

# Detección de anomalías en los indicadores del Índice Global de Innovación

*Anomaly Detection in the Global Innovation Index's Indicators*

**Resumen:** Medir la capacidad de innovación de un país es fundamental para realizar estudios de tendencias e identificar cuellos de botella en un Sistema Nacional de Innovación (SNI). En esta línea, se destacan los indicadores utilizados por el Índice Global de Innovación (GII), que sustentan diversas encuestas y respaldan las decisiones estratégicas de inversores, emprendedores y agentes públicos. Sin embargo, a lo largo del tiempo, los diversos indicadores de GII sufren cambios metodológicos y adolecen de diversos tipos de problemas prácticos, como falta de datos, lo que dificulta el análisis de tendencias. Partiendo de la premisa del incrementalismo de la innovación, se definió el concepto de anomalías y se diseñó un método para detectarlas automáticamente, además de clasificarlas como resultantes de cambios metodológicos, frente a inconsistencias, que involucran problemas de orden práctica. El método propuesto fue aplicado a los indicadores de los Productos de Innovación de Brasil, de 2013 a 2019, publicados por el GII.

**Palabras clave:** Indicadores de innovación; Incrementalismo; Índice Global de Innovación GII; Sistemas Nacionales de Innovación.

**Abstract:** The measurement of a country's innovation capacity is essential for studies of trends and the identification of bottlenecks in a National Innovation System (NIs). In this context, the indicators utilized by the Global Innovation Index (GII) are crucial, since they support various researches and strategic decisions by investors, entrepreneurs and public agents. However, GII indicators are impacted by methodological changes and suffer from several types of practical problems such as measurement errors or missing data, generating anomalies in analyzes. Based on the premise of innovation incrementalism, the concept of anomaly was defined and a method was developed to automatically detect them, while classifying those resulting from methodological changes in opposition to those resulted from practical problems. The proposed method was applied to the indicators from the innovation outputs of Brazil, from 2013 to 2019, released by the GII.

**Keywords:** Innovation Index; Incrementalism; Global Innovation Index GII; National Innovation Systems.

**Juraci Ferreira Galdino** 

Exército Brasileiro.  
Instituto Militar de Engenharia.  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
galdino.juraci@eb.mil.br

**José Adalberto França Junior** 

Agência de Gestão e Inovação  
Tecnológica (AGITEC).  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
betoordie@gmail.com

Recibido: 09 abr. 2021

Aprobado: 28 oct. 2021

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



## 1 Introducción

La eficiencia del Sistema Nacional de Innovación (SNI) es fundamental para el crecimiento económico (LUNDVALL, 2010) y para el desarrollo de importantes tecnologías que aseguren la soberanía de un país (GALDINO, 2019; SCHONS; PRADO FILHO; GALDINO, 2020). Por lo tanto, contar con indicadores confiables capaces de evaluar el desempeño del SNI de un país es fundamental para sustentar estudios y análisis que tengan como objetivo identificar cuellos de botella y tendencias en un SNI (AVELLAR; BRITO, 2015); recopilar información para establecer políticas y acciones estratégicas orientadas a incrementar la capacidad de innovación tanto a nivel nacional como sectorial (SANTOS, 2014; SCHONS; PRADO FILHO; GALDINO, 2021); y evaluar la efectividad de las políticas y acciones estratégicas vigentes (KHEDHAOURIA; THURIK, 2017).

Entre los principales indicadores nacionales de innovación, se encuentra el Índice Global de Innovación, elaborado por el *Global Innovation Index* (GII) (DUTTA, S. et al. 2018; KOSE; TOPÇU, 2016), que infiere la capacidad de un SNI a partir de un agregado de alrededor de 80 variables, aquí llamadas variables de base (VB).

Los indicadores de innovación, como los elaborados por el GII, despiertan la atención de especialistas, agentes públicos, emprendedores e inversores. Para ejemplificar los efectos que estos indicadores pueden producir en la esfera pública, se plantea un caso reciente en Brasil. Motivado por los malos resultados del país publicados por los indicadores del GII, el Tribunal de Cuentas de la Federación (TCU, en la sigla en portugués) auditó las políticas públicas relacionadas con el área de innovación y concluyó que era necesario que los estudios fueran coordinados por la Casa Civil de la Presidencia de la República y por el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones (BRASIL, 2019) con el objetivo de crear una Política Nacional de Innovación eficiente y eficaz, capaz de mejorar la posición del país en el *ranking* de innovación (SCHONS; PRADO FILHO; GALDINO, 2020). El TCU es un ejemplo de organismo público que ha estado ampliando su campo de acción, comenzando a evaluar no solo los aspectos formales de la legalidad de los procedimientos, sino también el desempeño y resultados alcanzados por otros organismos y entidades públicas (GOMES, 2006).

Publicados anualmente desde 2007, los indicadores de GII abordan la innovación de manera amplia, considerando en sus métricas variables que miden inversiones en investigación y desarrollo (I + D), patentes de invención y artículos científicos, así como otras que capturan información sobre instituciones, infraestructura, recursos humanos e investigación, mercado, aspectos relacionados con el sector empresarial y productos de innovación (DUTTA et al., 2018). La gran cantidad de países evaluados y la disponibilidad de una voluminosa base de datos hacen que estos índices sean aún más atractivos para el análisis de la capacidad de innovación de un país (KOSE; TOPÇU, 2016), particularmente a partir de 2013, cuando fue inaugurada la arquitectura vigente de los indicadores compuesta de índices, subíndices, pilares y subpilares.

A pesar del mantenimiento de esta arquitectura, el cálculo de índices, subíndices, pilares y subpilares del GII depende de variables de base propensas a cambios metodológicos, dada la búsqueda constante por mejorar la comprensión del fenómeno de la innovación y sus formas de medir (JANGER et al., 2017). Estos cambios, en ocasiones significativos, como la inclusión

o supresión de variables de base (DUTTA et al., 2018), generan anomalías en la evolución temporal de los indicadores (índices, subíndices, pilares y subpilares del GII) que pueden llevar a conclusiones erróneas sobre el SNI.

Además de los cambios metodológicos en el GII, otros factores generadores de anomalías pueden comprometer la precisión del análisis de tendencias y cuellos de botella en la capacidad de un SNI (DUTTA et al., 2018), por lo que es fundamental desarrollar procedimientos capaces de evaluar la fiabilidad de las variables de base. Un paso importante en este intento es detectar y clasificar estas anomalías.

Otro aspecto clave en el contexto de este artículo proviene de la premisa de que las políticas nacionales tienden a generar efectos incrementales (FAGERBERG; MOWERY; VERSPAGEN, 2009; GROENEWEGEN; STEEN, 2006; MICALE, 1990; SOGNER, 2009), produciendo específicamente sobre el SNI efectos de largo plazo y cambios lentos y graduales (NELSON; WINTER, 1982). Esta premisa resalta la importancia de los análisis que consideren indicadores de años sucesivos (en adelante denominados análisis evolutivos) en detrimento de aquellos que solo adoptan indicadores de un año (aquí definidos como análisis estático), ya que facilitan el estudio de tendencias y análisis de los resultados de las políticas de innovación (FAGERBERG; MOWERY; VERSPAGEN, 2009; GROENEWEGEN; STEEN, 2006; SOGNER, 2009), ayudando a diagnosticar los beneficios de las estrategias de innovación sobre la competitividad y el crecimiento económico de una nación (LUNDEVALL, 2007).

Adicionalmente, esta premisa sugiere que existe un “estándar de normalidad”, según el cual los “indicadores confiables” que capturan los resultados de estas políticas públicas no tienden a sufrir cambios bruscos en el tiempo. En este artículo, las anomalías se refieren a cambios bruscos en el comportamiento de los indicadores de innovación en el corto plazo, como dentro de un año. En condiciones normales, es poco probable que se produzcan cambios abruptos en los indicadores de un país, ya que violan la expectativa de cambios incrementales en un SNI a lo largo del tiempo (NIOSI et al., 1993). La existencia de este patrón de normalidad permite el uso de herramientas de análisis de series temporales para identificar incoherencias en los indicadores de innovación, particularmente en los del GII.

Sin embargo, en lo que respecta al conocimiento de los autores, los estudios que utilizan los indicadores de GII, con el fin de analizar tendencias, cuellos de botella y la capacidad de un SNI, ignoran o prestan poca atención a los problemas causados por anomalías en los datos utilizados en el análisis. Aquí se argumenta que estas anomalías pueden llevar a conclusiones erróneas sobre los resultados de las políticas y acciones estratégicas dirigidas al área de la innovación, perjudicando tanto los análisis como las inversiones y planeamientos estratégicos. Es fundamental desarrollar procedimientos capaces de inferir la confiabilidad de los datos, antes de que se los utilicen en estudios de tendencias. Un paso importante en este intento es detectar y clasificar las anomalías de los indicadores.

En este contexto, este trabajo tiene como objetivo conceptualizar anomalías, clasificar sus tipos y proponer un procedimiento para identificarlas de forma automatizada, considerando las medidas de las VB de GII. El método propuesto se evalúa para los Productos de Innovación de Brasil de 2013 a 2019.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se realiza una revisión bibliográfica de los estudios que utilizan indicadores de GII en análisis estáticos y evolutivos, además de discutir la existencia de anomalías en estos indicadores y la dificultad que imponen en los análisis. En la Sección 3 se analiza brevemente el concepto de anomalía en la literatura estadística. En la Sección 4, se discute la pertinencia de emplear la premisa del incrementalismo en los Sistemas Nacionales de Innovación. En la Sección 5 se discute la metodología adoptada en este trabajo. En la Sección 6, se presenta el estudio de caso para la aplicación del método propuesto. Finalmente, se presentan discusiones sobre los resultados alcanzados en la Sección 7 y las principales conclusiones del trabajo en la Sección 8.

## 2 El uso de gii en el análisis de los sistemas nacionales de innovación

El desempeño de un SNI expresa la capacidad de innovación nacional, definida como la capacidad de un país de gestionar sus recursos para producir nuevos conocimientos, transformándolos en tecnologías y productos en beneficio de todo el sistema económico (FAGERBERG; SRHOLEC, 2008). La capacidad nacional de innovación se evalúa no solo por los resultados de innovación que produce el sistema, sino también a través de los insumos de innovación, muchas veces resultado de políticas públicas, indispensables para crear un entorno propicio para la generación de innovaciones (KHEDHAOURIA; THURIK, 2017).

Se realizan varios estudios basados en los indicadores del GII con el objetivo de analizar el impacto de las políticas de innovación y comparar la capacidad de innovación de los países. Por ejemplo, a partir de la base de datos de GII de 2015, Jankowska, Matysek-Jędrych y Mroczek-Dąbrowska (2017) analizaron la correlación entre insumos y productos de innovación y verificaron que 23 países no muestran la correlación positiva esperada entre estos factores, entre ellos Polonia y Bulgaria. Mientras Polonia tenía grandes esfuerzos de innovación y productos insatisfactorios, Bulgaria presentaba situación opuesta.

Teniendo en cuenta los datos del GII de 2015, Crespo y Crespo (2016) identificaron combinaciones de indicadores que pueden proporcionar un excelente desempeño innovador, que difieren para los países de ingresos altos en comparación con los países de ingresos bajos. Este estudio está en línea con otros que indican que las políticas públicas necesarias para promover la innovación deben ser particularizadas según el nivel de desarrollo del país (KONDO, 2001).

Otros análisis estáticos se presentan en los informes del GII. Por ejemplo, en el informe de 2018 (DUTTA et al., 2018) se discute y compara países que son líderes en los grupos de economías de ingresos altos y medios. Con base en los datos de este documento, Saisana, Domínguez-Torreiro y Vértesy (2018) buscan establecer coherencia estadística entre insumos, productos y clasificaciones de los países, infiriendo sobre anomalías y errores de medición en los datos. De manera similar, Famalika y Sihombing (2021), con base en datos del GII 2018, compararon dos técnicas de análisis de *cluster* para agrupar diferentes países con desempeños similares.

Sin embargo, a pesar de inferir sobre la capacidad de un país para innovar en un momento dado, el análisis estático es especialmente limitado para los estudios de tendencias. Para superar estas dificultades es necesario recurrir a análisis que consideren series temporales de indicadores. A pesar de los beneficios, los análisis evolutivos son bastante complejos debido a anomalías.

Utilizando el enfoque conocido como metodología cualitativa de análisis comparativo de lógica *fuzzy* (fsQCA) (RAGIN, 2008), Khedhaouria y Thurik (2017) llegaron a diferentes combinaciones de insumos de innovación que brindan mayor impacto en la capacidad de innovación nacional. Para ello, los autores analizaron la base de datos del GII entre 2012 y 2015. Sin embargo, mencionaron que la falta de algunos indicadores y la ocurrencia de anomalías imposibilitó la realización de una encuesta más completa.

Milenkovic y al. (2019) analizaron la correlación entre los indicadores del GII y el SSI (Índice de Sostenibilidad Social) para el período 2010 a 2016. Los autores informaron dificultades para realizar el estudio debido a cambios en las variables y metodologías del GII después de 2010.

A partir de indicadores del GII de 2008 a 2013, Franco y Oliveira (2017) analizaron el desempeño de los SNI de los países que integran el denominado BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). En este estudio, los autores utilizaron un análisis de regresión para determinar la correlación entre los insumos de innovación y los productos de innovación e infirieron sobre el impacto de cada indicador en la clasificación del país en el *ranking* del GII. Sin embargo, los autores se toparon a cambios metodológicos y otras anomalías presentes en los informes del GII de 2008 a 2013.

Utilizando los indicadores de GII de 2013 a 2017, Galdino (2018) realizó un análisis de tendencias en los SNI, agrupando los países en cuartiles, según el valor de los indicadores de innovación. A pesar de las importantes conclusiones, este trabajo no detectó, clasificó ni trató las anomalías. Utilizando los mismos indicadores, Galdino (2019a) identificó cuellos de botella y tendencias en los Insumos de Innovación de SNI de Brasil. En este estudio, el autor enfrentó la falta de datos, cambios metodológicos en GII y variables con valores extraños. Para tratar de superar los efectos de estos problemas en la identificación de cuellos de botella y tendencias, se llevaron a cabo ejercicios contrafácticos. Sin embargo, el no generalizó el procedimiento adoptado, ni propuso una técnica para identificar anomalías y tratar los problemas identificados de forma automática, se adoptó un procedimiento empírico.

Utilizando datos del Foro Económico Mundial de 1996 a 2012 en China, Wang, Zhao y Zhang (2016) analizaron el SNI chino con un enfoque en el lapso de tiempo entre las inversiones en insumos de innovación y los resultados en términos de productos de innovación. En este estudio, los autores encontraron datos faltantes en la variable que mide la colaboración entre la industria y la academia para el período 1996 a 2006 y completaron la serie temporal considerando los datos de 2007 como valores faltantes, sin discutir los efectos y justificaciones en cuanto a la relevancia de este procedimiento.

El propio GII reconoce, en su Anexo 2, la existencia de factores generadores de anomalías en sus variables de base y, por tanto, recomienda cautela en los análisis evolutivos (DUTTA; LAVIN; WUNSCH-VICENT, 2017). Por ejemplo, en el informe de 2017 se realiza un análisis evolutivo del desempeño de los diez primeros países durante los cinco años anteriores. En este análisis se observan cambios significativos en la clasificación de Holanda, particularmente entre los años 2015 y 2017, y se comenta que esto pudo haber ocurrido como consecuencia de cambios en la metodología o falta de datos, sugiriendo que la variación abrupta en la posición de Holanda en el *ranking* no sería confiable. Sin embargo, el GII no profundiza el análisis de este tema, ni discute cómo resolver eventuales problemas (DUTTA et al., 2018).

En un intento por evitar problemas de anomalías, algunos estudios, como el realizado por Porto y Memória (2019), restringen el período de análisis, suprimiendo los años que contienen anomalías. Otros utilizan procedimientos simples en un intento de mitigar anomalías, como repitiendo los datos o utilizando promedios para reemplazar los datos faltantes. Aún existen trabajos omitidos sobre este tema. Refaat y Hadi (2018) enfatizan la importancia de identificar y tratar anomalías en series temporales como un mecanismo esencial para aumentar la confiabilidad de los análisis y describir con mayor precisión el fenómeno en estudio. Por otro lado, sin la identificación y tratamiento de anomalías, los resultados de análisis frecuentemente utilizados para apoyar la formulación de políticas públicas y decisiones de empresarios e inversionistas pueden verse comprometidos.

Por tanto, en general, el análisis de series temporales de indicadores de innovación de un SNI puede generar conclusiones erróneas sobre el comportamiento de un país, si no se adopta un método eficiente y eficaz de identificación y corrección de anomalías.

### 3 Anomalías de series temporales

En estadística, la anomalía, o *outlier*, puede definirse como una observación que se desvía significativamente de las demás, generando sospechas sobre cómo se generó (HAWKINS, 1980). Es decir, una anomalía representa una no conformidad con relación a un comportamiento esperado, siendo considerada una excepción (CHANDOLA; BANERJEE; KUMAR, 2009). La detección de anomalías se ha estudiado en una variedad de aplicaciones, como en la detección de intrusiones de ciberdefensa, la detección de fraudes con tarjetas de crédito o la contabilidad fraudulenta en la industria (BLÁZQUEZ-GARCÍA et al., 2021; GUPTA et al., 2014). Muchos de estos estudios se basan en análisis de series temporales (GUPTA et al., 2014).

Se han propuesto algunos métodos de análisis de anomalías en series temporales, con el objetivo, por ejemplo, de entrenar modelos según la clase de anomalías, optimización de umbrales para mejorar la detección de anomalías o predicción de una serie temporal basada en *deep-learning* – o sea, aprendizaje profundo (BUDDHA; CAGLAYAN; ASSEM, 2018). Sin embargo, las especificidades de las técnicas y sus parámetros y los rendimientos obtenidos dependen fundamentalmente de la aplicación (BLÁZQUEZ-GARCÍA et al., 2021), siendo, por tanto, difíciles de generalizar para una diversa gama de problemas.

### 4 Políticas públicas y lo incrementalismo de la innovación

Dada la gran cantidad de variables desconocidas que influyen o son influenciadas por las políticas públicas, los formuladores de políticas generalmente adoptan posturas conservadoras en la toma de decisiones relacionadas con el gasto, los presupuestos, los impuestos y otros factores sociales (AINSWORTH; HALL, 2011; CARDOSO JÚNIOR; CASTRO, 2016; WILDAVSKY, 1966). En consecuencia, las políticas públicas difícilmente provocan cambios abruptos en la realidad nacional (MICALE, 1990). Suelen producir efectos o resultados lenta y gradualmente, como sugiere la teoría del incrementalismo (LINDBLOM, 1959). El incrementalismo en este contexto

equivale a cambios marginales que ocurren en pequeños pasos, continuando los patrones de pensamiento y modus operandi ya aceptados por la sociedad (BRAYBROOKE; LINDBLOM, 1970; TEIXEIRA; MISSIO, 2011; WILDAVSKY, 1966).

En el campo de la innovación tecnológica, las innovaciones incrementales, que en esencia producen pequeños cambios, son más frecuentes que las radicales y disruptivas (DOSI, 1982; FREEMAN; SOETE, 1997; JANGER et al., 2017; LUNDVALL, 2010). En muchos casos, las innovaciones radicales pueden perjudicar el retorno de las inversiones de tecnologías que se difunden y aceptan en el mercado, provocando que las grandes empresas adopten posturas conservadoras, en detrimento de lanzar novedades que perjudiquen los productos o servicios que se comercializan. Por lo tanto, esta tendencia ha llevado a una mayor ocurrencia de innovaciones incrementales en lugar de radicales en varias industrias (JANGER et al., 2017).

Además, la condición incremental de la innovación tiende a ser más intensa en los países emergentes, cuyas empresas de base tecnológica suelen iniciar sus negocios a partir de tecnologías adquiridas a empresas extranjeras (HOBDAY, 1997; KIM, 2005). En estos países, estas empresas suelen adoptar técnicas de innovación de imitación con cierta frecuencia, no dominan tecnologías críticas y se involucran en un proceso gradual y creciente de aprendizaje y acumulación de capacidades tecnológicas (FIGUEIREDO, 2004; KIM, 2005).

Cabe señalar que aun cuando ocurren innovaciones radicales en el ámbito empresarial, sus signos se manifiestan de forma anticipada y progresiva y pueden ser captados por las distintas variables de un SNI, como las relacionadas con la indicación de inversiones en I&D, publicaciones científicas, patentes, creación de startups etc (MAZZUCATO, 2014).

Por tanto, las innovaciones radicales son el resultado de acciones que se dan en el tiempo, del surgimiento de ideas e invenciones que se desarrollan, recorriendo un largo camino hasta convertirse en productos y servicios exitosos (TROTT, 2008). El efecto “radical” se percibe desde el punto de vista del mercado, en el que tanto el usuario final como las empresas promotoras de estas innovaciones deparan cambios de hábitos, habilidades, capacidades y procedimientos (AFUAH; BAHRAM, 1995). Toda innovación considerada radical para una entidad que la recibe, como el consumidor final o una gran empresa integradora, resulta de un laborioso proceso de innovación incremental emprendido por la entidad que la brindó, como las empresas proveedoras de componentes (AFUAH; BAHRAM, 1995). La innovación, por tanto, puede ser considerada como un fenómeno que se da en la sociedad moderna, cuyos procesos suceden de forma gradual y acumulativa, pudiendo incluso surgir de combinaciones de posibilidades y componentes preexistentes, es decir, las innovaciones futuras siempre son dependientes del pasado (LUNDVALL, 2010).

En esta coyuntura, las innovaciones radicales, importantes en el contexto empresarial por sus efectos en el aumento de la productividad y competitividad de las empresas (AFUAH; BAHRAM, 1995; MAINE; THOMAS; UTTERBACK, 2014; SCHUMPETER, 1961), no necesariamente provocan cambios abruptos en un SNI (NIOSI et al., 1993). De acuerdo con la teoría de la evolución (NELSON; WINTER, 1982), design dominantes y regímenes tecnológicos evolucionan en ciclos incrementales, provocando que los cambios sistémicos de alcance nacional ocurran lentamente.

Dado todo lo anterior, es razonable admitir que los confiables indicadores de SNI no experimentan cambios abruptos a lo largo del tiempo. En este artículo, el concepto de **Incrementalismo de la Innovación** hace referencia a aquel proceso en el que los signos o efectos de las innovaciones incrementales y radicales son capturados progresivamente por indicadores de innovación implementados a nivel nacional, como los del GII.

## 5 Metodología

Inicialmente, desde un enfoque exploratorio, y basado en el incrementalismo de la capacidad de innovación de un país, se formalizó el concepto de anomalías. Cabe señalar que los estudios exploratorios son apropiados cuando se sabe poco sobre la realidad en cuestión y se pretende abrir un camino para futuras investigaciones (YIN, 1994).

En segundo lugar, a partir de la investigación bibliográfica, teniendo como fuente artículos científicos y la investigación documental, basada en informes de GII, se buscó identificar la frecuencia de ocurrencia de anomalías en los datos del GII y los efectos de estas anomalías en el análisis del SNI. Todos estos factores generadores de anomalías se triangularon en los distintos documentos recopilados, reforzando así la validez interna de la investigación (RIEGE, 2003).

En tercer lugar, adoptando como premisas el incrementalismo y el modelado gaussiano de las VB del GII y utilizando herramientas de inferencia estadística, se desarrolló un método para la detección automática de anomalías. Cabe mencionar que, a primera vista, se podría pensar que la forma más sencilla de detectar anomalías es consultar los propios informes del GII. Sin embargo, este enfoque es laborioso y ineficaz. El GII trabaja con un conjunto muy grande de variables (del orden de 80) y recopila datos de alrededor de 200 países, por lo que el análisis manual detallado de todos estos datos para identificar problemas lleva mucho tiempo. Además, los problemas de recopilación o procesamiento de datos no se señalan con frecuencia en los informes. Además, la mera identificación de anomalías no es suficiente para inferir sobre eventuales problemas en los análisis del SNI, ya que en algunos casos ejercen poca influencia sobre los valores de la VB. El punto clave es identificar las principales anomalías, en cuanto a los impactos ocasionados en la evaluación de los países, y clasificarlas en categorías específicas para poder abordarlas adecuadamente.

En cuarto lugar, con el apoyo de los informes del GII, las anomalías se clasifican en dos categorías: metodológicas e inconsistencias. Como cambios metodológicos, se consideran cambios en el cálculo de las variables de base, así como la inclusión y exclusión de la VB. Cabe señalar que a pesar de mejorar la calidad de los indicadores y acomodar mejoras en la comprensión del fenómeno de la innovación, se encontró que estos cambios a menudo provocan disturbios en las series temporales, constituyendo fuentes de anomalías, desde la perspectiva del incrementalismo. En las inconsistencias, a su vez, se incluyen cuestiones prácticas, como la falta de datos y problemas para generar, recopilar y procesar los datos.

Finalmente, se realizó un análisis del funcionamiento del procedimiento propuesto, discutiendo su uso en los indicadores de Productos de Innovación de Brasil para el período de 2013 hasta 2019.

### 5.1 Método propuesto para detectar y clasificar anomalías

Las series temporales de los indicadores de base del GII, como se discutió anteriormente, pueden contener una serie de anomalías capaces de socavar la confiabilidad de los estudios sobre el SNI de un país. El concepto de incrementalismo de la innovación, explorado en la Sección 4, sugiere que existen variaciones leves en los indicadores del GII en años consecutivos. En este trabajo se propone una metodología para identificar datos que se desvíen de este patrón normal, condición entendida como variaciones muy significativas en un breve intervalo de tiempo para los fenómenos que se manifiestan a nivel nacional. Para reducir el subjetivismo con respecto al uso del incrementalismo y evitar discusiones infructuosas con el objetivo de cuantificar el significado de “variaciones muy significativas”, la metodología emplea pruebas de hipótesis para identificar situaciones supuestamente anómalas. En resumen, este artículo propone adoptar un modelado probabilístico para describir las VB del GII y, con base en este modelo, se construye una prueba estadística para inferir sobre la “normalidad” de los datos divulgados en los informes del GII.

Las variables de base del GII infieren sobre fenómenos complejos que resultan de la influencia de muchos factores desconocidos. Considerando que dichos factores están modelados probabilísticamente y que se combinan para generar el fenómeno físico medido por la VB, se puede recurrir al clásico Teorema Central del Límite y admitir como válida la premisa de que tales variables pueden ser descritas por distribuciones gaussianas, cuyos parámetros estadísticos (media y varianza) permanecen prácticamente constantes en el tiempo, debido a la premisa del incrementalismo. Por lo tanto, la serie de temporal de las variables de base del GII se puede definir como una función muestral de un proceso estocástico gaussiano.

Considerando que existen  $N_{VB}$  variables de base a lo largo de  $J$  años, las cuales están representadas por  $X_{ij}$ , para  $i = 1, 2, \dots, N_{VB}$  e  $j = 1, 2, \dots, J$ , siendo  $j = 1$ , el índice que especifica el primer año de la serie temporal y  $j = J$  el último. Sean aún  $\mu_{ij}$  y  $\sigma_{ij}$ , respectivamente, la media y la desviación estándar de  $X_{ij}$ .

Por tanto, la variable aleatoria  $Z_i$  para  $i = 1, 2, \dots, N_{VB}$  se define de la siguiente manera:

$$Z_i = \sum_{j=1}^J X_{ij}^2 \quad \text{Eq. 1}$$

tiene una distribución Chi-cuadrado con grado de libertad  $GL = J - 1$ .

The test variable  $S_i$ , associated with the  $i$ -ésima variable de base del GII  $X_i$  de esta manera:

$$S_i = \sum_{j=1}^J \left[ \frac{(X_{ij} - \mu_{ij})^2}{\mu_{ij}} \right] \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, N_{VB}. \quad \text{Eq. 2}$$

Adoptando la premisa del incrementalismo, cualquier cambio en los parámetros estadísticos de las variables aleatorias que modelan los indicadores de línea de base puede admitirse como insignificante, especialmente cuando se considera un intervalo de tiempo de pocos años. Por lo tanto, la variable aleatoria  $S_i$  se puede aproximar mediante:

$$S_i = \sum_{j=1}^J \left[ \frac{(X_{ij} - \mu_i)^2}{\mu_i} \right] \text{ para } i = 1, 2, \dots, N_{VB}. \text{ Eq. 3}$$

Estimando el promedio a partir de los datos de la serie temporal de los indicadores de base, la Eq. 3 se puede obtener, en la práctica, de la siguiente manera:

$$S_i = \sum_{j=1}^J \left[ \frac{(X_{ij} - \hat{\mu}_i)^2}{\hat{\mu}_i} \right] \text{ para } i = 1, 2, \dots, N_{VB}. \text{ Eq. 4}$$

Al ser  $\hat{\mu}_i$  un estimador no polarizado del promedio de  $X_i$ , obtenido a partir de los datos disponibles en los informes de GII para los años bajo análisis. En este contexto,  $S_i$  expresado por la Ecuación 4, puede aproximarse mucho mediante una variable aleatoria de Chi-cuadrado.

Tomándose  $S_i$  como estadístico de prueba, se puede definir una prueba de hipótesis para verificar si las observaciones del  $i$ -ésimo indicador siguen una distribución de Chi-cuadrado, hecho que puede servir para inferir sobre la normalidad de los datos publicados por el GII, pues este modelo estadístico se obtuvo considerando las limitaciones impuestas por la idea de incrementalismo.

Se propone la siguiente definición de hipótesis nula de la Prueba de Hipótesis: “no hay evidencias de anomalías en los datos”. Esto quiere decir que los datos se comportan bien, oscilando en torno a la media aritmética de los valores obtenidos para los años considerados  $\hat{\mu}_i$ , siguiendo una distribución Gaussiana de tal forma que la variable de prueba, dada la hipótesis de normalidad, tiene una distribución Chi-cuadrado. Los cambios abruptos se considerarían como una indicación de la ocurrencia de la hipótesis alternativa definida como “hay evidencia de anormalidad en los datos publicados por el GII”. Dicha prueba de hipótesis se sustenta en la perspectiva de que no es razonable que los indicadores nacionales de innovación muestren variaciones abruptas. Cabe reiterar que esto no significa que las VB no deban cambiar con el tiempo, sino que se comportan de acuerdo con una variable aleatoria gaussiana cuyos parámetros estadísticos cambian incrementalmente con el tiempo.

Por lo tanto, si la hipótesis nula es verdadera,  $S_i$ , la estadística de prueba sigue una distribución de Chi-cuadrado. El riesgo de que esta hipótesis sea rechazada erróneamente (error Tipo I) se denomina nivel de significancia,  $\alpha$ , generalmente un valor mucho menor que 1. Es decir, cuando la prueba de hipótesis indica la normalidad de los datos como verdadera, de acuerdo con la definición aquí presentada para esta condición, habrá  $1 - \alpha$  de probabilidad de que esta afirmación represente la veracidad de los hechos, siendo este valor lo más cercano al 100% que se quiera, atribuyéndose uno  $\alpha$  adecuado.

La confirmación de la hipótesis nula ocurrirá cuando la observación esté contenida dentro de la región de aceptación o, de manera similar, fuera de la región de rechazo. Como la prueba en discusión es unilateral, estas regiones están delimitadas por un único valor crítico ( $V_c$ ) que sirve como referencia para comparar la variable de prueba. Es decir, la hipótesis nula será verdadera cuando:  $P(\chi_{GL}^2 < V_c) = 1 - \alpha$ , siendo  $\chi_{GL}^2$  una variable Chi-cuadrado con grado de libertad GL, en lo que  $V_c$  é definido conforme valor de  $\alpha$ . En el caso concreto, la prueba es la siguiente: si  $S_i < V_c$ , se decide por la normalidad de los datos, en caso contrario, por la ocurrencia de anomalías.

La prueba de hipótesis que aquí se presenta separa las variables de base de un determinado país en dos conjuntos, las que presentan algún tipo de anomalía en los datos para los años considerados en el estudio y las que siguen el patrón de normalidad.

El siguiente paso del método es basado en la clasificación del tipo de anomalía a partir de las variables de base que supuestamente presentan anomalías. Esto se hace volviendo a aplicar la prueba de hipótesis y utilizando los informes GII.

Inicialmente se utiliza la misma prueba estadística para identificar los años que ocasionaron la violación de la normalidad, suprimiendo progresivamente los datos de la serie temporal que presentó anomalía y repitiendo la prueba de hipótesis para la serie con dato suprimido hasta que se observe la hipótesis nula, indicando que los datos restantes de la serie temporal se comportan según el patrón esperado.

Posteriormente, se verifica, para las variables de base y los años considerados anómalos, la ocurrencia de cambios metodológicos desde los informes del GII. En caso de que no se identifiquen cambios metodológicos, se decide por la ocurrencia de inconsistencia en los datos.

En resumen, el método propuesto consta de los siguientes pasos:

1. Realizar una prueba de hipótesis para ver si las variables de base se comportan de manera coherente con la teoría del incrementalismo.
2. Crear el conjunto  $\mathbb{A}$  de variables de base que tienen datos anómalos.
3. Para cada variable de base del conjunto  $\mathbb{A}$ , realizar una prueba de hipótesis para identificar los años que hicieron anómala la variable de base.
4. Crear el conjunto  $\mathbb{B}$  formado por los datos de las variables de base de los años considerados anómalos.
5. Para cada elemento del conjunto  $\mathbb{B}$ , clasificar las anomalías entre cambios metodológicos o inconsistencias, sustentadas en los informes de GII.

## 6 Estudio de caso

Para aplicar el método propuesto, se utilizarán como estudio de caso los indicadores de Productos de Innovación de Brasil, de 2013 a 2019. Compuesto por los subpilares "Productos de Conocimiento" y "Productos de Tecnología y Creativos", los Productos de Innovación de Brasil, para el período considerado, representan una buena elección de compromiso entre el espacio limitado para discutir los resultados de la aplicación del método aquí propuesto y la necesidad de considerar un importante conjunto de indicadores del GII capaces de proporcionar una gran cantidad de situaciones que involucran anomalías.

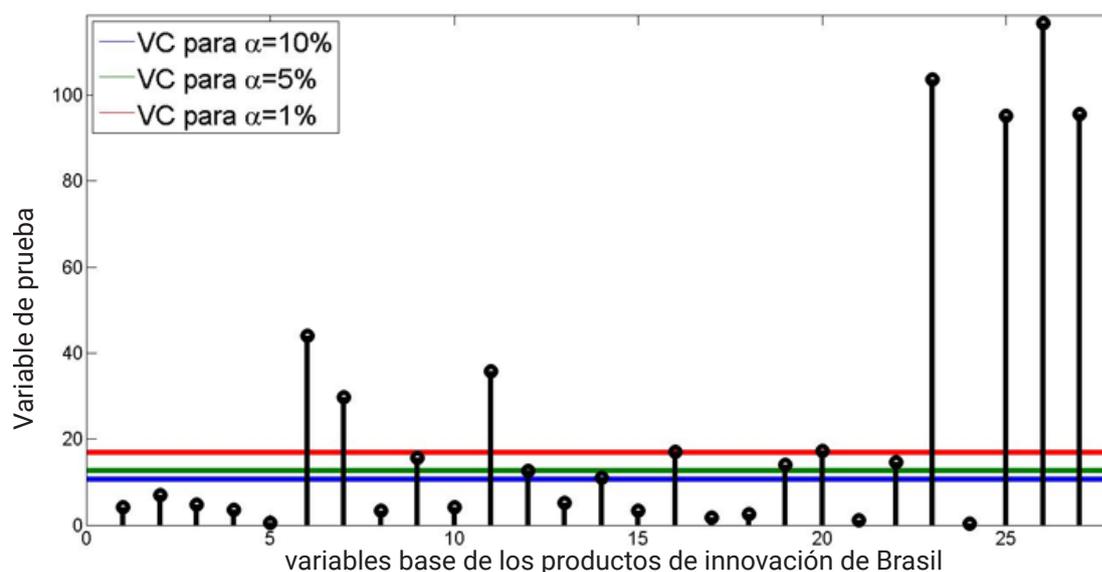
Como las series temporales contienen siete años ( $J = 7$ ), las variables Chi-cuadrado que modelan las Pruebas de Hipótesis (TH) tienen seis grados de libertad ( $GL = 6$ ). En el anexo A se presenta una tabla con los valores críticos ( $V_c$ ) a utilizarse en las pruebas de hipótesis, tanto para identificar la VB con anomalías, como los años en los que se manifiestan, en este caso el grado de libertad de la variable Chi-cuadrado será menor que 6. Los resultados aquí discutidos se obtuvieron para los niveles de significancia  $\alpha$  de 1%, 5% y 10%, para estos valores de  $\alpha$ , cuando la prueba indica que los datos no presentan anomalías, si la modelación propuesta captura adecuadamente el patrón de nor-

malidad en los datos, habrá, respectivamente, 99%, 95% y 90% de probabilidad de que los datos no presenten anomalías. Por tanto, el analista puede ser más riguroso en la identificación de datos dudosos, adoptando un valor pequeño para  $\alpha$ , de modo que cuanto menor sea el valor de este parámetro, más conservadora será la prueba, ya que se reduce la probabilidad de falsas alarmas (aquella de clasificar datos normales como anómalos), al tiempo que aumenta la probabilidad de pérdida (es decir, la probabilidad de no identificar datos anómalos). De esta forma, si el modelado resulta ser adherente al fenómeno real, el analista tiene un criterio objetivo para identificar anomalías.

Para obtener sus indicadores de Productos de Innovación, el GII utiliza los pilares Productos de Conocimiento y Tecnología y Productos Creativos. Cada uno de ellos resulta del promedio de tres subpilares, los cuales, a su vez, están formados por el agregado de tres a cinco variables de base, enumeradas en el Anexo B.

Los resultados de los TH se muestran en el Gráfico 1, en el que las líneas horizontales coloreadas son los valores críticos en función de  $\alpha$  y las verticales los valores de las variables de prueba de las 27 VB de los Productos de Innovación del GII para Brasil, indexados por  $i$ , según informado en el Anexo B. Cuando el valor de la variable de prueba de la variable de base excede el valor crítico, la prueba estadística indica que los datos de la VB en estudio no siguen el patrón establecido, lo cual ocurrió con 14 de las 27 variables de base para  $\alpha$  igual al 10%, esta cantidad cae a 13 VB cuando se usa el valor de  $\alpha$  igual a 5% y a 9 con  $\alpha$  igual a 1%. Este comportamiento de prueba de hipótesis es una evidencia objetiva de que el modelado es coherente.

Gráfico 1– Valores de las variables de prueba para Productos de Innovación y VC en función de  $\alpha$



Fuente: Los autores (2021).

La Tabla 1 presenta la lista de variables de base en Brasil cuyos datos se consideran anómalos según el valor de  $\alpha$

Tabla 1 – Classificação das variáveis de base conforme o resultado do teste estatístico.

| $\alpha$ | $i$ | Cód   | Variables de Base con Anomalías Conjunto $\mathbb{A}$   |
|----------|-----|-------|---|
| 0,01     | 6   | 6.2.1 | Tasa de crecimiento del PIB por persona comprometida;   |
|          | 7   | 6.2.2 | Densidad de nuevos negocios;  |
|          | 11  | 6.3.1 | Ingresos por regalías y licencias (% exportaciones de servicios);                             |
|          | 16  | 7.1.2 | Registros de marcas en el sistema de Madrid por país de origen;                               |
|          | 20  | 7.2.2 | Largometrajes nacionales producidos;  |
|          | 23  | 7.2.5 | Exportaciones de bienes creativos   |
|          | 25  | 7.3.2 | Dominios de nivel superior con código de país (ccTLDs)  |
|          | 26  | 7.3.3 | Ediciones mensuales de Wikipedia  |
|          | 27  | 7.3.4 | Subidas de videos en YouTube  |
| 0,05     | 9   | 6.2.4 | Certificados de calidad ISO 9001;   |
|          | 12  | 6.3.2 | Exportaciones de alta tecnología;   |
|          | 19  | 7.2.1 | Exportaciones de servicios audiovisuales y conexos;   |
|          | 22  | 7.2.4 | Producción de imprenta y publicación; y<br>Todas las obtenidas con $\alpha = 0.01$ .          |
| 0,10     | 14  | 6.3.4 | Salidas netas de inversión directa extranjera; y<br>Todas las obtenidas con $\alpha = 0.05$ . |

Fuente: Los autores (2021).

El siguiente análisis estará respaldado por la Variación Porcentual Anual (VPA) en relación con al promedio de la Variable de Base  $i$  entre los años  $j$  y  $j+1$  ( $VPA_{i,j}$ ), definida de la siguiente manera:

$$VPA_{i,j} = \frac{(X_{i,j+1} - X_{i,j})}{\hat{\mu}_i} 100\% \quad \text{Eq. 5}$$

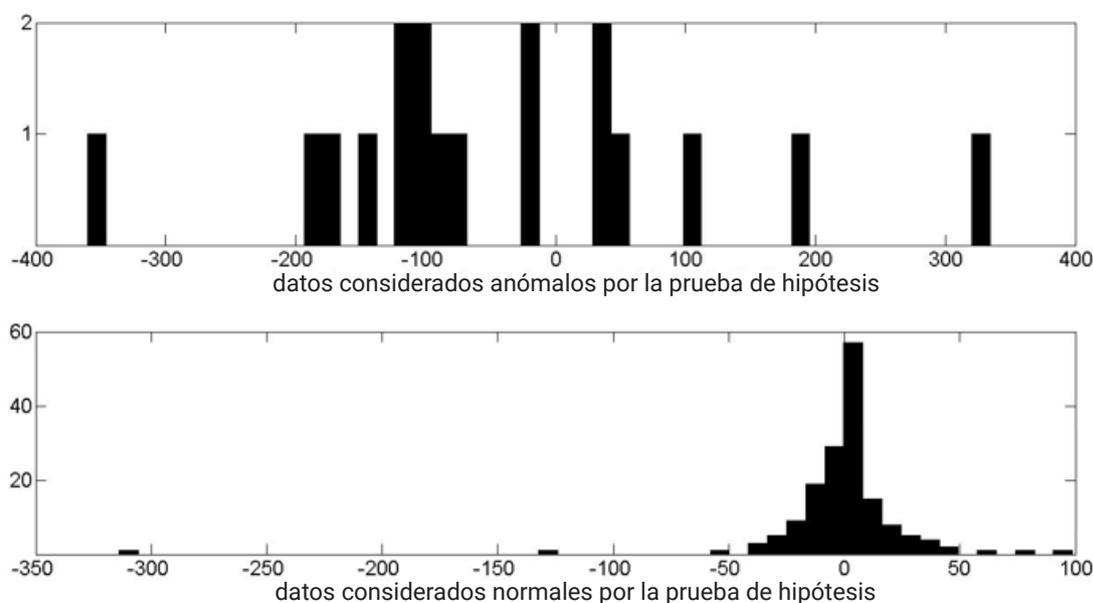
El Gráfico 2 muestra los histogramas para las variaciones porcentuales en relación a la media de las variables de base de los datos considerados anómalos y normales por el TH con  $\alpha = 0,10$ . Ella muestra claramente que la Prueba de Hipótesis se correlaciona con la premisa de incrementalismo, ya que las variaciones antes mencionadas son pequeñas para datos considerados normales y grandes para los detectados como anómalos. De los 189 datos utilizados para obtener este resultado (27 variables de base de 2013 a 2017), 171 se consideraron normales, de las cuales solo 6 mostraron una variación porcentual con relación al promedio de la variable de base mayor o igual al 50%, lo que representa solo el 3,5% de los datos. Por otro lado, 14 de los 18 considerados anómalos tienen una variación porcentual superior al 50%, es decir, el 78% de los datos.

Por supuesto, los procedimientos de detección están sujetos a errores de pérdidas y de falsas alarmas. En el caso concreto, es posible que algunas anomalías hayan sido catalogadas como normales y algunos datos normales como anómalos, incluyendo erróneamente tanto valores de grandes cambios porcentuales en la parte inferior del Gráfico 2, como valores de pequeños cambios porcentuales en la parte superior del Gráfico 2. Sin embargo, independientemente de los inevitables errores de las pruebas de hipótesis (probabilidad de pérdida y falsa alarma), se puede afirmar, ciertamente, que el procedimiento separa los datos en dos grupos según las variaciones porcentuales en relación a las medias de las variables de base del GII, considerándose normales

aquellas con menor variación. Esto es una evidencia de que la prueba propuesta es capaz de separar las VB que muestran variaciones abruptas de aquellas con variaciones leves.

Vale la pena reafirmar la coherencia de los resultados presentados en la Tabla 1 en relación al valor de  $\alpha$ . A medida que disminuye el valor de este parámetro, la prueba se vuelve más conservadora y, por lo tanto, más sensible para detectar anomalías.

Gráfico 2 – Histograma de VPA para datos anómalos (superior) y normales (inferior).



Fuente: Los autores (2021).

La Tabla 2 presenta las informaciones relacionadas con las variables de base clasificadas como conteniendo anomalías por el procedimiento propuesto en este trabajo. Estas informaciones cubren no solo los resultados de la prueba de hipótesis, sino también la clasificación de la anomalía obtenida con el apoyo de los informes de GII.

Para identificar los cambios metodológicos ocurridos entre 2013 y 2019, se consultaron los informes del GII que presentan las variables de base de los Productos de Innovación. Suponiendo, de manera preliminar, que el procedimiento propuesto clasifica correctamente las anomalías, cuando no hay cambio en los reportes antes mencionados, se concluye que existen inconsistencias de medición (resultantes, por ejemplo, de errores en la generación, recolección y procesamiento de datos y falta de datos), explicitándose dicha información en la Tabla 2.

Se verificaron cambios metodológicos en seis de las catorce VB que contenían anomalías (6.3.1, 6.3.2, 7.2.1, 7.2.4, 7.3.3 y 7.3.4). De estas, cuatro produjeron variaciones porcentuales importantes y fueron correctamente identificadas por el procedimiento propuesto, incluyendo el año en que ocurrieron los cambios. Las otras dos VB con cambios metodológicos (6.3.2 y 7.3.4) no fueron identificadas por el procedimiento propuesto. Sin embargo, en el caso de Brasil, como se observa en el Gráfico 3, en los años en los que se produjeron los cambios metodológicos (2014 en VB 6.3.2 y 2018 en VB 7.3.4) no hubo cambios significativos en las VB,

por lo que no es error de método configurado. Por el contrario, actuó correctamente al señalar los años en los que se produjeron los principales cambios en estas dos VB.

**Quadro 2 – Variables de base consideradas anómalas en la Prueba de Hipótesis en función del valor de  $\alpha$  y clasificación de la anomalía según datos de los informes del GII.**

| $\alpha$ | Variable de Base |        | Años        |              | Tipo de anomalía Informes | $VPA_{i,j}$    |
|----------|------------------|--------|-------------|--------------|---------------------------|----------------|
|          | <i>I</i>         | Código | TH          | Informes     |                           |                |
| 0,01     | 6                | 6      | 2017        | –            | Inconsistencia            | 101,1          |
|          | 7                | 6.2.2  | 2017        | –            | Inconsistencia            | -142,8         |
| 0,05     | 9                | 6.2.4  | 2017        | –            | Inconsistencia            | -70,8*         |
| 0,01     | 11               | 6.3.1  | –           | 2014         | Metodológica              | 0,6*           |
|          |                  |        | <b>2015</b> | <b>2016</b>  | <b>Metodológica</b>       | <b>-118,2*</b> |
|          |                  |        | –           | 2019         | Metodológica              | -13,1*         |
| 0,05     | 12               | 6.3.2  | –           | 2014         | Metodológica              | -1,3*          |
|          |                  |        | 2017        | 2017         | Inconsistencia            | 41,2           |
|          |                  |        | 2018        | 2018         | Inconsistencia            | 40,4           |
| 0,10     | 14               | 6.3.4  | 2014        | –            | Inconsistencia            | -25,1          |
| 0,01     | 16               | 7.1.2  | 2013-2015   | –            | Inconsistencia            | **             |
| 0,05     | 19               | 7.2.1  | <b>2013</b> | <b>2014</b>  | <b>Metodológica</b>       | <b>98,8*</b>   |
| 0,01     | 20               | 7.2.2  | 2013        | –            | Inconsistencia            | -172,3         |
| 0,05     | 22               | 7.2.4  | 2013        | –            | Inconsistencia            | -112,7         |
|          |                  |        | <b>2017</b> | <b>2018</b>  | <b>Metodológica</b>       | <b>43,2*</b>   |
| 0,01     | 23               | 7.2.5  | 2013        | –            | Inconsistencia            | -313,8         |
|          |                  |        | 2018        | –            | Inconsistencia            | -57,5          |
|          | 25               | 7.3.2  | 2014        | –            | Inconsistencia            | -179,7         |
|          | 26               | 7.3.3  | <b>2016</b> | <b>2017</b>  | <b>Metodológica</b>       | <b>334,28</b>  |
|          |                  |        | 2017        | –            | Inconsistencia            | -359,7         |
|          | 27               | 7.3.4  | 2015        | –            | Inconsistencia            | -98,9          |
| –        |                  |        | 2018        | Metodológica | -29,9*                    |                |

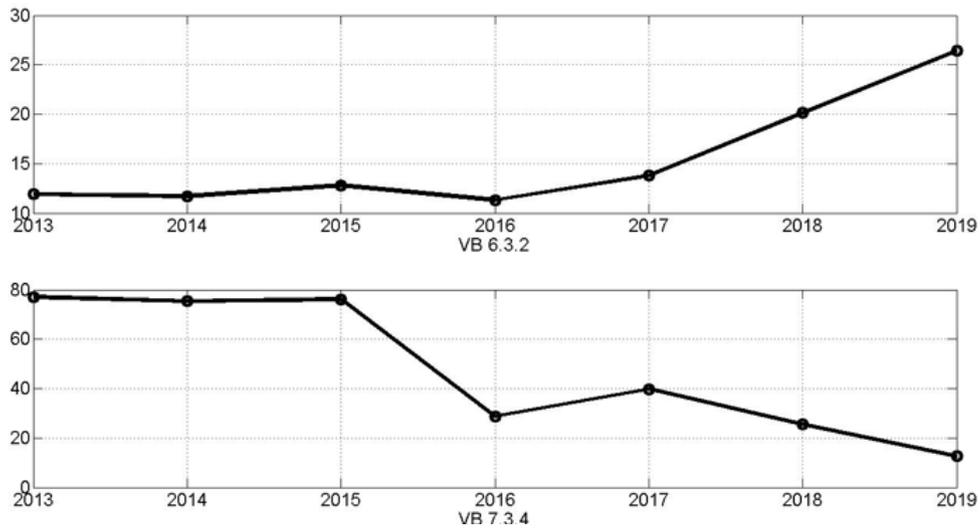
Fuente: Los autores (2021).

Notas:

\* En los cambios metodológicos, el efecto sobre el cambio de VB, en principio, se manifiesta en el VPA del año anterior.

\*\* No se proporcionaron datos para la VB de los años 2013, 2014 y 2015. VPA arrojó un valor infinito.

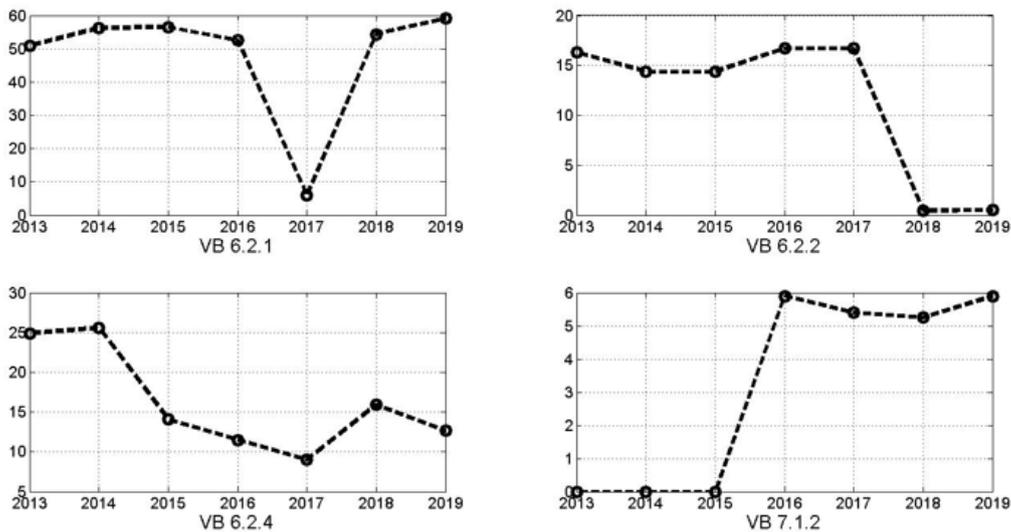
Gráfico 3 – Serie temporal de las VB anómalas con cambios metodológicos no identificados por TH.



Fuente: Los autores (2021).

La Tabla 3 presenta ocho VB en las que no se encontraron cambios metodológicos, por lo que, de acuerdo al procedimiento propuesto, se infiere por la presencia de inconsistencias. Dichas VB (6.2.1, 6.2.2, 6.2.4, 6.3.4, 7.1.2, 7.2.2, 7.2.5, 7.3.2) tienen valores de VPA altos. El Gráfico 4 muestra la evolución de cuatro de estas VB, mostrando que las inconsistencias están asociadas a variaciones significativas en los indicadores que necesitan ser investigadas en detalle o incluso tratadas para corregir errores para poder realizar análisis de tendencias con confiabilidad. En resumen, los resultados resumidos en la Tabla 3 indican que el método fue exitoso en la detección de anomalías.

Gráfico 4 – Series temporales de VB anómalas sin la ocurrencia de cambios metodológicos.



Fuente: Los autores (2021).

**Tabla 3 –Informaciones obtenidas de los informes del GII para las Variables de Base que no presentaron anomalías en la Prueba de Hipótesis.**

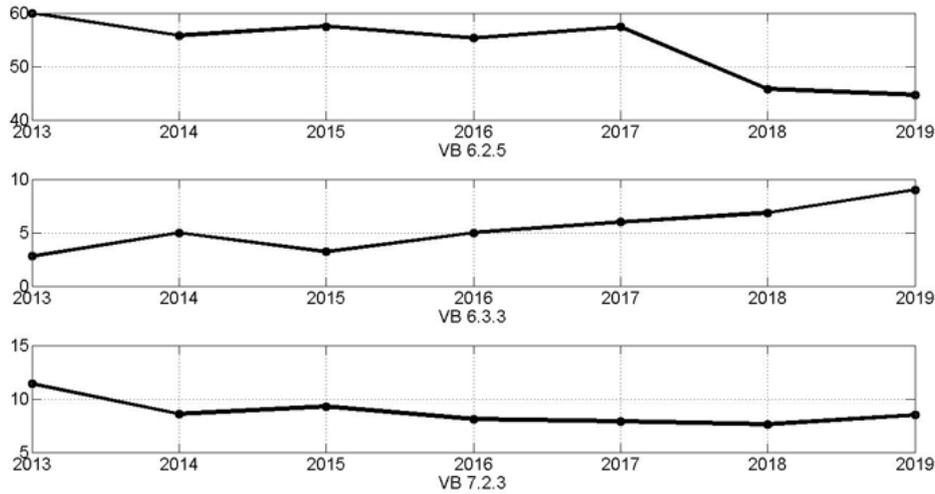
| Variable de Base |        | Años Informes | Tipo de anomalía Informes | Variación Porcentual Anual* (%) |
|------------------|--------|---------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>I</i>         | Código |               |                           |                                 |
| 1                | 6.1.1  | 2013          | Ninguna                   | 80,6                            |
| 2                | 6.1.2  | 2014          | Ninguna                   | -125,3                          |
| 3                | 6.1.3  | 2013          | Ninguna                   | 59,3                            |
| 4                | 6.1.4  | 2017          | Ninguna                   | -18,8                           |
| 5                | 6.1.5  | 2014          | Ninguna                   | -12,1                           |
| 8                | 6.2.3  | 2013          | Ninguna                   | 30,6                            |
| 10               | 6.2.5  | 2018          | Metodológica              | -21,5                           |
| 13               | 6.3.3  | 2014          | Metodológica              | 40,7                            |
|                  |        | 2016          | Metodológica              | 33,3                            |
|                  |        | 2019          | Metodológica              | 15,7                            |
| 15               | 7.1.1  | 2013          | Ninguna                   | 40,1                            |
| 17               | 7.1.3  | 2014          | Nenhum                    | -12,2                           |
| 18               | 7.1.4  | 2014          | Nenhum                    | -15,2                           |
| 21               | 7.2.3  | 2014          | Metodológica              | -31,9                           |
| 24               | 7.3.1  | 2013          | Nenhum                    | -11,3                           |

Fuente: Los autores (2021).

Notas: \*Cuando no se identifican cambios metodológicos, se presenta el VPA máximo de la VB.

La Tabla 3 presenta informaciones sobre las 14 VB normales, según el procedimiento aquí propuesto. De estos, se destacan tres (6.2.5, 6.3.3 y 7.2.3) que sufrieron cambios metodológicos, configurando, en principio, error de detección en la prueba estadística. Sin embargo, como se muestra en el Gráfico 5, con la excepción de la VB 6.2.5, los demás cambios metodológicos no ocasionaron cambios significativos en los indicadores de Brasil, por lo que no es apropiado considerar que hubo un error en el procedimiento propuesto. Por otro lado, el cambio metodológico de la VB 6.2.5 en 2018 parece establecer un nuevo nivel para el indicador, que debería haber sido indicado por el método propuesto.

Gráfico 5 – VB con anomalías que no fueron detectadas por el método propuesto.

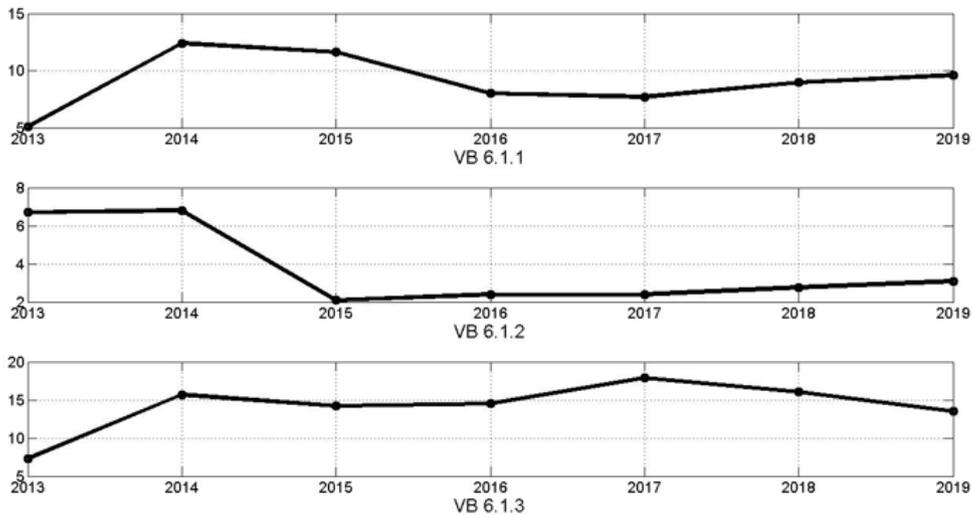


Fuente: Los autores (2021).

El gráfico 6 muestra las VB normales con valores altos de VPA. Entre ellas, se destaca la variación ocurrida en 2015 de la VB 6.1.2, que se puede caracterizar como un fallo de detección.

En resumen, de todos los casos analizados, el TH se equivocó en dos situaciones de un total de 37 reportadas en las Tablas 2 y 3, configurando un desempeño excepcional para una prueba de hipótesis, con una tasa de acierto del orden del 95%, consistente con el valor de  $\alpha$  utilizada. Esto es un fuerte indicio de que el modelado matemático realizado con base en la premisa del incrementalismo y en la adopción de una distribución gaussiana para las VB y la prueba propuesta, que fue concebida a partir de aproximaciones sustentadas en el principio del incrementalismo, son coherentes y eficientes en la detección de anomalías.

Gráfico 6 – VB sin anomalías con valores elevados de VPA.



Fuente: Los autores (2021).

## 7 Discusión

Basado en la premisa del incrementalismo de los indicadores de un SNI, que sugiere que los cambios abruptos en un SNI son poco probables (MICALE, 1990; NIOSI et al., 1993), este trabajo presentó el concepto de anomalías en los indicadores de GII y desarrolló una técnica para detectar tales anomalías y clasificarlas como metodológicas o inconsistencias. Esta técnica se construyó con base en la comprensión habitual de anomalía que se encuentra en la literatura clásica de estadística (BLÁZQUEZ-GARCÍA et al., 2021; BUDA; CAGLAYAN; ASSEM, 2018; GUPTA et al., 2014), así como en el comportamiento esperado de desarrollo incremental de la capacidad de innovación de un país (MICALE, 1990; NIOSI et al., 1993).

En la revisión bibliográfica, se evidenció que muchos estudios utilizan series temporales del GII como medio para analizar la capacidad de un SNI. También se demostró que, a menudo, las variables del GII presentan anomalías que dificultan y comprometen la precisión de los análisis de tendencias, identificación de cuellos de botella y evaluación de la capacidad de los SIN (ERCIŞ; ÜNALAN, 2016; FAGERBERG; SRHOLEC, 2008; KHEDHAOURIA; THURIK, 2017; MILENKOVIC et al., 2019; WANG; ZHAO, X.; ZHANG, 2016).

El análisis de los datos del estudio de caso permitió verificar que los principales factores que causan anomalías en una serie temporal de indicadores del GII son cambios metodológicos, falta de datos y datos con valores atípicos, estos últimos considerados inconsistencias. El método fue construido para detectar estos factores identificando cambios abruptos en las VB del GII sin requerir la necesidad de establecer una medida subjetiva de algún parámetro para codificar el concepto de “cambios abruptos”. A partir de la definición de Variación Porcentual Anual (APV), se demostró que el método logró resultados satisfactorios, logrando separar las GB con datos que contienen valores pequeños de VPA de aquellos con valores altos de VPA.

Se verificó, empíricamente, que algunos cambios metodológicos no fueron detectados por el método, particularmente cuando no ocasionaron variaciones significativas en las variables de base, por otro lado, todos los cambios que afectaron significativamente los valores de las variables fueron detectados por el método propuesto. Así, desde la perspectiva del incrementalismo, en ambos casos la prueba de hipótesis funcionó correctamente.

Asimismo, los análisis aquí realizados mostraron claramente que la detección de anomalías en ausencia de cambios metodológicos se manifestaron en situaciones de falta de datos y datos con valores muy diferentes a los demás en la serie temporal. Ésta es una evidencia objetiva de la pertinencia de la premisa del incrementalismo en el contexto del SNI; la eficiencia del método propuesto, como un mecanismo útil para implementar esta premisa en la práctica; y la coherencia de las aproximaciones que se adoptaron en su deducción.

Como prueba de hipótesis, el procedimiento propuesto presentó resultados satisfactorios, ya que no se identificaron errores críticos Tipo I, cuando la hipótesis nula es verdadera y la prueba indica que es falsa (en el caso específico “no hay evidencia de datos anómalos” y la prueba indica la presencia de anomalías) y Tipo II, que ocurre en la situación contraria, es decir, cuando la prueba acepta la hipótesis nula y la hipótesis alternativa efectivamente ocurrió (en el caso específico, la prueba establece que no hay presencia de anomalías cuando de hecho existen).

Así, en el contexto del GII, las anomalías pueden ser consideradas como cambios abruptos en el comportamiento de los indicadores de innovación en un determinado período de tiempo que pueden ser generadas por varios factores, como falta de datos, cambios metodológicos o errores de medición. Estos cambios abruptos se identifican estimando el nivel de significancia,  $\alpha$ . La metodología descrita en este estudio fue probada para tres valores de este parámetro que controla la sensibilidad de la prueba de hipótesis en la detección de cambios abruptos ( $\alpha = 1\%$ ,  $5\%$  o  $10\%$ ). Sin embargo, le corresponde al analista elegir los valores de más adecuados según el fenómeno analizado.

Por lo tanto, al sugerir que los indicadores de innovación no evolucionan drásticamente en un contexto nacional, el método propuesto destaca el concepto de anomalía al que a menudo se hace referencia por *outliers* en los informes de GII. La definición propuesta en este artículo difiere del término *outlier* utilizado en estos informes (SAISANA; DOMÍNGUEZ-TORREIRO; VÉRTESY 2018), ya que muchos cambios significativos en los valores de las variables de base son el resultado de cambios metodológicos y no pueden interpretarse como resultados extraños.

## 8 Conclusión

Los resultados aquí presentados para el caso de estudio considerado muestran la importancia de identificar y clasificar las anomalías del GII, ya que pueden ser significativas, ocurrir con frecuencia y engañar a los especialistas que analizan estos indicadores, comprometiendo la veracidad de las conclusiones sobre el SNI.

Se demostró que, a pesar de ser valioso, el mero análisis de informes, además de laborioso, no es capaz de resolver adecuadamente este problema, pues los efectos e intensidad de los cambios metodológicos sobre las variables de base son bastante diversificados. Además, algunas inconsistencias importantes no pueden identificarse con dicho procedimiento.

Estas características subrayan el valor de desarrollar procedimientos capaces de identificar anomalías, distinguirlas y clasificarlas, ya que sus causas y efectos son distintos y deben ser considerados adecuadamente en los estudios de tendencias y capacidad de los SNI.

Por razones prácticas, este estudio se limitó a analizar los productos de innovación en Brasil en el período de 2013 a 2019, poniendo el tema en evidencia y contribuyendo, en particular, a estudios sobre análisis evolutivos de indicadores de innovación que no se abstengan de un estricto trabajo de detección y tratamiento de anomalías.

Los estudios futuros pueden consolidar la técnica aquí propuesta, mediante su uso con otros indicadores de GII, países y franjas temporales. La influencia del valor del nivel de significancia en las probabilidades de pérdida y falla de detección se puede estudiar con mayor profundidad y se pueden implementar otras técnicas de detección de anomalías y compararlas con el procedimiento aquí propuesto.

## Autoría y Colaboraciones

Todos los autores participaron por igual en la elaboración del artículo.

## Referencias

- AFUAH, A. N.; BAHRAM, N. The hypercube of innovation. **Research Policy**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 51-76, 1995. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004873339300749J>. Acesso em: 13 jul. 2015.
- AINSWORTH, S. H.; HALL, T. E. **Abortion politics in Congress: strategic incrementalism and policy change**. [Cambridge]: Cambridge University Press, 2011.
- AVELLAR, A. P.; BRITO, J. Capacitação inovativa, investimento e produtividade na indústria brasileira: evidências da diversidade intersetorial. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 301-343, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8642287>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- BLÁZQUEZ-GARCÍA, A. et al. A review on *Outlier*/anomaly detection in time series data. **ACM Computing Surveys**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 1-33, June 2021.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Relatório de Auditoria 017.220/2018-1**. Auditoria realizada para identificar atores, políticas, iniciativas e arranjos institucionais relativos ao tema “Inovação”, bem como os fatores que podem estar contribuindo para o persistente baixo posicionamento do Brasil nos *rankings* de inovação. Recorrente: Secretaria de Controle Externo do Desenvolvimento Econômico. Relatora: Ana Arraes, 29 de maio de 2019. Disponível em: [https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/1722020181.PROC/DTRELEVANCIA\\_desc,NUMACORDAOINT\\_desc/0/?uuid=966eb5e0-9859-11e9-95b8-2537453d60df](https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/documento/acordao-completo/1722020181.PROC/DTRELEVANCIA_desc,NUMACORDAOINT_desc/0/?uuid=966eb5e0-9859-11e9-95b8-2537453d60df). Acesso em: 18 nov. 2019.
- BRAYBROOKE, D.; LINDBLOM, C. E. **A strategy of decision: policy evaluation as a social process**. [New York]: Free Press, 1970.
- BUDA, T. S.; CAGLAYAN, B.; ASSEM, H. DeepAD: a generic framework based on deep learning for time series anomaly detection. In: PHUNG, D. et al. (ed.). **Advances in knowledge discovery and data mining**. [S. l.]: Springer, 2018. p. 577-588. (Lecture Notes in Computer Science, v. 10937 LNAI).
- CARDOSO JÚNIOR, J. C.; CASTRO, J. A. Economia política das finanças sociais brasileiras no período 1995-2002. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 145-174, jna. 2016. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8642924>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- CHANDOLA, V.; BANERJEE, A.; KUMAR, V. Anomaly detection: a survey. **ACM Computing Surveys**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1-22, July 2009. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1541880.1541882>. Acesso em: 18 out. 2021.

CRESPO, N. F.; CRESPO, C. F. Global innovation index: Moving beyond the absolute value of *ranking* with a fuzzy-set analysis. **Journal of Business Research**, [s. l.], v. 69, n. 11, p. 5265-5271, Nov 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.123>. Accesado el: 23 nov. 2021.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982.

DUTTA, S. et al. Global innovation index 2018: energizing the world with innovation. In: DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (ed.). **Global innovation index 2018: energizing the world with innovation**. 11th ed. [Geneva]: Cornell University; INSEAD; WIPO, 2018. p. 3-54. Disponible en: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2018.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf). Accesado el: 24 nov. 2021.

DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (ed.). **The global innovation index 2017: innovation feeding the world**. 10th ed. [Geneva]: Cornell University; INSEAD; WIPO, 2017. Disponible en: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2017.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf). Accesado el: 24 nov. 2021.

ERCIŞ, A.; ÜNALAN, M. Innovation: a comparative case study of Turkey and South Korea. **Procedia: Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 235, p. 701-708, Nov 2016.

FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; VERSPAGEN, B. The evolution of Norway's national innovation system. **Science and Public Policy**, [Oxford], v. 36, n. 6, p. 431-444, July 2009. Disponible en: [https://mpira.ub.uni-muenchen.de/19330/1/MPRA\\_paper\\_19330.pdf](https://mpira.ub.uni-muenchen.de/19330/1/MPRA_paper_19330.pdf). Accesado el: 23 nov. 2021.

FAGERBERG, J.; SRHOLEC, M. National innovation systems, capabilities and economic development. **Research Policy**, [s. l.], v. 37, n. 9, p. 1417-1435, Oct 2008. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733308001431>. Accesado el: 29 abr. 2019.

FAMALIKA, A.; SIHOMBING, P. R. Implementation of K-Means and K-Medians Clustering in Several Countries Based on Global Innovation Index (GII) 2018. **Advance Sustainable Science, Engineering and Technology**, [Semarang], v. 3, n. 1, p. 0210107, 30 Apr 2021. Disponible en: <http://journal.upgris.ac.id/index.php/asset/article/view/8461>. Accesado el: 13 out. 2021.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 323, jul./dez. 2004. Disponible en: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648901>. Accesado el: 23 nov. 2021.

FRANCO, C.; OLIVEIRA, R. H. de. Inputs and outputs of innovation: analysis of the BRICS. **INMR - Innovation & Management Review**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 79-89, 2017. Disponible en: <https://www.revistas.usp.br/rai/article/view/112678>. Accesado el: 23 nov. 2021.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. [Cambridge]: MIT Press, 1997.

GALDINO, J. F. Análise de desempenho dos insumos de inovação do Sistema Nacional de Inovação do Brasil. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 75-93, 24 Maio 2019a. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/8125>. Acessado em: 23 nov. 2021a.

GALDINO, J. F. Reflexos da Era do Conhecimento e da 4ª Revolução Industrial na Defesa. *Artigos Estratégicos*, Brasília, DF, v. 6, n. 1, p. 7-27, jan./jun. 2019b. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/CEEEArE/article/view/2492>. Acessado em: 23 nov. 2021b.

GALDINO, J. F. Sistema Nacional de Inovação do Brasil: uma análise baseada no índice global de inovação. *Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 45, p. 129-144, set./dez. 2018. Disponível em: <http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/article/view/1391/1526>. Acessado em: 30 dez. 2018.

GOMES, E. G. M. As agências reguladoras independentes e o tribunal de contas da união: conflito de jurisdições? *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 4, p. 615-630, ago 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-76122006000400006&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122006000400006&lng=pt&tlng=pt). Acessado em: 21 nov. 2019.

GROENEWEGEN, J.; STEEN, M. V. der. The evolution of national innovation systems. *Journal of Economic Issues*, [London], v. 40, p. 277-285, June 2006.

GUPTA, M. et al. *Outlier detection for temporal data*. San Rafael, California: Morgan & Claypool, 2014. (Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery).

HAWKINS, D. M. **Identification of outliers**. [London]: Chapman & Hall, 1980.

HOBDAY, M. **Innovation in East Asia: the challenge to Japan**. [S. l.]: Edward Elgar, 1997.

JANGER, J. et al. The EU 2020 innovation indicator: A step forward in measuring innovation outputs and outcomes? *Research Policy*, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 30-42, Feb 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733316301597>. Acessado em: 25 jul. 2019.

JANKOWSKA, B.; MATYSEK-JĘDRYCH, A.; MROCZEK-DĄBROWSKA, K. Efficiency of national innovation systems - Poland and Bulgaria in the context of the global innovation index. *Comparative Economic Research: Central and Eastern Europe*, v. 20, n. 3, p. 77-94, Sep 2017.

KHEDHAOURIA, A.; THURIK, R. Configurational conditions of national innovation capability: a fuzzy set analysis approach. *Technological Forecasting and Social Change*, [s. l.], v. 120, p. 48-58, July 2017.

KIM, L. **Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coréia**. Campinas: UNICAMP, 2005.

KONDO, E. K. Desarrollo de indicadores estratégicos en ciencia y tecnología: principales problemas. **ACIMED**, Ciudad de La Habana, v. 9, p. 29-34, 2001. Supl. 4. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v9s4/aci05100.pdf>. Accesado el: 19 nov. 2019.

KOSE, C.; TOPÇU, U. C. Innovation measurement revisited comparison of three main measures. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT**, 18., 2016, Zagreb, Croatia. **Book of proceedings**. Zagreb: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; University North; Faculty of Management University of Warsaw, 2016. p. 245-253. Disponible en: [https://www.academia.edu/31163303/Innovation\\_Measurement\\_Revisited\\_Comparison\\_Of\\_Three\\_Main\\_Measures](https://www.academia.edu/31163303/Innovation_Measurement_Revisited_Comparison_Of_Three_Main_Measures). Accesado el: 29 abr. 2019.

LINDBLOM, C. E. The Science of “Muddling Through”. **Public Administration Review**, [Hoboken], v. 19, n. 2, p. 79-88, 1959. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/973677?origin=crossref>. Accesado el: 25 jul. 2019.

LUNDEVALL, B-Å. Innovation system research and policy where it came from and where it might go. [S. l.: s. n.], 2007. Paper to be presented at CAS Seminar, Oslo, December 4, 2007. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.502.1643&rep=rep1&type=pdf>. Accesado el: 24 nov. 2021.

LUNDEVALL, B-Å. (ed.). **National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning**. [London]: Anthem Press, 2010. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1gxp7cs>. Accesado el: 26 jul. 2019.

MAINE, E.; THOMAS, V. J.; UTTERBACK, J. Radical innovation from the confluence of technologies: innovation management strategies for the emerging nanobiotechnology industry. **Journal of Engineering and Technology Management - JET-M**, [s. l.], v. 32, p. 1-25, Apr/June 2014.

MAZZUCATO, Mariana. **O Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. o setor privado**. São Paulo: Portifolio-Penguin, 2014.

MICALE, L. M. **Policy change as innovation and incrementalism: the case of Plan 6 cost-sharing**. Tucson: The University of Arizona, 1990.

MILENKOVIC, N. et al. The correlation and interaction of the sustainability and global innovation in transition countries. **Applied Ecology and Environmental Research**, Budapest, v. 17, n. 2, p. 1499-1516, 2019. Disponible en: [http://epa.oszk.hu/02500/02583/00058/pdf/EPA02583\\_applied\\_ecology\\_2019\\_02\\_14991516.pdf](http://epa.oszk.hu/02500/02583/00058/pdf/EPA02583_applied_ecology_2019_02_14991516.pdf). Accesado el: 24 nov. 2021.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. [Cambridge, MA; London]: Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

NIOSI, J. et al. National systems of innovation: in search of a workable concept. **Technology in Society**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 207-227, 1993. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0160791X93900037>. Acessado em: 23 nov. 2021.

PORTO, G. S.; MEMÓRIA, C. V. Incentivos para inovação tecnológica: um estudo da política pública de renúncia fiscal no Brasil. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v. 53, n. 3, p. 520-541, maio/jun. 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-76122019000300520&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122019000300520&tlng=pt). Acessado em: 21 nov. 2019.

RAGIN, C. C. **What is Qualitative Comparative Analysis (QCA)?**. Oxford: Oxford University, 2008. Economic and Social Research Council's Research Methods Festival, Saint Catherine's College, Oxford University. Disponível em: [http://eprints.ncrm.ac.uk/250/1/What\\_is\\_QCA.pdf](http://eprints.ncrm.ac.uk/250/1/What_is_QCA.pdf). Acessado em: 23 nov. 2021.

REFAAT, E.; HADI, A. Constructing composite indices. **International Journal of Sociology and Social Policy**, Bingley, UK, v. 38, n. 1-2, p. 58-86, 2018. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/IJSSP-12-2016-0135>. Acessado em: 1 ago. 2019.

RIEGE, A. M. Validity and reliability tests in case study research: a literature review with “hands-on” applications for each research phase. **Qualitative Market Research: an International Journal**, Bingley, UK, v. 6, n. 2, p. 75-86, 2003. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13522750310470055>. Acessado em: 23 nov. 2021.

SAISANA, M.; DOMÍNGUEZ-TORREIRO, M.; VÉRTESY, D. Annex 3: Joint research centre statistical audit of the 2018 global innovation index. In: DUTTA, S.; LANVIN, B.; WUNSCH-VINCENT, S. (ed.). **Global innovation index 2018: energizing the world with innovation**. 11th ed. [Geneva]: Cornell University; INSEAD; WIPO, 2018. p. 71-87. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_gii\\_2018.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf). Acessado em: 24 nov. 2021.

SANTOS, E. C. do C. Papel do Estado para o desenvolvimento do SNI: lições das economias avançadas e de industrialização recente. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 23, n. 2 (51), p. 433-464, ago. 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8642149/9641>. Acessado em: 23 nov. 2021.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle**. Translated by Redvers Opie. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1961.

SCHONS, D. L.; PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F. Política Nacional de Inovação: uma questão de crescimento econômico, desenvolvimento e soberania nacional. **Coleção Meira Mattos: revista das ciências militares**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 49, p. 27-50, jan./abr. 2020. Disponible en: <http://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/3063/2679>. Accesado el: 23 nov. 2021.

SCHONS, D. L.; PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F. **Estudo comparado de sistemas setoriais de inovação: petróleo e gás, agronegócio e Exército**. In: ESTUDOS de defesa: inovação, estratégia e desenvolvimento industrial. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2021 (no prelo). p. 190-218.

SOGNER, K. Slow Growth and revolutionary change: the norwegian IT Industry enters the global age, 1970-2005. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; VERSPAGEN, B. **Innovation, path dependency, and policy: the Norwegian case**. Oxford: Oxford University Press, 2009. p. 264-294. Disponible en: <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199551552.001.0001/acprof-9780199551552-chapter-10>. Accesado el: 8 jul. 2019.

TEIXEIRA, A. M.; MISSIO, F. J. O “novo” consenso macroeconômico e alguns insights da crítica heterodoxa. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 723-297, ago. 2011 Disponible en: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8642349>. Accesado el: 30 mar. 2020.

TROTT, P. **Innovation management and new product development**. [Harlow]: Financial Times/Prentice Hall, 2008.

WANG, D; ZHAO, X.; ZHANG, Z. The time lags effects of innovation input on output in national innovation systems: the case of China. **Discrete Dynamics in Nature and Society**, London, v. 2016, p. 1-12, Sep 2016. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ddns/2016/1963815/>. Accesado el: 23 nov. 2021.

WILDAVSKY, A. The political economy of efficiency: cost-benefit analysis, systems analysis, and program budgeting. **Public Administration Review**, [Hoboken], v. 26, n. 4, p. 292-310,, Dec 1966. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/973301?origin=crossref>. Accesado el: 25 jul. 2019.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 2nd, rev. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1994.

ANEXO A – Valores Críticos de la Variable Chi-cuadrado para diferentes grados de libertad y  $1-\alpha$ .

| GL | $1-\alpha$ |      |       |      |
|----|------------|------|-------|------|
|    | 0,9        | 0,95 | 0,975 | 0,99 |
| 1  | 2,71       | 3,84 | 5,02  | 6,64 |
| 2  | 4,61       | 5,99 | 7,38  | 9,21 |
| 3  | 6,25       | 7,81 | 9,35  | 11,3 |
| 4  | 7,78       | 9,49 | 11,1  | 13,3 |
| 5  | 9,24       | 11,1 | 12,8  | 15,1 |
| 6  | 10,6       | 12,6 | 14,4  | 16,8 |

ANEXO B - Lista de los pilares, sub-pilares, variables de base (VB) de Productos de Innovación. Las VB están etiquetadas por el índice  $i$ , primera columna de la Tabla.

| Índice ( $i$ ) | Código | Descripción   |
|----------------|--------|---|
|                | 6.     | Producto de conocimiento y tecnología   |
|                | 6.1.   | Creación de conocimiento  |
| 1              | 6.1.1. | Solicitudes de patentes de residentes de la oficina nacional                  |
| 2              | 6.1.2. | Solicitudes de residentes del Tratado de Cooperación de Patentes              |
| 3              | 6.1.3. | Aplicativos de modelo de utilidad residente la oficina nacional               |
| 4              | 6.1.4. | Publicaciones científicas y técnicas  |
| 5              | 6.1.5. | Documentos citables Índice H  |
|                | 6.2.   | Impacto del conocimiento  |
| 6              | 6.2.1. | Tasa de crecimiento del PIB por persona comprometida                          |
| 7              | 6.2.2. | Densidad de nuevos negocios   |
| 8              | 6.2.3. | Gastos totales en software de computadora                                     |
| 9              | 6.2.4. | Certificados de calidad ISO 9001  |
| 10             | 6.2.5. | Producto de alta tecnología y media-alta tecnología                           |
|                | 6.3.   | Difusión del conocimiento   |
| 11             | 6.3.1. | Recibos de regalías y tasas de licencia (% de las exportaciones de servicios) |
| 12             | 6.3.2. | Exportaciones de alta tecnología  |
| 13             | 6.3.3. | Exportaciones de comunicaciones, informática y servicios de información,<br>% |
| 14             | 6.3.4. | Salidas netas de inversión extranjera directa                                 |
|                | 7.     | Salidas creativas   |
|                | 7.1.   | Activos intangibles   |

| Índice (i) | Código | Descripción  |
|------------|--------|--|
| 15         | 7.1.1. | Registros de marcas de residentes de la oficina nacional     |
| 16         | 7.1.2. | Registros de marcas del sistema de Madrid por país de origen |
| 17         | 7.1.3. | TICs y creación de modelos de negocios                       |
| 18         | 7.1.4. | Creación de TICs y modelos organizacionales                  |
|            | 7.2.   | Bienes y servicios creativos                                 |
| 19         | 7.2.1. | Exportación de servicios audiovisuales y conexos             |
| 20         | 7.2.2. | Películas nacionales producidas                              |
| 21         | 7.2.3. | Circulación diaria de periódicos                             |
| 22         | 7.2.4. | Producción de imprenta y publicación                         |
| 23         | 7.2.5. | Exportaciones de bienes creativos                            |
|            | 7.3.   | Creatividad online   |
| 24         | 7.3.1. | Dominios genéricos de primer nivel (gTLDs)                   |
| 25         | 7.3.2. | Dominios de nivel superior con código de país (ccTLDs)       |
| 26         | 7.3.3. | Ediciones mensuales de Wikipedia                             |
| 27         | 7.3.4. | Envíos de videos de YouTube                                  |

