

Diferencias en el desempeño por dimensiones del índice global de innovación (GII), de los países según nivel de renta 2018

Differences in performance by dimensions of the global innovation index (GII), of countries according to income level 2018

Menis Mercado Mejía,¹ Grace Angulo Pico² & Luis Arraut Camargo³

Copyright: © 2020

Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo.
Esta revista proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la [licencia creative commons](#) Atribución–NoComercial–SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Tipo de artículo: Resultado de Investigación

Recibido: julio de 2020

Revisado: septiembre de 2020

Aceptado: octubre de 2020

Autores

1 Economista y Magíster en Gestión de la Innovación de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Actualmente está vinculada como docente de tiempo completo del programa de Mercadeo de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universitaria Agustiniiana (Bogotá). Líder del grupo de investigación GEMA de la misma universidad, donde desarrolla líneas de trabajo relacionadas con la economía de la educación, comportamiento del consumidor y gestión de la innovación.

Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=unai-KzUAAAAJ&hl=es>

Correo electrónico: menis.mercado@uniagustiniana.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7313-4400>

2 Economista y Magíster en Cooperación Internacional para el desarrollo de la Universidad San Buenaventura (Cartagena). Actualmente vinculada al programa de Negocios Internacionales de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universitaria Agustiniiana (Bogotá). Sus líneas de trabajo están centradas en economía de la educación, econometría, mercado de trabajo y negocios internacionales.

Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=uKljqwAAAAJ&hl=es>

Correo electrónico: grace.angulop@uniagustiniana.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8393-4500>

3 Doctor en Ciencias Empresariales de la Universidad de Mondragón (España) y es Investigador Asociado del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (Ministerio de Ciencia, tecnología e innovación - Colombia). Actualmente se desempeña como profesor titular en la Universidad Tecnológica de Bolívar y director del Laboratorio de Creatividad e Innovación "El Patio" en la misma Universidad.

Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=WiiTCUAAAAJ&hl=es>

Correo electrónico: larraut@utb.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1246-1897>

Cómo citar:

Mercado Mejía, M, Angulo Pico, G. & Arraut Camargo, L. (2020). Diferencias en el desempeño por dimensiones del índice global de innovación (GII), de los países según nivel de renta 2018. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*. 7(2). 88-103
DOI 10.21500/23825014.4796

Resumen

El objetivo principal de este artículo es verificar la existencia de diferencias inter-grupos de países según nivel de renta, relacionadas con su rendimiento en las dimensiones de insumos y productos de innovación de acuerdo con los resultados del Global Innovation Index. Lo anterior contribuirá en primera instancia a soportar los análisis que recientemente se vienen adelantando con relación a los resultados del índice global de innovación y su influencia sobre las políticas públicas generadas para soportar el funcionamiento de los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación; así como también de las decisiones tomadas en el contexto de los grandes bloques económicos integrados por países de ingreso alto y medio alto, enfocadas en diferentes áreas como: salud, educación, fuentes de energía, tecnologías de la información y las telecomunicaciones, entre otras. De esta manera, conocer las diferencias entre países clasificados según nivel de renta es fundamental para explicar las relaciones de eficiencia generadas entre los insumos necesarios para la innovación y los resultados de la misma. El enfoque metodológico es cuantitativo y el método utilizado es inferencial correspondiente al análisis de varianza (Anova). El resultado principal de este análisis, fue comprobar empíricamente que existen diferencias inter-grupos de países, con relación a su desempeño en las dimensiones de input; mientras que se comprueba igualdad de medias para el desempeño en las dimensiones de output para los grupos de países de renta media-baja y baja.

Palabras clave: índice global de innovación; dimensiones de input; dimensiones de output; análisis de varianza; grupos de países según su nivel de renta.

Abstract

The main objective of this article is to verify the existence of inter-group differences of countries according to their income level, related to their performance in the dimensions of innovation inputs and products according to the results of the Global Innovation Index. The foregoing will contribute in the first instance to support the analyzes that have recently been carried out in relation to the results of the glo-



bal innovation index and its influence on the public policies generated to support the operation of the national science, technology and innovation systems; as well as the decisions made in the context of the large economic blocs made up of high-income and upper-middle-income countries, focused on different areas such as: health, education, energy sources, information technologies and telecommunications, among others. In this way, knowing the differences between countries classified according to income level is essential to explain the efficiency relationships generated between the inputs necessary for innovation and its results. The approach of this

research is quantitative and the method used is inferential corresponding to the analysis of variance (Anova). The main result of this analysis was to empirically verify that there are differences between groups of countries, in relation to their performance in the input dimensions; while equality of means is verified for performance in the output dimensions for the groups of lower-middle and lower income countries.

Keywords: global innovation index; input dimensions; output dimensions; variance analysis; groups of countries according to income level.

1. Introducción

En el contexto internacional, es cada vez más relevante el estudio de las capacidades de innovación por países y su influencia sobre el crecimiento y desarrollo económico de los territorios. En este sentido, el análisis de estas capacidades ha estado enfocado en dos frentes: el primero, a partir de indicadores sintéticos y el segundo, a partir de modelación econométrica. Estas medidas lo que finalmente muestran es la eficiencia de los sistemas nacionales de ciencia tecnología e innovación, en función de los productos que puede generar un país, dada su dotación inicial (o acumulada) de insumos (Dutrénit *et al.*, 2013).

Sin embargo, es necesario aclarar que la innovación se define como la capacidad de generar, adquirir, adaptar y usar nuevos conocimientos con el fin de lograr ventajas competitivas sostenibles, a partir de la transformación de una idea en un producto o servicio, ya sea nuevo o significativamente mejorado mediante el uso de conocimiento. El proceso de transformación a través del cual un insumo se convierte en producto de innovación ocurre por etapas (Saren, 1984), permitiendo a los países avanzar en la senda de crecimiento

económico. Es por esto que se torna relevante explorar la relación entre innovación, crecimiento y desarrollo económico. Existe consenso al respecto que el mejor desempeño de la innovación es resultado de transformar eficientemente los insumos en productos a partir de la función de producción de investigación y desarrollo (I+D), sin embargo, aún carece de una adecuada comprensión respecto a ¿cómo los insumos se transforman en productos de innovación? (Kijek & Kijek, 2010). Más allá de este interrogante, es importante añadir que resulta más completo este tipo de análisis cuando se incluyen variables de segmentación como la clasificación de países según nivel de ingresos.

Actualmente, las naciones se esfuerzan para alcanzar una mayor tasa de eficiencia en los procesos de innovación, y por tanto esos esfuerzos se están traduciendo en mejoras cada vez más significativas, tanto en su dinámica de consumo doméstico, como en sus variables macroeconómicas. No obstante, existen limitaciones en los recursos de inversión, sobre todo cuando se habla de estructura física y tecnológica, y formación de capital humano para estos procesos; particularmente en economías

en vías de desarrollo o con ingresos clasificados como medio-bajo o bajo, debatiéndose fuertemente entre la disyuntiva de garantizar la satisfacción de necesidades de primer orden de sus ciudadanos o construir capacidades de innovación. Esta dicotomía prevalece en América Latina debido a las necesidades básicas insatisfechas de la población y las fallas de mercado, las cuales hacen que la innovación sea insuficiente y se realice de manera intermitente (Aguilar-Barceló y Higuera-Cota, 2019).

Lo anterior se ha fundamentado teóricamente desde la década de los sesenta, con el surgimiento de una nueva corriente dentro de las teorías de crecimiento, organización industrial, economía regional y desarrollo de la firma; la cual se ha denominado economía de la innovación. La economía de la innovación ha pasado a ser el campo que se encarga de analizar los efectos de la introducción de nuevas tecnologías, y el cambio tecnológico como un proceso endógeno, avanzando más allá de la exogeneidad neoclásica (Antonelli, 2009).

Alineado con lo anterior, la estimación idónea de la capacidad de innovación es fundamental para el correcto diseño de políticas públicas. Es así como, el índice global de innovación plantea que el nivel de dotación de insumos permite crear entornos favorables para el desarrollo de los países en materia de innovación a través de la medición de los retornos. Este índice también permite conocer la clasificación anual de las principales economías del mundo en cuanto a su desempeño en cada uno de los componentes que intervienen en la medición. Sin embargo, aunque ofrece una medida estandarizada de qué tan innovadores son los países, no toma en cuenta los diferentes niveles de provisión o dotación de recursos en cada territorio. Lo anterior, motivó la formulación de la pregunta de investigación a resolver: ¿cuáles son las diferencias en el desempeño

por dimensiones del índice global de innovación de los países según nivel de renta para los resultados del año 2018?

Con relación a la pregunta por responder, es necesario recordar que históricamente, el cambio tecnológico ha sido un tema estudiado desde la teoría clásica pasando por Karl Marx hasta llegar a la teoría de la atracción de la demanda propuesta por los post-keynesianos. Entre los clásicos, Adam Smith identificó el importante rol del conocimiento y el cambio tecnológico como factores explicativos del proceso económico. Por su parte Karl Marx consideraba que el cambio tecnológico hace posible la extracción de plusvalía. Marx presta especial atención tanto a los procesos, como a los productos de innovación (Antonelli, 2009).

Adicionalmente y como referente fundamental, se encuentra el trabajo de Joseph Schumpeter (núcleo de la economía de la innovación), para quien la innovación es un conjunto complejo de interrelaciones cualitativas del entorno nacional que no pueden medirse fácilmente. Para efectos de la medición se utilizan dos enfoques básicos, el primero apoyado en indicadores, y el segundo fundamentado en modelación econométrica. El enfoque de indicadores es utilizado ampliamente por estudiosos de la innovación, provenientes de diversas disciplinas entre ellas ingeniería, sociología y ciencias políticas. El enfoque de modelación econométrica es empleado por economistas, quienes emplean la econometría y el análisis multivariado para verificar relaciones entre variables (Grupp & Schubert, 2010).

En cuanto a los hacedores de política pública, estos frecuentemente utilizan indicadores compuestos tales como el índice global de innovación, el índice de capacidad de innovación o el índice global de competitividad, no solo para medir el desempeño innovador en sus países,

sino para el diseño de políticas en pro de mejorar este desempeño. El más completo de estos índices debido a su cobertura y variables empleadas, es el índice global de innovación el cual es complementado con la tasa de eficiencia de la innovación (Tziogkidis *et al.*, 2020).

Siguiendo el contexto de las métricas de innovación, estas se pueden analizar desde cuatro generaciones. La primera refleja el concepto lineal de la innovación focalizado en insumos tales como la inversión en investigación y desarrollo. La segunda considera los insumos como intermediarios de los productos de las actividades de ciencia y tecnología. La tercera se focaliza en un conjunto de indicadores e índices de innovación basados en encuestas e integración de datos públicos disponibles. La cuarta trata sobre redes económicas de conocimiento (Kijek & Kijek, 2010).

De esta manera, la capacidad nacional de innovación es la habilidad de un país para producir y comercializar un flujo de tecnología innovadora en el largo plazo, a partir de variables como infraestructura, entorno económico y clústeres industriales. Además, incorpora factores económicos y políticos para generar productos de innovación a partir de insumos (Furman, Porter & Stern, 2013).

De acuerdo a Khedhaouria & Thurik (2017), esa capacidad de innovación se refiere a la destreza de un país para administrar los recursos y habilidades; y transformar el conocimiento existente en nuevo conocimiento, tecnología y productos creativos en beneficio de las empresas, las industrias y el entorno económico. Se considera resultado de la interrelación entre cinco condiciones o insumos: instituciones; capital humano e investigación; infraestructura; mercado y condiciones de negocios; coherentes con la medición aportada por el índice global de innovación (World Economic Forum, 2017).

Consecuentemente, la capacidad de innovación se soporta en tres teorías: la teoría del crecimiento endógeno de Romer (1990), la teoría de clúster basada en la ventaja competitiva de Porter (1999), y la teoría de los sistemas nacionales de innovación de Nelson (1993). Cada una de ellas identifica los factores determinantes de los flujos de innovación. La primera se focaliza en el stock de conocimiento y el tamaño del gasto en investigación y desarrollo. La segunda analiza los determinantes microeconómicos de la innovación a partir de los clústeres industriales nacionales. La tercera hace énfasis en el rol de las políticas nacionales dentro del entorno innovador (Furman *et al.*, 2013).

Empíricamente el marco de medición de la capacidad de innovación ha estado determinado por el índice global de innovación (Khedhaouria & Thurik, 2017). En este sentido, diferentes trabajos empíricos han utilizado los reportes de este índice para evaluar tanto el desempeño de los países incluidos en la medición, como también para analizar los determinantes de la misma (Hamidi & Berrado, 2018).

Por ejemplo, Tziogkidis *et al.*, (2020) aplicaron un análisis de eficiencia multidireccional a partir de datos derivados del índice global de innovación de 2016 para los 128 países clasificados por el Banco Mundial. Los autores lograron separar los *scores* de eficiencia de cada insumo y cada producto, estimando diferentes sensibilidades a partir de una metodología de mínimos cuadrados parciales. Los hallazgos revelan sustanciales asimetrías con respecto a la eficiencia y sensibilidad de la innovación lo cual se explica en la diversidad existente entre los sistemas de innovación nacionales. Los insumos más destacados fueron el nivel de gasto en investigación y desarrollo como proporción del producto interno bruto (PIB), los flujos de información extranjera directa y el grado de apertura económica

de los países. Las naciones de mayor renta resultaron ser las más eficientes. Estos autores también identificaron la importancia de la inversión extranjera directa debido a la transferencia de capitales desde los países de origen hacia los de destino.

Asimismo, Kijek & Kijek (2010) a partir de un análisis de covarianzas, estudiaron la relación entre insumos y productos de innovación en 22 países de la Unión Europea. Los autores proponen una medida aproximada de la innovación, la cual va más allá del residual planteado por los modelos de crecimiento económico neoclásico. Las variables fueron agrupadas en dos bloques. El primero capturó los principales conductores de la innovación, llamados insumos. El segundo agrupó los indicadores que reflejan la actividad innovadora, llamados productos. Dentro del conjunto de insumos consideraron el gasto en capital humano; el total de gasto en educación como porcentaje del PIB; el gasto en investigación y desarrollo; y el porcentaje de graduados de ciencia y tecnología. Entre los productos se identificaron las patentes y las exportaciones de alta tecnología. Los insumos y productos se cuantificaron a partir de un análisis de correlación canónica (CCA), siendo la variable más determinante del incremento de las patentes, el gasto en investigación y desarrollo.

En la misma dirección, Sohn *et al.*, (2015) propusieron un esquema de ecuaciones estructurales (SEM) para analizar los sistemas de innovación nacionales a partir de los cinco pilares de insumos (instituciones; capital humano e investigación; infraestructura; sofisticación de mercados y sofisticación de negocios) y los dos pilares de productos (productos de conocimiento y tecnología; y productos de creatividad). A partir de los resultados del índice global de innovación de 2013, los autores concluyeron que la sofisticación de negocios y la infraestructura tienen fuertes efectos directos e

indirectos en el producto de creatividad. No obstante, el capital humano y la investigación tienen un débil efecto en los productos de creatividad, conocimiento y tecnología.

Análogamente, Reis *et al.*, (2018) basados en el GII investigan las posibles relaciones entre inputs y outputs en los ecosistemas de innovación, usando datos anuales a nivel país, a partir de un esquema de regresión cuantílica con objeto de identificar la hipótesis de relaciones estructurales entre insumos y productos. El modelo incluye variables de control tales como el producto interno bruto en paridad. Los hallazgos dan cuenta que los inputs de innovación tienen un significativo y positivo efecto sobre los outputs en las distribuciones inferiores de los productos, lo que va de la mano con los hallazgos de Dutta & Benavente (Universidad de Cornell/INSEAD, 2011).

Pese al desarrollo empírico sobre los resultados de la medición del índice global de innovación, la literatura científica presenta vacíos en cuanto al análisis de las diferencias en rendimientos por bloques económicos, y estructuralmente el índice *per se*, no es concluyente cuando se trata de explicar la relación entre inputs y outputs; por tanto es justificable un estudio de determinantes de la capacidad de innovación y las diferencias entre bloques de países, siendo esto último lo que se pretende evidenciar en este documento.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo será entonces verificar la existencia de diferencias entre países clasificados por nivel de renta, relacionadas con las contribuciones de los factores (inputs) y los productos de innovación (outputs), para los resultados del índice global de innovación del año 2018. En este sentido, Franco & De Oliveira (2017) encontraron en su análisis de los BRICS¹ y las relaciones existentes entre factores y productos, que los resultados

¹ Bloque económico conformado por las economías de Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica.

Tabla 1. Clasificación de países según su nivel de renta

Clasificación	Rango de Ingresos (USD)	Número de países
País de Ingreso Bajo (<i>Low Income</i>)	995 o menos	14
País de Ingreso Mediano Bajo (<i>Lower Middle Income</i>)	Entre 996 y 3895	27
País de Ingreso Mediano Algo (<i>Upper Middle Income</i>)	Entre 3896 y 12055	35
País de Ingreso Alto (<i>High Income</i>)	Más de 12055	46

Fuente: Diseño del autor con base en World Bank (2019).

eran significativos, sin embargo al realizar el mismo ejercicio de manera individual (por país), no resultó concluyente. Lo anterior es una oportunidad para el estudio de esta relación, teniendo en cuenta una clasificación de grupos distinta; en particular, la presente investigación genera argumentos a favor de las diferencias de desempeño según la variable de segmentación: clasificación de países según nivel de renta.

En efecto, de acuerdo a los ejercicios *a priori* realizados, existen diferencias entre los resultados del índice global de innovación para los grupos de países de renta alta y media-alta, y los de renta baja y media-baja; los cuales deben ser constatados estadísticamente, ya que esto puede sugerir que las dimensiones, pilares e indicadores utilizados para medir la capacidad de innovación de estos grupos, son inadecuados y alejados de su realidad y contextos económicos, sociales y políticos.

Tomando todo lo anterior como soporte, en la siguiente sección se presentan los elementos metodológicos para la realización del análisis específico con el propósito de distinguir esas diferencias; en particular se trabajará con la técnica Anova de un factor.

2. Metodología

Como se presentó en el resumen, el enfoque de esta investigación es cuantitativo y el método utilizado es inferencial correspondiente al análisis de varianza (Anova) en la modalidad de Anova de un factor.

A. Índice global de innovación por grupos de países de acuerdo al nivel de renta

En cuanto a la información utilizada, se hace uso del reporte del Global Innovation Index del año 2018. Para este año, el reporte contó con cálculos del puntaje global, puntaje de dimensiones de input, puntaje de dimensiones de output y tasa de eficiencia de la innovación de 122 países.

Adicionalmente, el índice tiene en cuenta variables de corte macroeconómico entre las cuales se destacan los grupos de países por nivel de renta de acuerdo con la clasificación de Banco Mundial que se muestra en la tabla 1.

Con relación a los umbrales de clasificación, estos se ajustan anualmente según la inflación usando el deflactor de los derechos especiales de giro (DEG) (Banco Mundial, 2020)

B. Análisis Anova de un factor

En ocasiones es necesario contrastar la igualdad de medias de un número mayor de poblaciones para detectar posibles diferencias significativas entre ellas en cuanto a una variable o característica. En este sentido, el análisis de la varianza (Anova) creado por Fisher en 1925 para descomponer la variabilidad de un experimento en componentes independientes que puedan asignarse a causas distintas (Ramos, 2007). Es un método inferencial de comparación de medias de diferentes grupos, teniendo como núcleo funda-

mental un test de significancia usando la distribución F para detectar las diferencias entre un conjunto de medias poblacionales (Agresti & Finlay, 2007).

El problema general es el siguiente: se dispone de n elementos que se diferencian en un factor: por ejemplo, alumnos de distintas clases (factor clase), coches de distintas marcas (factor marca), componentes producidos por distintas máquinas (factor máquina), entre otros. En cada elemento se observa una característica continua (X) que varía aleatoriamente de un individuo a otro: calificaciones de estadística de los alumnos, consumo de gasolina en los coches, tiempo de vida de los componentes de distintas máquinas, etcétera. A esta característica se le llama variable respuesta. El objetivo será conocer si existe o no relación entre la variable respuesta y el factor: ¿habrá diferencias en las calificaciones de los distintos grupos de estadística?, ¿tendrán coches similares de distintas marcas el mismo consumo de gasolina?, ¿tendrán los componentes fabricados por las distintas máquinas la misma duración? (Ramos, 2007).

De esta manera, se presentan las hipótesis del modelo a seguir en la aplicación de la técnica:

$$E(u_{-ij})=0 \text{ ó } E(y_{-ij})=\mu_{-i} \text{ Normalidad}$$

$$Var(u_{-ij})=a^2 \text{ Homocedasticidad}$$

$$E(u_{-ij}u_{-rk})=0 \text{ (No autocorrelación)}$$

De acuerdo con las tres hipótesis planteadas, la variable respuesta de cada grupo sigue una distribución normal, varianza constante y no presenta autocorrelación (Ramos, 2007) (Agresti & Finlay, 2007).

En el mismo sentido, se plantean las hipótesis de contraste de igualdad de medias, tal y como se muestra a continuación:

Asumiendo que g denota el número de grupos a comparar, las medias de la variable respuesta para las poblaciones

son $\mu_{-1}, \mu_{-2}, \dots, \mu_{-g}$, y las medias muestrales son $y_{-1}, y_{-2}, \dots, y_{-g}$, las hipótesis de contraste serán:

$H_0 = \mu_{-1}, \mu_{-2}, \dots, \mu_{-g}$:Todas las medias poblacionales son iguales

$H_a =$ Al menos dos de las medias poblacionales no son iguales

Si H_0 es falsa, quizás todas las medias poblacionales sean diferentes, quizás algunas difieran o quizás haya alguna media difiere de las otras.

Teniendo en cuenta la descripción metodológica realizada, continuación se muestran los resultados de la aplicación de la técnica de Anova de un factor, para las variables: subíndice de insumos de innovación y subíndice de productos de innovación.

3. Discusión de Resultados

A. Descripción del Índice Global de Innovación – GII

El índice global de innovación permite conocer la clasificación anual de 128 países en cuanto a su grado de innovación y desempeño de sus sistemas nacionales de innovación en el contexto económico mundial. El índice capta las facetas multidimensionales de la innovación y proporciona herramientas que permiten adaptar las políticas para promover el incremento de la productividad a través de construir un entorno propicio que permita la combinación tanto de los factores como de los productos de la innovación. Está compuesto por 21 indicadores agrupados en siete pilares; quince indicadores de entrada (insumos que propician la innovación) y seis indicadores de salida (aquellos que son el resultado de la innovación). Adicionalmente, se calcula: 1. Subíndice de entrada a partir de calcular el promedio aritmético de los insumos; 2. Subíndice de salida que resulta del promedio de las puntuaciones de los dos pilares de salida; 3. Índice general como promedio de los subíndices de entrada y salida; 4. Razón de

eficiencia calculada a partir del cociente entre subíndice de salida y el subíndice de entrada.

Es necesario anotar también, que el GII fue creado conjuntamente por la Universidad de Cornell y la Organización Mundial de propiedad intelectual (WIPO). Para medir varias dimensiones de los ecosistemas de innovación en diferentes países.

De acuerdo con algunos críticos del índice general, este no evidencia el aprovechamiento de los insumos en la obtención de los productos. En respuesta a ello se encamina la razón de eficiencia que da un carácter de los primeros como generadores de los segundos. Así, la importancia de analizar las diferencias de medias por países clasificados por nivel de renta radica en que la eficiencia de los indicadores de innovación se limita al análisis de unidades semejantes, lo que implica asumir que los países comparten problemáticas económicas y sociales relacionadas con el desarrollo de la capacidad innovadora, lo que no es del todo cierto. La innovación es reconocida como el punto central para obtener un mejor desempeño, construir ventajas competitivas, crear valor, y alcanzar desarrollo económico y social, dado

su destacado rol en el alcance de mayores niveles de competitividad, comercio y posibilidad de cooperación internacional, pues es determinante del posicionamiento de los países en el mapa mundial de desarrollo (Erciş & Ünal, 2016)

No obstante, debe tenerse en cuenta que el índice global se enfoca en determinar métricas y la mayor parte de ellas fija la estandarización de las mismas tomando como base los resultados o el rendimiento de las economías más ricas e innovadoras (Franco & Oliveira, 2017).

Al respecto, América Latina y el Caribe, es una región del mundo considerada de gran potencial inexplorado en materia de innovación, pero también de riesgos importantes y latentes en el corto plazo asociados con la desigualdad y la vulnerabilidad social (Aguilar-Barceló & Higuera-Cota, 2019), de allí la utilidad de una dedición diferenciada de los resultados de innovación con base en el GII.

Teniendo como contexto de análisis todo lo anteriormente expuesto, a continuación, se presentan los resultados del análisis de las diferencias en el rendimiento de los países según su nivel de renta, tanto

Tabla 2. *Composición del índice global de innovación*

Clase de pilar	Pilar	Identificadores del pilar
Entrada	Institucional (P1)	Ambiente político, entorno regulatorio y ambiente de negocios
	Capital humano e investigación (P2)	Educación secundaria, educación terciaria e investigación y desarrollo (I+D)
	Infraestructura (P3)	Tecnologías de información y comunicaciones (TIC), infraestructura y sostenibilidad ecológica
	Sofisticación del mercado(P4)	Crédito, inversión, competencia comercial y escala de mercado
	Sofisticación de negocios(P5)	Trabajadores del conocimiento, vínculos de innovación y absorción del conocimiento
Salida	Conocimiento y tecnología (6)	Creación de conocimiento, impacto del conocimiento y difusión del conocimiento
	Creatividad (7)	Activos intangibles, servicios de bienes creativos y creatividad digital

Fuente: Universidad de Cornell/INSEAD/ World Intellectual Property Organization/WIPO, 2018.

en dimensiones de input, como de output del índice global de innovación.

Prueba de diferencias en resultados por grupos de países según nivel de renta

El objetivo primordial consiste en verificar la existencia de diferencias inter-grupos de ingresos (clasificación por nivel de renta de los países analizados), relacionadas con las contribuciones de los factores (inputs) y los resultados o productos de innovación (outputs), con base en las métricas índice global de innovación 2018.

En primera instancia se debe recordar que, el índice global de innovación fue creado en tiempos de crecimiento económico y prosperidad. Las medidas de innovación fueron diseñadas para medir la velocidad de la prosperidad y no están directamente relacionadas con los desafíos globales y las megas tendencias mundiales. Sin embargo, una de sus mayores fortalezas es la simplificación estructural del proceso de medición. El enfoque del GII permite analizar comparativamente índices a nivel país: el ranking total, los subíndices, los rankings de inputs y outputs y el ranking en indicadores individuales (Todeva, 2020).

Anova de un factor para subíndice de insumos (inputs) de innovación:

Para efectos de la aplicación del método de Anova de un factor, se realiza la prueba de normalidad, con la cual se garantiza

uno de los supuestos clave en el desarrollo de este procedimiento y es que la variable dependiente se distribuye normalmente en las poblaciones o grupos objeto de estudio.

De acuerdo con la tabla 3, la prueba de normalidad Shapiro-Wilk indica que se cumple el supuesto de normalidad, es decir que los datos observados de la variable subíndice de insumos de innovación se distribuyen normalmente para cada uno de los grupos de países por nivel de renta. Esto se hace a partir de la significancia del estadístico; siguiendo la hipótesis nula: “los datos observados en los distintos grupos (factores) se distribuyen normalmente alrededor de su media”; dado que la significancia (Sig.) del estadístico seleccionado en todos los casos es mayor a $p=0,05$, se acepta dicha hipótesis.

Teniendo en cuenta este antecedente, se procede a realizar pruebas de homocedasticidad, es decir homogeneidad en las varianzas entre grupos. Lo anterior significa que las varianzas de los datos para cada grupo (Factor) son iguales. Esta prueba se establece a partir del estadístico de Levene; en este caso la hipótesis de trabajo a contrastar es que las varianzas son heterocedásticas, por lo cual la hipótesis nula es: las varianzas son homocedásticas. El criterio de aceptación o rechazo de la hipótesis nula, tiene por fundamento la significancia del estadístico analizado y su comparación con el p-value (0,05).

Tabla 3. Prueba de normalidad para la variable subíndice de insumos de innovación para países según grupo de ingresos

Pruebas de normalidad							
Variable	Grupo según Nivel de Renta	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Subíndice de insumos de innovación	Países de Renta Baja	0,143	14	0,20	0,959	14	0,699
	Países de Renta Media-Baja	0,109	27	0,20	0,951	27	0,230
	Países de Renta Media-Alta	0,086	35	0,20	0,983	35	0,841
	Países de Renta Alta	0,138	46	0,028	0,959	46	0,109

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

Tabla 4. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable subíndice de insumos de innovación

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Subíndice de insumos de innovación			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,503	3	118	0,000

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

De acuerdo con la tabla 4, la significancia (Sig.) del estadístico de Levene resultó

menor que $p=0,05$, por tanto, se rechaza la H_0 , lo que significa que las varianzas son heterocedásticas. Este resultado, obliga a incluir en el análisis, dos aspectos de suma importancia; una prueba de corrección de Welch (Prueba robusta de igualdad de medias), y pruebas *post hoc* como el estadístico de Games-Howell, para diferenciar las binas de grupos en las que el desempeño medio en la variable subíndice de insumos de innovación es igual. A continuación, se presentan los resultados para ambas pruebas y el Anova de un factor, correspondiente a esta primera parte del análisis.

Tabla 5. Anova de un factor para la variable subíndice de insumos de innovación

Anova					
Subíndice de insumos de innovación					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	12732,628	3	4244,209	101,301	0,000
Intra-grupos	4943,850	118	41,897	-	-
Total	17676,479	121	-	-	-

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

Tabla 6. Pruebas robustas de igualdad de las medias (Estadístico de Welch) para la variable subíndice de insumos de innovación

Pruebas robustas de igualdad de las medias				
Subíndice de insumos de innovación				
	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	91,610	3	50,663	0,000

Distribuidos en F asintóticamente.

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

La tabla 5 presenta entonces el resultado global de igualdad de medias. El estadístico F de Fisher-Snedecor, muestra una significancia menor al $p=0,05$ (con lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias), por lo tanto, se puede evidenciar que no existe igualdad de medias para la variable subíndice de insumos de innovación entre los grupos de países de acuerdo

a su nivel de ingresos. Sin embargo, tras no asumir homocedasticidad, se debe determinar las parejas de grupos para cuáles existe igualdad de medias y en cuáles no.

Por lo anterior, la tabla 7 muestra el resultado del estadístico Games-Howell de estas comparaciones. En ella se distingue que existe igualdad de medias entre los grupos o economías de ingresos bajos y economías de ingreso medio-bajo. Lo anterior se puede constatar en la significancia del estadístico (0,121) en este caso superior a $p=0,05$, consecuentemente, se acepta la H_0 de medias iguales.

El otro resultado en términos de las distintas combinaciones, subyace en que las medias de desempeño de los grupos de renta alta, renta media-alta y renta media-baja, son diferentes, lo que sugiere que aunque no se cuantifique la brecha, desde el punto de vista del esfuerzo innovador, es

probable que los resultados siempre favorezcan a los países de renta media-alta y alta; en el sentido en que estos últimos presentan mejores rendimientos en los indicadores de insumos para la innovación (Kim Le, 2019).

Con relación a los resultados que se han mostrado hasta aquí, vale la pena mencionar que la teoría neoclásica declara que el crecimiento económico de los países depende del potencial innovador, que a su vez está condicionado por el desarrollo de varios factores entre ellos la disponibilidad de recursos para la investigación, el capital humano y la infraestructura física y tecnológica. Por tanto, esta disponibilidad será mayor en aquellos países que experimentan crecimiento y desarrollo sostenidos (ingresos altos), lo que soporta este primer

resultado. De otro lado, el proceso de globalización, el incremento de la apertura y la integración internacional, son las causas más probadas de la creciente competitividad de los países, siendo ello clave en aras de mejorar su posición dominante en el entorno global (Kiselakova *et al.*, 2020).

Método Anova de un factor para subíndice de productos (outputs) de innovación:

Siguiendo con la segunda parte del análisis, se exponen a continuación los resultados del ejercicio de Anova de un factor para el subíndice de productos de innovación. Es necesario recordar que este subíndice es el promedio de los resultados de las dimensiones de output o productos de innovación, como lo son *creative outputs* y *knowledge and technology outputs*. Adicional-

Tabla 7. Comparaciones múltiples en Anova de un factor, variable subíndice de insumos de innovación

Comparaciones múltiples						
Subíndice de insumos de innovación Games-Howell						
(I) Grupo según nivel de ingresos	(J) Grupo según nivel de ingresos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Países de Renta Baja	Países de Renta Media-Baja	-3,52751	1,54029	,121	-7,6936	0,6386
	Países de Renta Media-Alta	-10,94857	1,35649	,000	-14,6750	-7,2222
	Países de Renta Alta	-26,07671	1,68427	,000	-30,5691	-21,5843
Países de Renta Media-Baja	Países de Renta Baja	3,52751	1,54029	,121	-0,6386	7,6936
	Países de Renta Media-Alta	-7,42106	1,29678	,000	-10,8680	-3,9741
	Países de Renta Alta	-22,54919	1,63656	,000	-26,8559	-18,2425
Países de Renta Media-Alta	Países de Renta Baja	10,94857	1,35649	,000	7,2222	14,6750
	Países de Renta Media-Baja	7,42106	1,29678	,000	3,9741	10,8680
	Países de Renta Alta	-15,12814	1,46490	,000	-18,9818	-11,2745
Países de Renta Alta	Países de Renta Baja	26,07671	1,68427	,000	21,5843	30,5691
	Países de Renta Media-Baja	22,54919	1,63656	,000	18,2425	26,8559
	Países de Renta Media-Alta	15,12814	1,46490	,000	11,2745	18,9818

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

mente, estas dimensiones se constituyeron en variables dependientes en el ejercicio de modelación realizado.

A continuación, se replicarán las pruebas correspondientes a normalidad y heterocedasticidad, necesarias para la aplicación del método Anova de un factor. En cuanto a la prueba de normalidad, se tiene que la significancia del estadístico Kolmogorov-Smirnov es mayor que $p=0,05$ en todos los casos aportados (grupos de comparación), con lo cual se acepta la hipótesis nula de normalidad en la distribución de los datos.

Luego de la prueba de normalidad, el siguiente paso es determinar homogeneidad de las varianzas. En este sentido, la tabla 9 muestra los resultados del estadístico de Levene; en ella se observa que la significancia del mismo ($0,00$) menor que $p=0,05$, indicando esto la presencia de heterocedasticidad. Nuevamente es pertinente aplicar la prueba robusta de igualdad de medias de Welch y el estadístico de Games-Howell, para determinar las parejas de grupos para los cuales las medias son iguales.

Tabla 8. Prueba de normalidad para la variable subíndice de productos de innovación para países según grupo de ingresos

Pruebas de normalidad							
Variables	Grupo según nivel de ingresos	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Subíndice de productos de innovación	Países de Renta Baja	0,169	14	0,200	0,948	14	0,537
	Países de Renta Media-Baja	0,142	27	0,170	0,950	27	0,220
	Países de Renta Media-Alta	0,120	35	0,200	0,910	35	0,007
	Países de Renta Alta	0,060	46	0,200	0,988	46	0,906

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

Tabla 9. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable subíndice de productos de innovación

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Subíndice de insumos de innovación			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,503	3	118	0,000

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

En la tabla 10, se presentan los resultados para el Anova de un factor de la variable subíndice de productos de innovación. En ella, la significancia del estadístico F da

cuenta que, de manera global, existen diferencias entre los desempeños del subíndice según grupos de países por nivel de ingresos. Particularmente, la significancia evidentemente menor al $p=0,05$ sustenta la decisión de rechazar la hipótesis de igualdad de medias, planteada para esta prueba.

Asimismo, en la tabla 11 se presentan los resultados para el estadístico de Welch. Es pertinente anotar que para esta prueba lo deseable es rechazar la hipótesis de igualdad de medias y por tanto, la significancia de su estadístico menor que $p=0,05$, confirma el rechazo de dicha hipótesis, con lo cual se sustenta que al menos alguna media del desempeño de los grupos de países según su nivel de renta, es diferente de otra.

Tabla 10. Anova de un factor para la variable subíndice de productos de innovación

Anova					
Subíndice de productos de innovación					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	11155,753	3	3718,584	54,975	0,000
Intra-grupos	7981,701	118	67,642	-	-
Total	19137,454	121	-	-	-

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

Para concluir el análisis, la tabla 12 muestra las comparaciones múltiples para el Anova de un factor. En ella se puede observar que la significancia del estadístico de Game-Howell es mayor que $p=0,05$ para la bina correspondiente a los grupos de ingresos medio-alto y medio-bajo. Lo anterior pone de manifiesto la igualdad de medias para estos dos grupos de países en lo correspondiente a su desempeño en el subíndice de productos de innovación. Comparativamente hablando, esto puede significar un indicio de ineficiencia de los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en países de renta media-alta, al igualar su rendimiento en el subíndice de productos de innovación con el grupo de países de renta media-baja, teniendo en cuenta que el esfuerzo del primer grupo de países en términos de insumos para la innovación es diferente (y probablemente mayor) que el último grupo mencionado.

Adicionalmente, por los resultados de la significancia del mismo estadístico, se confirma que las combinaciones de los grupos de países de ingreso bajo, alto, y medio-alto, son diferentes en el desempeño de este subíndice.

Tabla 11. Pruebas robustas de igualdad de las medias (estadístico de Welch) para la variable subíndice de productos de innovación

Pruebas robustas de igualdad de las medias				
Subíndice de productos de innovación				
	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	57,059	3	54,297	0,000

a. Distribuidos en F asintóticamente.

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

El GII fue propuesto para observar la capacidad de innovación y eficiencia de los países a partir de insumos y productos, sin embargo, no considera las potenciales relaciones estructurales entre los factores que afectan el desempeño de la innovación de un país (Sohn *et al.*, 2015) como lo son su producto interno bruto, y las desigualdades en la distribución del mismo, lo que genera discrepancias en el rendimiento de los mismos al ser comparados de acuerdo a la variable de segmentación: grupos de países clasificados por su nivel de renta.

Tabla 12. Comparaciones múltiples en Anova de un factor, variable subíndice de productos de innovación

Comparaciones múltiples						
Subíndice de productos de innovación						
Games-Howell						
(I) Grupo según nivel de ingresos	(J) Grupo según nivel de ingresos	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		(I-J)			Límite inferior	Límite superior
Países de Renta Baja	Países de Renta Media-Baja	-6,74048	1,78063	0,003	-11,5454	-1,9356
	Países de Renta Media-Alta	-9,98143	1,74571	0,000	-14,6821	-5,2808
	Países de Renta Alta	-25,81801	1,98279	0,000	-31,0916	-20,5444
Países de Renta Media-Baja	Países de Renta Baja	6,74048	1,78063	0,003	1,9356	11,5454
	Países de Renta Media-Alta	-3,24095	1,74325	0,257	-7,8516	1,3697
	Países de Renta Alta	-19,07754	1,98062	0,000	-24,2892	-13,8659
Países de Renta Media-Alta	Países de Renta Baja	9,98143	1,74571	0,000	5,2808	14,6821
	Países de Renta Media-Baja	3,24095	1,74325	0,257	-1,3697	7,8516
	Países de Renta Alta	-15,83658	1,94929	0,000	-20,9536	-10,7196
Países de Renta Alta	Países de Renta Baja	25,81801	1,98279	0,000	20,5444	31,0916
	Países de Renta Media-Baja	19,07754	1,98062	0,000	13,8659	24,2892
	Países de Renta Media-Alta	15,83658	1,94929	0,000	10,7196	20,9536

Fuente: Diseño del autor a partir de SPSS 22, con base en resultados del GII 2018.

4. Conclusiones y recomendaciones

Con relación a la primera parte del análisis, se puede evidenciar también la tesis que se ha sostenido a lo largo de este trabajo sobre las debilidades del índice global de innovación, al no tener en cuenta las desigualdades en la dotación inicial de los países, para medir su eficiencia en el uso de los insumos para la generación de productos de innovación. Varios autores que hacen parte de los referentes de este estudio, coinciden en afirmar que, pese a que el índice permite conocer el grado de desempeño del conjunto de países analizados, no muestra las verdaderas brechas que subyacen a la imposibili-

dad de algunas economías (como las clasificadas como de renta media-baja y renta baja) de alcanzar algún tipo de convergencia con aquellas economías más desarrolladas.

De otro lado, y centrando la atención en la utilidad del análisis comparativo presentado a lo largo de este documento, este tipo de estudios se convierten en la línea de base para el diseño de estrategias de política pública, al exponer en términos técnicos las diferencias entre grupos de países, y de esta manera tener un panorama general tanto del grupo de referencia en el que se encuentra clasificado el país, como de las otras dimensiones de los análisis de innovación.

5. Referencias

- Agresti, A., & Finlay, B. (2007). Chapter 12. Comparing groups: Analysis of variance (ANOVA) methods. In *Statistical methods for the social science* (Statistical Methods for the Social Science).
- Aguilar-Barceló, J. G., & Higuera-Cota, F. (2019). Los retos en la gestión de la innovación para América Latina y el Caribe: un análisis de eficiencia. *Revista de La CEPAL*, 2019(127), 7–26. <https://doi.org/10.18356/bd1b3729-es>
- Antonelli, C. (2009). The economics of innovation: From the classical legacies to the economics of complexity. *Economics of Innovation and New Technology*, 18(7), 611–646. <https://doi.org/10.1080/10438590802564543>
- Banco Mundial. (2020). *Informe Sobre el Desarrollo Mundial*. 143–143. <https://doi.org/10.30875/ec431fe5-es>
- Dutrénit, G., Moreno, J. C., & Puchet, M. (2013). Crecimiento económico, innovación y desigualdad en América Latina: Avances, retrocesos y pendientes Post-Consenso de Washington. *Serie Estudios y Perspectivas - CEPAL*, 144, 1–52. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4929/1/LCL3673_es.pdf
- Erciş, A., & Ünalán, M. (2016). Innovation: A comparative case study of Turkey and South Korea. *Procedia -Social and Behavioral Sciences*, 235, 701–708. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.071>
- Franco, C., & Oliveira, R. H. de. (2017). Inputs and outputs of innovation: analysis of the BRICS. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 14(1), 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.rai.2016.10.001>
- Furman, J. L., Porter, M. E., & Stern, S. (2013). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 31(2002), 899–933.
- Grupp, H., & Schubert, T. (2010). Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. *Research Policy*, 39, 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.10.002>
- Hamidi, S., & Berrado, A. (2018). Segmentation of innovation determinants: Case of the global innovation index. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3289402.3289548>
- Khedhaouria, A., & Thurik, R. (2017). Configurational conditions of national innovation capability: A fuzzy set analysis approach. *Technological Forecasting & Social Change*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.04.005>
- Kijek, A., & Kijek, T. (2010). The Analysis of Innovation Input-Output Relationships in Eu Member States. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*, July 2015. <https://doi.org/10.2478/v10103-009-0040-5>
- Kim Le, S. T. (2019). Innovation efforts in developing countries The case of Vietnamese small and medium-sized enterprises. In *WIDER Working Paper* (No. 7; Issue February).
- Kiselakova, D., Sofrankova, B., Onuferova, E., & Cabinova, V. (2020). Assessing the effect of innovation determinants on macroeconomic development within the EU (28) countries. *Problems and Perspectives in Management*, 18(2), 277–289. [https://doi.org/10.21511/ppm.18\(2\).2020.23](https://doi.org/10.21511/ppm.18(2).2020.23)
- Nelson, R. R. (1993). *National innovation systems. A comparative analysis*. Oxford University Press.
- Porter, M. E., & Stern, S. (1999). The New Challenge to America's Prosperity: Findings from the Innovation Index. In *Council on Competitiveness*.

- Ramos Álvarez, M. (2007). *Capítulo 9. Análisis de Varianza (un factor): ANOVA (Análisis Multivariado de Datos Procedentes de Investigaciones Mediante Programas Informáticos I. Nivel Avanzado-Enfoque Explicativo).*
- Reis, D. A., De Moura, F. R., & De Aragão Gomes, I. M. (2018). The linkage between input and output in The Global Innovation Index. *Proceedings of the European Conference on Innovation and Entrepreneurship, ECIE, 2018-Septe*, 635–642.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, S71–S102. <http://pages.stern.nyu.edu/~promer/Endogenous.pdf>
- Saren, M. A. (1984). A classification and review of models of the intra firm innovation process. *R&D Management*, 14(1), 11–24. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1984.tb00504.x>
- Sohn, S. Y., Kim, D. H., & Jeon, S. Y. (2015). Technology Analysis & Strategic Management Re-evaluation of global innovation index based on a structural equation model. *Technology Analysis & Strategic Management*, November, 1–14. <https://doi.org/10.1080/09537325.2015.1104412>
- Todeva, E. (2020). The Global Innovation Index as a Measure of Triple Helix Engagement. In *Proceedings of the II International Triple Helix Summit* (Vol. 43, Issue 0, p. 6221).
- Tziogkidis, P., Philippas, D., Leontitsis, A., & Sickles, R. C. (2020). A data envelopment analysis and local partial least squares approach for identifying the optimal innovation policy direction. *European Journal of Operational Research*, 285(3). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.02.023>
- Universidad de Cornell/INSEAD. (2011). The Global Innovation Index 2011: Accelerating Growth and Development. In *France: Insead* (Issue July 2011).
- World Bank. (2019). *Nueva clasificación de los países según el nivel de ingresos para 2019 y 2020*. <https://blogs.worldbank.org/es/opendata/nueva-clasificacion-de-los-paises-segun-el-nivel-de-ingresos-para-2019-y-2020>
- World Economic Forum. (2017). *The Global Competitiveness Report. 2017-2018* (Kalus Schwab & Xavier Sala-i-Martin (Eds.)). <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017-2018.pdf>