción de Brasil en el mundo.

En la parte superior de la figura se revelan tendencias divergentes de evolución de los Insumos de Innovación y Productos de Innovación. Si bien hay una mejoría constante de los valores absolutos de los II (aproximadamente 7%, considerándose los extremos del período), se observa, en cambio, una degradación consistente de los RI (aproximadamente 29%). El sentido común indica exactamente un comportamiento de tendencias similares y no divergentes, como está ocurriendo con Brasil, puesto que los Insumos de Innovación son ingredientes o facilitadores para la generación de innovación.

Figura 2 –Evolución de Los Insumos de Innovación y Resultados de Innovación de Brasil desde 2013 hasta 2017. Valores absolutos en la parte superior y clasificación en la parte inferior.



Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

La mencionada expectativa se corrobora por las altas correlaciones estadísticas⁵ entre Insumos de innovación y Resultados de Innovación presentadas en la Tabla 1. Estas correlaciones fueron calculadas a partir de los datos de los 128 (ciento veintiocho) países que figuran en el informe de 2016 del *Global Innovation Index* (DUTTA; LANVIN; WUNSCH-VINCENT, 2016).

Por construcción matemática, es razonable que la dependencia o correlaciones estadísticas entre el GII y el II y entre GII y RI sean altas, ya que el GII es la media aritmética de II y RI. Tal expectativa se

⁵ El coeficiente de correlación de Pearson cuantifica el grado de dependencia estadística entre dos variables aleatorias, midiendo, por lo tanto, cuanto una variable contiene de información de la otra. Este es un parámetro cuyo módulo varía entre 0 y 1 y, mientras más grande, más información una variable contiene de la otra. Un coeficiente nulo indica que las variables son independientes y un coeficiente igual a uno indica que existe una correlación perfecta entre las variables, es decir, conociéndose una se puede inferir con precisión sobre la otra. La literatura especializada suele asignar a rangos de valores de la correlación de Pearson la clasificación de variables débilmente correlacionadas, moderadamente correlacionadas y fuertemente correlacionadas. En este estudio, se considera que dos variables están fuertemente correlacionadas cuando la correlación de Pearson es superior o igual a 0,75 o 75% (FONSECA, 2010).

confirma por los valores de Correlación de Pearson que se muestran en la primera fila de la Tabla 1 (96.0% y 97,2%). Sin embargo, pese a que no existe ninguna relación matemática explícita entre II y RI, la correlación entre estos indicadores también es alta (88,4%), mostrando la interdependencia entre Insumos de Innovación y Resultados de Innovación. Así, de hecho, se espera que los países con buenas evaluaciones de instituciones, infraestructura, recursos humanos y mercado, tienden a crear condiciones favorables para la generación de innovación. No obstante, es poco probable el desarrollo de un ambiente propicio a la innovación en países con evaluaciones precarias de Insumos de Innovación.

Tabla 1 - Correlaciones cruzadas entre el Índice Global de Innovación (GII), Insumos de Innovación (II) y Resultados de Innovación (RI).

| Índices | GII | II | RI |
|---------|-------|-------|-------|
| GII | 1 | 0,969 | 0,972 |
| II | 0,969 | 1 | 0,884 |
| RI | 0,972 | 0,884 | 1 |

Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

En resumen, el aumento de los Insumos de Innovación tiende a aumentar la probabilidad de mejora de los Resultados de Innovación. Aunque este es un comportamiento promedio, es poco probable que un país presente al mismo tiempo una trayectoria de mejora en los Insumos de Innovación y de degradación de los Resultados de Innovación durante un largo periodo de tiempo, como ha venido sucediendo con Brasil en los últimos cinco años. Este fenómeno anómalo requiere ser estudiado en profundidad.

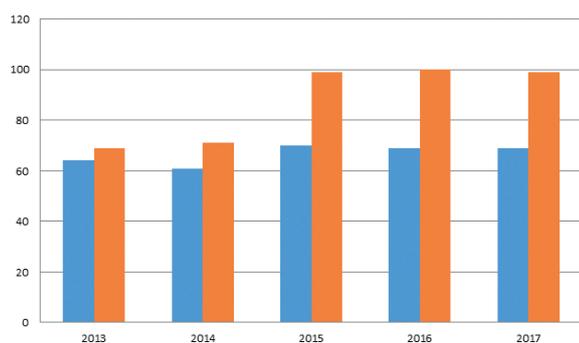
La parte inferior de la Figura 2 muestra tendencias similares a las presentadas en su parte superior, pese a la existencia de oscilaciones episódicas. Se demuestra una mejora de 7 posiciones en los Insumos de Innovación (Brasil actualmente ocupa la 60ª posición en el *ranking* internacional de este subíndice) y una disminución de 12 posiciones en los Resultados de Innovación (Brasil ocupa actualmente la 80ª posición en el *ranking* internacional de este subíndice).

La Figura 3 muestra la evolución de la clasificación del Índice Global de Innovación y del Coeficiente de Eficacia de la Innovación de Brasil en los últimos 5 (cinco) años. En esta figura, claramente hay una gran degradación del CEI, debido a las divergentes tendencias de comportamientos de los II y RI, como se muestra en la Figura 2. Brasil ocupa actualmente la

99ª posición en el *ranking* internacional del CEI, lo que indica que es incapaz de generar resultados de innovación compatibles con los recursos actualmente disponibles. En los últimos cinco años, Brasil cayó 30 posiciones en este criterio. Esto puede ser un indicio de que las acciones gubernamentales dirigidas a la promoción de la Triple Hélice requieren más coordinación y enfoque.

Asimismo, también se observa un deterioro del Índice Global de Innovación en los últimos cinco años, pero con una intensidad menor. De alguna manera, la mejora en los Insumos de Innovación contrarresta, un poco, la caída en el desempeño de Brasil. En este ítem, Brasil actualmente ocupa la 69ª posición en el *ranking* internacional, cinco posiciones peor que la que ocupaba en 2013.

Figura 3 –Evolución de la clasificación del Índice Global de Innovación y el Coeficiente de Eficiencia de la Innovación en Brasil para el período desde 2013 hasta 2017.



Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

La Tabla 2 muestra las evoluciones, en los últimos cinco años, de las variaciones de los promedios de los principales indicadores de innovación en el mundo (Insumos de Innovación, resultados de Innovación e Índice Global de Innovación). También se incluyen informaciones sobre las variaciones de los indicadores de Brasil en el período, tanto en términos absolutos como relativos.

Para evaluar la dinámica mundial, los países fueron agrupados en cuatro clases, de acuerdo a sus similitudes de desempeños, cuyas limitaciones son los cuartiles, como se discute más adelante (FONSECA, 2010). Esta agrupación permite aguzar las diferencias entre grupos de países y facilitar los

análisis y la identificación de tendencias, algo que sería dificultado si fueran realizadas agrupaciones por bloques económicos, proximidades geográficas o criterios geopolíticos, como se ha hecho en otros estudios (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016).

La Clase I está delimitada por el valor Mínimo del indicador y C1 que, en la jerga de la estadística descriptiva, es el Primer Cuartil, denominación atribuida al valor de la variable objeto de estudio que separa los datos en dos partes; la primera contiene 25% de los valores más bajos de la variable y la segunda contiene el resto de los datos. La Clase II es limitada inferiormente por el C1 y superiormente por el C2, el Segundo Cuartil, mejor conocido en el ámbito de las estadísticas por la designación de Mediana. Este parámetro separa los datos en dos conjuntos que contienen la misma cantidad de datos, siendo el primer conjunto el que contiene los datos de menor valor de la variable. Como la Clase II está limitada inferiormente por el C1 y superiormente por el C2 (Mediana), está conformada por 25% de los países con peor calificación, pero que superan los indicadores de todos los países agrupados en la Clase I (que también contiene el 25% del total de países evaluados).

La Clase III está delimitada inferiormente por la Mediana y superiormente por el C3, un parámetro conocido como Tercer Cuartil y que separa los datos en dos conjuntos: el primero contiene el 75% de los datos; y el segundo el 25%, siendo que en este se incluyen los datos de mayor valor. Por lo tanto, la Clase III contiene un 25% de la totalidad de los países evaluados que, excluidos los países que se encuentran en la Clase I y Clase II (que totalizan el 50% de los países), tienen una peor evaluación. Por último, la Clase IV está delimitada inferiormente por el C3 y superiormente por el valor Máximo (valor más alto de la variable observada entre todos los países). Esta clase contiene un 25% de los países evaluados que tienen los mayores valores de la variable. Específicamente, la aplicación de esta regla en el caso de 2016, en que 128 países se incluyeron en el informe del GII, se concluye que la Clase IV está formada por treinta y dos países que tienen los valores más altos del Índice Global de Innovación. La Clase III está compuesta por países cuyos GII se sitúan entre las 33ª y 64ª clasificaciones. La Clase II incluye a aquellos países que están clasificados desde la 65ª a la 96ª posición y, por último, la Clase I es el conjunto formado por los países cuyos GII se clasifican entre las 97ª y 128ª posiciones.

Tabela 2 - Variación porcentual global y por clases de indicadores clave del GII en los últimos cinco años. También se muestran las variaciones de los promedios para Brasil y las clases en las que este país se encuentra están representadas por celdas rayadas.

| Clases | Insumos de Innovación (%) | Resultados de Innovación (%) | Índice Global de Innovación (%) |
|---|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| I | 3,4 | - 31,9 | - 12,3 |
| II | 3,5 | - 23,5 | - 7,8 |
| III | 2,4 | - 14,18 | - 5,2 |
| IV | 0,7 | - 3,5 | - 0,9 |
| MM | 2,1 | - 15,5 | - 5,6 |
| Brasil | 6,6 | - 28,6 | - 8,8 |
| Variación en la clasificación de Brasil | + 7 posiciones | - 12 posiciones | - 5 posiciones |

Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

La Tabla 2 muestra que el ritmo de generación de innovación en el mundo disminuyó en los últimos cinco años, especialmente en los Resultados de Innovación. Esta dinámica mundial puede reflejar también la crisis mundial de 2008, ya que el mismo fenómeno puede observarse en los indicadores de productividad y del crecimiento del PIB en el mundo, áreas relacionadas con la innovación. En particular, cabe señalar que antes de la crisis de 2008, el PIB mundial crecía a una tasa promedio anual alrededor del 5%, y después de la crisis, a pesar de los indicios de recuperación en los últimos años, este ritmo ha sido mucho más modesto, del orden del 2% (BONELLI; VELOSO; PINHEIRO, 2017).

La Tabla 2 también muestra que el mundo está cada vez más desigual en el área de la innovación. El promedio mundial de los Resultados de Innovación retrocedió en 15.5% en los últimos cinco años, pero esa retracción no ocurrió uniformemente a lo largo de las clases, siendo más intensa en los países menos innovadores. La retracción de los peores fue de casi el 32%, mientras que a quella de los mejores fue sólo de 3,5%, una retracción casi 10 (diez) veces menor a favor de los más desarrollados. La misma tendencia se observa en el Índice Global de Innovación. En este caso, la relación entre la degradación de los peores (Clase I) y la de los mejores (Clase IV) es de casi 14 veces.

Los países menos desarrollados tienen un gran déficit en términos de Insumos de Innovación (infraestructura, recursos humanos e investigación, instituciones, sofisticación de mercado y empresarial), por lo que hay espacio para grandes evoluciones. A pesar de ello, el progreso en los últimos cinco años de los Insumos de Innovación fue modesto, incluso para los países peor evaluados (estes mejoraron alrededor del 3,5% - Clase I y Clase II).

Brasil mejoró los Insumos de Innovación muy por encima de la media mundial y, particularmente de aquellas de los países que integran la Clase III (en la que Brasil se inserta). Pero en términos de Resultados de Innovación, Brasil sólo logró mejores resultados, en promedio, que los países de la Clase I (los peor clasificados), quedando desfasado con respecto a sus competidores directos (Clase II) y, especialmente, en relación con los más innovadores (Clase III y Clase IV). Este mismo comportamiento se produjo con el GII. Si se mantienen estas tendencias, Brasil puede caer de la Clase II a la Clase I, pasando a aparecer entre los 25% peores países innovadores en el mundo, entre los evaluados por el GII.

Para analizar con mayor profundidad las tendencias globales de los tres parámetros principales del GII, se muestran en las Figuras 4, 5 y 6, respectivamente, las evoluciones de los Diagramas de Cajas de los Insumos de Innovación, Resultados de Innovación y el Índice Global de Innovación en los últimos cinco años. En la parte inferior de estas figuras se muestran los valores de los principales parámetros estadísticos de estos gráficos.

Los extremos de las rectas de los Diagramas de Cajas representan los valores mínimo y máximo de los indicadores para cada año. Las líneas rectas horizontales que delimitan las cajas, concretamente, la inferior, ubicada dentro del rectángulo más grande (caja más grande) y la superior, denotan, respectivamente, el C1, el C2 (Mediana) y el C3. Por último, el signo de adición circunscrito por la circunferencia situada dentro de la caja representa el promedio de los datos recopilados.

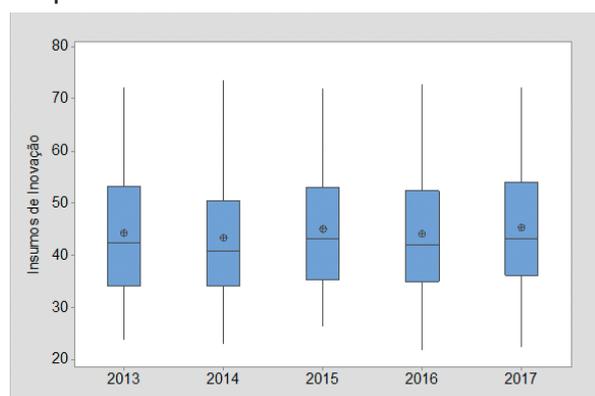
Las figuras muestran que las medias son más altos que las medianas. Esto indica que los datos no están distribuidos de forma simétrica y que la difusión de los 50% de los países con las peores calificaciones

es inferior al de los 50% más bien evaluados. Una consecuencia de esto es que los cambios de posiciones en el *ranking* mundial entre los países más bien evaluados son más difíciles de ocurrir que los cambios de posiciones entre los peor evaluados, cuyas diferencias de indicadores son relativamente menores.

Con respecto, en particular, a la Figura 4, se observa que hubo una reducción del valor mínimo y aumento del C1, extendiendo la Amplitud de la Clase I en un 33% en el período (de 10,3 en 2013 a 13,7 en 2017), estableciendo una mayor dispersión de los indicadores de los países de esta clase.

Como la mediana (C2) avanzó menos que el C1 y más que el C3, hubo una reducción en la amplitud de la Clase III y, principalmente, de la Clase II, lo que se traduce en una mayor densidad de los países en estas clases, donde está ubicado Brasil (desde 2013 hasta 2015 Brasil pertenecía a la Clase II y, desde 2016, Brasil comenzó a integrar la Clase III). La amplitud de la Clase II varió de 8,3 en 2013 a 7,1 en 2017, lo que supone un descenso de 14,5%. La amplitud de la Clase III varió de 10,85 en 2013 a 10,7 en 2017, una reducción de cerca de 1,4%.

Figura 4 –Evolución del Diagrama de Cajas de los Insumos de Innovación a lo largo de 2013 hasta 2017 y sus parámetros estadísticos.



| Parámetro | AÑO | | | | | % |
|-----------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| Min | 23,7 | 23 | 26,3 | 21,7 | 22,4 | -5,5 |
| C1 | 34 | 34 | 35,35 | 35 | 36,1 | 6,2 |
| C2 | 42,3 | 40,8 | 43,1 | 42,05 | 43,2 | 2,1 |
| C3 | 53,15 | 50,45 | 53 | 53,325 | 53,9 | 1,4 |
| Max | 72,3 | 73,6 | 72,1 | 72,9 | 72,3 | 0 |
| AT | 48,6 | 50,6 | 45,8 | 51,2 | 49,9 | 2,7 |
| Media | 44,3 | 43,4 | 45 | 44,2 | 45,2 | 2,1 |

Legenda: Min – Mínimo; C1 – Primer Cuartil; C2 – Segundo Cuartil; Q.3 – Tercer Cuartil; Max – Máximo; y AT – Amplitud Total.

Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

Bajo estas condiciones, pequeñas variaciones relativas entre los países que pertenecen a estas clases pueden resultar en grandes cambios en la clasificación, lo que efectivamente sucedió a Brasil, que avanzó 7 (siete) posiciones en el *ranking* internacional de los Insumos de Innovación, a causa de un aumento de sólo un 6,6% en su indicador frente a un avance en el promedio de la Clase II de 3,5%, es decir, una pequeña ventaja de Brasil en comparación con el comportamiento promedio de la clase permitió una mejora sustantiva de la clasificación en el *ranking* internacional.

Por último, la amplitud de la Clase IV pasó de 19,15 a 18,4 en 2017, una reducción de 4%. A pesar de esta reducción, esta sigue siendo la clase con el mayor intervalo, es decir, se observa en ella una mayor separación o dispersión entre los indicadores de los países. Por lo tanto, esta es la clase que presenta una mayor tendencia de estabilidad en las clasificaciones de los países.

La Figura 5 muestra el efecto de la reducción de los Insumos de innovación a lo largo de los últimos cinco años, mediante un nítido desplazamiento de las cajas hacia abajo con el paso de los años. Sin embargo, otros aspectos emergen a partir del análisis de los parámetros estadísticos en ella representados.

En los últimos cinco años hubo una gran reducción en el valor mínimo (45%), pero el valor máximo de los Resultados de Innovación prácticamente no ha cambiado, lo que refleja un aumento significativo de la AT (Amplitud Total)⁶ en el período. Esto es una clara evidencia objetiva del aumento de las desigualdades entre los países en el campo de la innovación. Esta desigualdad se ve reforzada, además, por el hecho de que las caídas porcentuales de C1, mediana (C2) y C3 son sucesivamente menores. De esa forma, hubo un aumento de las amplitudes de todas las clases, excepto para la Clase I, cuya amplitud disminuyó en 9,4% (pasó de 12,7 en 2013 a 11,5 en 2017). La Clase II, en la que Brasil está insertado, fue la que tuvo un mayor aumento en la Amplitud de Clase⁷, pasando de 5,3 en 2013 a 6,8 en 2017, lo que supone un incremento del 28,3%. La Amplitud de la Clase III pasó de 9,65 en 2013 a 11,8 en 2017, lo que supone un incremento del 22,3%. La Amplitud de la Clase IV pasó de 24,45 en 2013 a 27,7 en 2017, lo que supone un incremento del 13,3%.

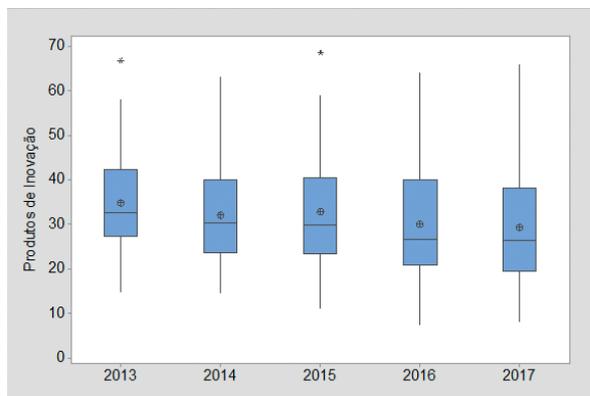
Cabe mencionar que, a pesar de las variaciones mencionadas

⁶ Se define la Amplitud Total de un conjunto de datos como la diferencia entre el dato de mayor valor por el de menor valor de este conjunto (AT = máximo – mínimo) (FONSECA, 2010).

⁷ Se define la Amplitud de Clase como la diferencia entre los límites superior e inferior de la clase. En el presente caso, la amplitud de la Clase I se obtiene por C1-Min; la amplitud de la Clase II se obtiene por C2-C1 etc. (FONSECA, 2010).

anteriormente, la Clase II aún es la que presenta el menor Intervalo de Clase. Por lo tanto, es en ella que pequeños cambios en los indicadores de los países pueden reflejar cambios significativos en las clasificaciones en el *ranking* internacional, debido a la mayor densidad relativa. Esto efectivamente ocurrió con Brasil, que a pesar de no presentar un rendimiento mucho peor que el comportamiento promedio de los países de la Clase II (degradación nacional de 28,6% frente a la degradación de la Clase II igual a 23,5%), sufrió una caída de 12 posiciones en el *ranking* internacional.

Figura 5 –Evolución del Diagrama de Cajas de los Resultados de Innovación a lo largo del 2013 hasta 2017 y sus principales parámetros estadísticos.



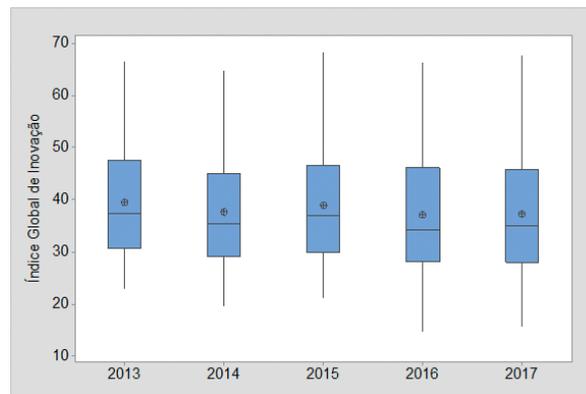
| Parámetro | AÑO | | | | | % |
|-----------|-------|-------|-------|--------|------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| Min | 14,6 | 14,6 | 11,1 | 7,4 | 8,0 | -45,2 |
| C1 | 27,3 | 23,25 | 23,3 | 20,875 | 19,5 | -28,6 |
| C2 | 32,6 | 30,25 | 29,7 | 26,6 | 26,3 | -19,3 |
| C3 | 42,25 | 39,95 | 40,35 | 39,925 | 38,1 | -9,8 |
| Max | 66,7 | 63,1 | 68,6 | 64,2 | 65,8 | -1,3 |
| AT | 52,1 | 48,5 | 57,5 | 56,8 | 57,8 | 10,9 |
| Media | 34,7 | 31,9 | 32,7 | 30 | 29,3 | -15,6 |

Leyenda: Min – Mínimo; C1 – Primer Cuartil; C2 – Segundo Cuartil; Q.3 – Tercer Cuartil; Max – Máximo; e AT – Amplitud Total.

Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

La Figura 6 presenta la evolución del Diagrama de Cajas del Índice Global de Innovación durante los últimos cinco años. Como la media es superior a la mediana, los países desarrollados presentan indicadores más dispersados. Además, se observa que estos parámetros estadísticos retrocedieron; sin embargo, la degradación de la mediana fue, en porcentajes, un poco mayor.

Figura 6 –Evolución del Diagrama de Cajas del Índice Global de Innovación a lo largo del 2013 hasta el 2017 y sus principales parámetros estadísticos.



| Parámetro | AÑO | | | | | % |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| Min | 22,9 | 19,5 | 21 | 14,6 | 15,6 | -32,9 |
| C1 | 30,75 | 29 | 29,95 | 28,12 | 28 | -8,9 |
| C2 | 37,4 | 35,35 | 36,8 | 34,05 | 35 | -6,4 |
| C3 | 47,55 | 45 | 46,5 | 46,07 | 45,8 | -3,7 |
| Max | 66,6 | 64,8 | 68,3 | 66,3 | 65,8 | -1,2 |
| AT | 43,7 | 45,3 | 47,3 | 51,7 | 50,2 | 14,9 |
| Media | 39,5 | 37,7 | 38,9 | 37,1 | 37,3 | -5,6 |

Leyenda: Min – Mínimo; C1 – Primer Cuartil; C2 – Segundo Cuartil; Q.3 – Tercer Cuartil; Max – Máximo; y AT – Amplitud Total.

Fuente: El autor, a partir de datos proporcionados por el *Global Innovation Index*.

Se observa, gráficamente, una gran reducción en el valor mínimo del GII, y se observa en la tabla que esta reducción fue casi del 33% en los últimos cinco años. En resumen, las reducciones en el valor mínimo, del C1 y de la mediana indican un empeoramiento significativo en el rendimiento de los países peor evaluados (50%, aproximadamente 64 países peor clasificados en el GII).

Por otro lado, se observa que el valor máximo de la muestra prácticamente no ha cambiado en los últimos cinco años; sólo hubo una pequeña reducción en el valor máximo (1,2%). Estos datos indican que el mundo está cada vez más desigual en términos del Índice Global de Innovación y que Brasil está ubicado en el grupo de aquellos que se están quedando rezagados.

La Amplitud de la Clase I varió de 7,55 en 2013 a 12,4 en 2017, lo que representa un aumento de aproximadamente 64%, debido a una gran reducción del valor mínimo de los datos. Así, se configura una mayor dispersión o difusión de los indicadores de los

países que se encuentran en la Clase I, así como una profundización de la brecha entre estos países y los países más desarrollados.

La Amplitud de la Clase II varió de 6,65 a 7 en 2013, un pequeño aumento de aproximadamente 5%. La Amplitud de la Clase III varió de 10,15 en el 2013 a 10,8, un modesto incremento de alrededor 6%. Por último, la Amplitud de la Clase IV varió de 24,45 en 2013 a 27,7 en 2017, lo que representa un aumento de aproximadamente 13%.

El aumento de las amplitudes de todas las clases es otro indicio fuerte e indiscutible de que el mundo se está volviendo mucho más desigual en cuanto al Índice Global de Innovación.

Por último, vale la pena señalar que Brasil pertenece a la Clase II, cuya Amplitud es la menor entre todas las clases. Por lo tanto, hay en ella una gran densidad de indicadores y, como consecuencia, pequeñas variaciones en los valores absolutos pueden producir cambios significativos en las clasificaciones de los países. Este hecho ocurrió en el caso de Brasil, puesto que su degradación en los últimos cinco años (8,8%) fue ligeramente peor que la degradación de la media de la clase (7,8%); a pesar de ello, Brasil perdió cinco posiciones en el *ranking* internacional.

5. CONSIDERACIONES FINALES

En este artículo se analizó la evolución de los principales indicadores del *Global Innovation Index* desde 2013 hasta 2017, en particular el Índice Global de Innovación y el Coeficiente de Eficiencia de la Innovación, para concluir sobre las tendencias mundiales y brasileñas del Sistema Nacional de Innovación. A diferencia de otros trabajos que agrupan a los países según criterios geopolíticos, geográficos o bloques económicos, en este trabajo, los países se agrupan en clases con características de rendimiento similares, lo que permitió evidenciar las disparidades entre grupos de países y resaltar tendencias.

Se comprobó que la retracción y el aumento de las desigualdades caracterizaron la dinámica global de los últimos cinco años. Se observaron graves retracciones en los Resultados de Innovación y en el Índice Global de Innovación, pero estas fueron mucho más intensas en los países más atrasados.

En el contexto nacional, se encontró que las variaciones en las clasificaciones de los indicadores están influenciadas no sólo por las dinámicas nacional y mundial, sino también principalmente por el comportamiento de la clase en la que se encuentra Brasil, porque es allí donde están sus

principales competidores. En este sentido, el grado de dispersión o propagación de la clase en discusión es fundamental para explicar las eventuales variaciones en la clasificación de Brasil.

Se observó que los Insumos de Innovación, formados por los pilares Instituciones, Recursos Humanos e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Mercado y Sofisticación Empresarial, han venido mejorando de forma consistente, pero modesta, en los últimos cinco años. Por otra parte, se constató que los Resultados de Innovación, formados por los pilares Productos de Conocimiento y Tecnología y Productos Creativos, están empeorando, también de forma consistente en el mismo período. Esto es ilógico, ya que los insumos facilitan y ayudan a desencadenar los procesos de innovación plasmados en sus resultados.

La mala clasificación de Brasil en relación con el Coeficiente de Eficiencia de la Innovación y la brusca caída en el rendimiento en este indicador durante los últimos cinco años (30 posiciones), causada por los comportamientos dispares de las variaciones en los indicadores de los Insumos de innovación y Resultados de Innovación, reflejan la ineficiencia nacional en la conversión de sus insumos en innovación. Como un reflejo de ello, en la actualidad, Brasil ocupa la 99ª posición en el *ranking* internacional del CEI, de acuerdo al GII.

La mejora en la educación, en todos los niveles, el aumento de las inversiones en I&D y el fortalecimiento de los vínculos entre el mundo académico, la industria y el gobierno son algunas de las principales medidas señaladas constantemente para mejorar las características de rendimiento del Sistema Nacional de Innovación de Brasil. Por lo tanto, cobran importancia las acciones recientes del Departamento de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ejército Brasileño, con el fin de transformar sus Instituciones de Ciencia y Tecnología y las creaciones del SisDIA y de la AGITEC, teniendo como referencia teórica el paradigma de Triple Hélice y como directrices básicas el proceso de Transformación del Ejército. Si tienen éxito, estas iniciativas podrán traer beneficios a las estrategias de Defensa y Desarrollo, así como promover una mayor sinergia entre los sectores militares y civiles de la sociedad brasileña, de conformidad con lo recomendado en los documentos nacionales de los niveles político y estratégico orientados al área de Defensa.

En la continuación de este trabajo, se pretende analizar en mayor profundidad la evolución de los pilares y subpilares que componen los Insumos de Innovación y los Resultados de Innovación.

REFERENCIAS

- ALBUQUERQUE, E. M. Sistema Nacional de Inovação no Brasil: uma análise introdutória a partir de dados disponíveis sobre a ciência e tecnologia. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 56-72, jun./sept. 1996.
- AMARANTE, J. C. **O voo da humanidade e 101 tecnologias que mudaram a face da Terra**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2009.
- AMBROS, C. C. **Base industrial de defesa e arranjos institucionais: África do Sul, Austrália e Brasil em perspectiva comparada**. 2017. 454 f. Tese (Doutorado em Ciência Política) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.
- BONELLI, R.; VELOSO, F.; PINHEIRO, A. C. (Org.). **Anatomia da produtividade no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier; FGV; Ibre, 2017.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF, 2016. Versão sob apreciação do Congresso Nacional. Lei Complementar n. 97/1999, art. 9º, § 3º. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/arquivos/2017/mes03/pnd_end.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- CASTELLO BRANCO, M. G. et al. Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa: visão geral das primeiras contribuições do CPqD. **Cadernos CPqD de Tecnologia**, Campinas, v. 10, p. 9-16, nov. 2014. Suplemento.
- CHESBROUGH, H. **Inovação aberta: como criar e lucrar com a tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CIMOLI, M. National System of Innovation: a note on technological asymmetries and catching-up perspectives. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p. 5-30, 2014.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desempenho do Brasil no Índice Global de Inovação 2011-2016**. Brasília, DF: CNI, 2016.
- DUTTA, S.; LANVIN, B. (Ed.). **The Global Innovation Index 2013: the local dynamics of innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2013. Disponível em: <http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/economics/gii/gii_2013.pdf>. Acesso em: 28 sept. 2017.
- DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (Ed.). **The Global Innovation Index 2014: the human factor in innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2014. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2014-v5.pdf>>. Acesso em: 28 sept. 2017.
- _____. **The Global Innovation Index 2015: effective innovation policies for development**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2015. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII-2015-v5.pdf>>. Acesso em: 28 sept. 2017.
- _____. **The Global Innovation Index 2016: winning with global innovation**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2016. Disponível em: <www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2016.pdf>. Acesso em: 28 sept. 2017.
- _____. **The Global Innovation Index 2017: innovation feeding the world**. Geneva: WIPO; New Delhi: CII, 2017. Disponível em: <<https://www.globalinnovationindex.org/gii-2017-report>>. Acesso em: 28 sept. 2017.
- ETZKOWITZ, H. Reconstrução criativa: hélice tripla e inovação regional. Rio de Janeiro: **Inteligência Empresarial**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 1-44, 2005.
- FERREIRA, F. V. et al. Criação da Agência de Inovação do Exército Brasileiro: breve histórico, seus processos e perspectivas. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 60-68, 2017.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- FITZGERALD, B.; SANDER, A.; PARZIALE, J. **Future foundry: a new strategic approach to military-technical advantage**. Washington, DC: Center for New American Security, 2016.
- FONSECA, J. S. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- FREEMAN, C. The National Innovation Systems in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, UK, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.
- GODIN, B. National Innovation System: the system approach in historical perspective. **Science, Technology, & Human Values**, Thousand Oaks, v. 34, n. 4, p. 476-501, jul. 2009.
- LESKE, A. D. C. A review of defense innovation: from spin-off to spin-in. **Brazilian Journal of Political Economy**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 377-391, abr./jun. 2018.
- LONGO, W. P. **Tecnologia e soberania nacional**. São Paulo: Nobel; Promocet, 1984.
- LUNDVALL, B.-Å. (Ed.). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.
- _____. National Innovation Systems: analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, London, v. 14, n. 1, p. 95-119, feb. 2007.

MORGADO, E. M. O Brasil no Global Innovation Index 2012: aprofundando o entendimento dos resultados. **Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática**, Winter Garden, v. 10, n. 2, p. 33-37, 2013.

NEGRI, F. Por uma nova geração de políticas de inovação no Brasil. In: TURCHI, L. M.; MORAIS, J. M. (Org.). **Políticas de apoio à inovação tecnológica no Brasil**: avanços recentes, limitações e propostas de ações. Brasília, DF: Ipea, 2017. p. 25-46.

PASSOS, A. C.; MAGNO NETO, W. B.; DIAS, M. H. C. O processo de transformação do Instituto Militar de Engenharia no contexto do sistema defesa, indústria e academia. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 20-27, 2017.

PELLANDA, P. C. A nova estrutura do sistema de ciência e tecnologia do exército e a produção de conhecimentos e inovações tecnológicas para a área de defesa. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 30, p. 183-199, sept./dic. 2013.

PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F.; MOURA, D. F. C. Pesquisa e desenvolvimento de produtos de defesa: reflexões e fatos sobre o projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do modelo de inovação em tríplice hélice. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 6-19, 2017.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SILVA, P. F. O SISDIA no quadro do debate sobre reforma do sistema brasileiro de aquisições de defesa. **Análise Estratégica**, Brasília, DF, v. 5, n. 3, p. 14-20, jun./ago. 2017.