



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Insumos y resultados de innovación:
Un análisis estructural del Índice Departamental de
Innovación para Colombia 2019**

Gina Marcela Calderón Lesmes

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2021

**Insumos y resultados de innovación:
Un análisis estructural del Índice Departamental de
Innovación para Colombia 2019**

GINA MARCELA CALDERON LESMES

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Ciencias Económicas

Directora:

MSc Erika Celene Sánchez Rodríguez

Codirector:

PhD Gustavo Junca

Universidad Nacional de Colombia

Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2021

*A mi abuelo materno, Luis Lesmes, que
aunque ya no está con nosotros sigue
siendo un ejemplo de vida.*

Agradecimientos

Son muchas las personas que han contribuido en esta etapa de mi vida y quienes me han apoyado para su exitosa culminación.

Primero, quiero expresar todo el agradecimiento a mi directora de trabajo de grado Erika Sánchez, quien con su orientación profesional, calidad humana, compromiso y dedicación se convirtió en un apoyo fundamental para el desarrollo de este trabajo de grado.

Así mismo, quiero agradecer a mi familia, a mi madre Sonia Lesmes, mi padre Eduardo Calderón, mi abuela Elsa Gonzalez, mis tíos Armando Lesmes, Gisela Lesmes, Diana Paredes y Jorge Peña por su confianza, apoyo emocional y palabras de aliento durante estos años, ustedes han sido mi ejemplo de perseverancia y trabajo disciplinado.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi pareja y mis amigos, Javier Rojas, Jairo Cortes, Camilo Rivera, Juan Sebastian Rodriguez, Diana Rivera y Nathaly Sanabria por su preocupación, su paciencia, y su acompañamiento en los buenos y los malos momentos que se pudieron presentar.

Gracias a todos los que me acompañaron y me desearon éxitos en este proceso.

Insumos y resultados de innovación: Un análisis estructural del Índice Departamental de Innovación para Colombia 2019

Resumen

El Índice Departamental de Innovación para Colombia – IDIC es un ejercicio de medición de las condiciones que promueven o restringen la innovación en el país, cuya estructura metodológica ha sido adaptada del Índice Global de Innovación – GII. Sin embargo, tomando como referente el estudio desarrollado por Sohn, Kim, & Jeon (2015), estos índices pueden omitir posibles relaciones estructurales entre los factores que intervienen en el desempeño innovador de los departamentos. En este trabajo de grado se plantea un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) aplicando el método de mínimos cuadrados parciales (PLS). Utilizando los datos empíricos del IDIC 2019 se encontró que, los constructos de instituciones y capital humano e investigación guardan una relación (directa e indirecta) con la mayoría los pilares del IDIC, por lo que la focalización de intervenciones de política pública sobre estos factores tiene un efecto multiplicador en el fortalecimiento del ecosistema innovador de los departamentos de Colombia.

Palabras clave: capacidades de innovación departamental, modelo de ecuaciones estructurales, Índice Departamental de Innovación.

Innovation inputs and outputs: A structural analysis of the Departmental Index of Innovation Index for Colombia 2019

Abstract

The Departmental Innovation Index for Colombia - IDIC is an exercise to measure the conditions that promote or restrict innovation in the country, whose methodological structure has been adapted from the Global Innovation Index - GII. However, taking as a reference the study developed by Sohn, Kim, & Jeon (2015), these indexes may omit possible structural relationships between the factors involved in the innovative performance of the departments. In this degree work, a structural equation model (SEM) is proposed by applying the partial least squares (PLS) method. Using the empirical data of the IDIC 2019, it was found that the constructs of institutions and human capital and research have a relationship (direct and indirect) with most of the IDIC pillars, so that the targeting of public policy interventions on these factors has a multiplier effect in strengthening the innovative ecosystem of the Colombian departments.

Keywords: Innovation capabilities, Structural equation model, Departmental Innovation Index

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
2.1	Global Innovation Index (GII)	10
2.2	Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC)	11
2.3	Sistemas de Innovación.....	12
2.4	Relaciones estructurales propuestas a través de la literatura.....	13
3.	METODOLÓGIA	19
3.1	Datos y estadísticas descriptivas	19
3.2	Modelo y especificación econométrica	21
3.2.1	Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM).....	21
3.2.2	Método de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS)	22
4.	RESULTADOS	28
4.1	Análisis del modelo estructural propuesto	28
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA	35
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
7.	ANEXOS.....	44

1. INTRODUCCIÓN

La innovación se ha convertido en un eje central para mejorar los estándares de vida puesto que puede afectar a las naciones en múltiples formas, desde sus ciudadanos, hasta las instituciones o sectores económicos enteros (OCDE/Eurostat, 2005). Esto ha generado la necesidad de mejorar las mediciones de innovación a nivel mundial, con el fin de apoyar la toma de decisiones de política, evaluar los avances, esfuerzos, su efectividad y eficiencia para impulsar el desarrollo económico y social a través de la producción, explotación y difusión del conocimiento (DNP & OCyT, 2015; OCDE/Eurostat, 2005; OECD/Eurostat, 2018).

De acuerdo con la cuarta edición del Manual de Oslo (2018) la innovación puede y debe ser medida en todos los países, para ello es posible entender este término como una actividad o resultado en el cual:

“Un producto o proceso nuevo o mejorado (o la combinación de ambos) difiere significativamente de productos o procesos previos de la unidad¹, y los productos han sido puestos a disposición de usuarios potenciales o los procesos han sido puestos en uso por la unidad (OECD/Eurostat, 2018)”

Esta definición es ampliamente desarrollada y operativizada en el Manual de Oslo con el fin de estandarizar y generar un marco común de entendimiento para la generación de datos en materia de innovación.

De esta forma, organizaciones mundiales como el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS), el Consejo Nacional de Ciencia (NSB por sus siglas en inglés), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) entre otros, han desarrollado indicadores para determinar el grado de capacidad innovadora de los países (Sohn et al., 2015). Además, cada nación ha venido desarrollando y mejorando sus estadísticas en materia de innovación, adecuándolas al contexto y la naturaleza del entorno en el que se materializan dichas innovaciones.

Uno de los indicadores con mayor distinción es el Índice Global de Innovación (GII por sus siglas en inglés) elaborado anualmente por la Universidad de Cornell, La Universidad de Negocios para el Mundo (INSEAD) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), que se fundamenta en una visión inclusiva y sistémica de la innovación y permite identificar con mayor facilidad las condiciones que promueven o restringen la innovación, al igual que la forma como estas condiciones interactúan entre sí para definir un ecosistema innovador (Cornell University et al., 2019; DNP & OCyT, 2015, 2017).

En Colombia, el Departamento Nacional de Estadística (DANE) recoge a través de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) información para caracterizar la dinámica tecnológica, y las actividades de innovación en las empresas colombianas (DANE, 2017). Para esto, acoge la

¹ Entiéndase la unidad como el responsable de la innovación

mayoría de los lineamientos metodológicos proporcionados por la OCDE en las diferentes ediciones del Manual de Oslo y las pautas del Manual de Bogotá de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana -RICYT (DANE, 2017).

Adicionalmente, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) junto con el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT) han desarrollado el Índice Departamental de Innovación para Colombia – IDIC, mediante el cual se recopilan y organizan un conjunto amplio de indicadores de los diferentes componentes y retos de la innovación en el país. Su estructura y diseño metodológico está basado en el Índice Global de Innovación - GII, adaptado al contexto y necesidades de los departamentos de Colombia de tal forma que capture la complejidad y la multiplicidad de factores que intervienen en los procesos de innovación a nivel territorial (DNP & OCyT, 2019).

Al igual que el Índice Global de Innovación, el IDIC utiliza el análisis envolvente de datos para evaluar la eficiencia de la capacidad innovadora a nivel departamental, a través de dos subíndices y siete pilares. Bajo el subíndice de insumos se cobijan cinco pilares: instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado y sofisticación empresarial. Mientras que el subíndice de resultados se divide en dos pilares: producción de conocimiento y tecnología, y producción creativa (Cornell University et al., 2019; DNP & OCyT, 2019).

No obstante, tal como lo proponen Sohn et al. (2015), estos índices pueden estar dejando por fuera posibles relaciones estructurales entre los pilares de insumos y resultados. Esto debido a que el nivel de la capacidad innovadora es más complejo de lo que sugiere la metodología de cálculo de los índices de innovación mencionados, por lo que se pueden estar omitiendo componentes causales. Siguiendo esta línea es posible reevaluar el IDIC a través de un modelo de ecuaciones estructurales, siguiendo el método utilizado por Sohn et al. (2015) para el Índice Global de Innovación.

De esta forma, este documento busca identificar las relaciones estructurales existentes entre las diferentes capacidades para innovar en los territorios del país con la información del IDIC 2019. Esta versión del índice presenta el ranking de innovación de los departamentos de Colombia y por primera vez incluye un capítulo de análisis para cada departamento con experiencias e iniciativas significativas, y los principales indicadores de política en materia de Ciencia, Tecnología e Innovación - CTeI². Además, consolida más de 100 acciones en una caja de herramientas para orientar a los tomadores de decisiones territoriales sobre cómo pueden mejorar su desempeño (DNP Colombia, 2020; DNP & OCyT, 2019).

² Dentro de estos indicadores se encuentran el Presupuesto aprobado por el SGR y el balance de los Planes y Acuerdos Estratégicos Departamentales – PAED (2016-2019).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Global Innovation Index (GII)

El Índice Global de Innovación (GII por sus siglas en inglés) clasifica las economías del mundo de acuerdo con sus capacidades de innovación. En su 13ª edición este indicador evaluó 131 países a través de 80 indicadores agrupados en siete pilares de insumos y resultados de la innovación, con los cuales se captura las facetas multidimensionales de la innovación en cada economía (Cornell University et al., 2020). A su vez, esta agrupación está clasificada en cinco pilares de insumos y dos pilares de resultados: Instituciones, Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Mercados y Sofisticación de Negocios; y Producción de Conocimiento y Tecnología y Producción de Creativa, respectivamente (Cornell University et al., 2020).

Por otra parte, el GII establece la existencia de una relación positiva entre el nivel de desarrollo de las economías y su grado de innovación, y valora la capacidad de los países en obtener resultados de innovación a través de sus insumos e inversiones para la misma (Cornell University et al., 2020). En este sentido, analizando los resultados para Colombia, el país ha reflejado una falencia constante en los resultados de innovación, puesto que no existe una la transformación efectiva de las inversiones. Entre 2018 y 2020 se identifica un mejor desempeño en los indicadores de insumos de innovación en comparación con sus resultados (Tabla 1).

Tabla 1. Ranking de Colombia 2018 - 2020

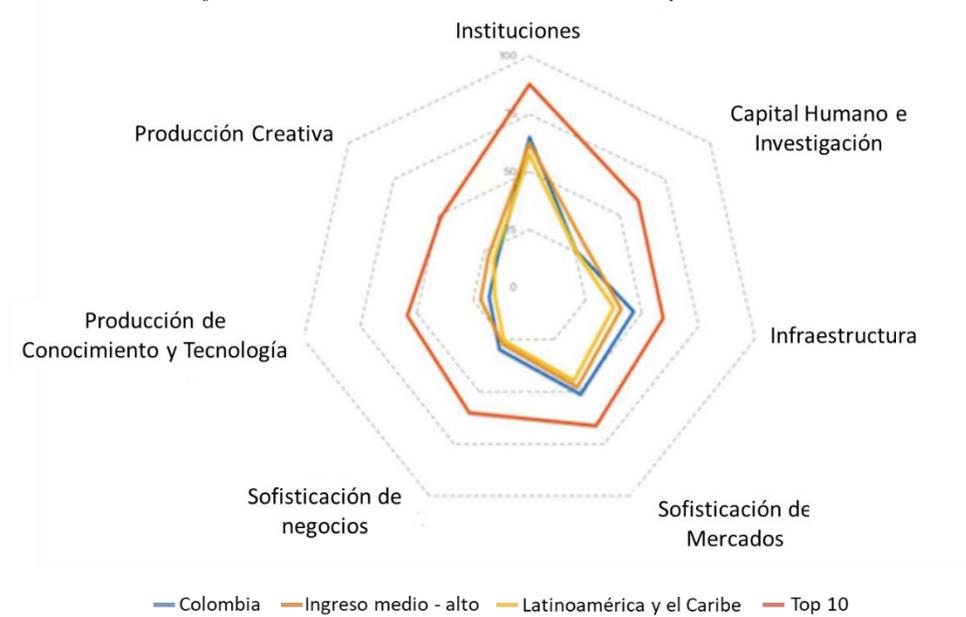
Año	Posición GII	Insumos de innovación	Resultados de Innovación
2020	68	56	74
2019	67	58	76
2018	63	50	72

Fuente: Tomado del GII 2020 (Cornell University et al., 2020)³

En comparación con países de la región, Colombia presenta un desempeño superior frente al promedio de los países de Latinoamérica y el Caribe en seis de los siete pilares que componen el índice, consolidado al país como la quinta economía más innovadora de la región (Cornell University et al., 2020). Mientras que, comparado con otras economías con el mismo nivel de ingreso el país se destaca en su desempeño en los pilares de instituciones, sofisticación de negocios, infraestructura y sofisticación de mercados (Cornell University et al., 2020). No obstante, existe una brecha importante con los países líderes en innovación del mundo en todos los pilares evaluados, con un énfasis especial en la sofisticación de mercados y el capital humano e investigación (Gráfico 1).

³ La presente traducción no es obra de la Universidad de Cornell, WIPO o INSEAD y no deberá considerarse una traducción oficial de dichas organizaciones.

Gráfico 1. Resultados de Colombia en los siete pilares del GII



Fuente: Tomado del GII 2020 (Cornell University et al., 2020)⁴

2.2 Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC)

El IDIC es una adaptación de la metodología del GII a nivel departamental en Colombia. Este índice realiza una medición equiparable de las capacidades en la generación y apropiación de innovaciones y conocimientos en los departamentos del país (DNP & OCyT, 2015). Además, busca entender de manera sistemática la forma en la que interactúan los diferentes actores y las condiciones ecosistémicas en la determinación de factores de innovación y el fomento de la misma (DNP & OCyT, 2015).

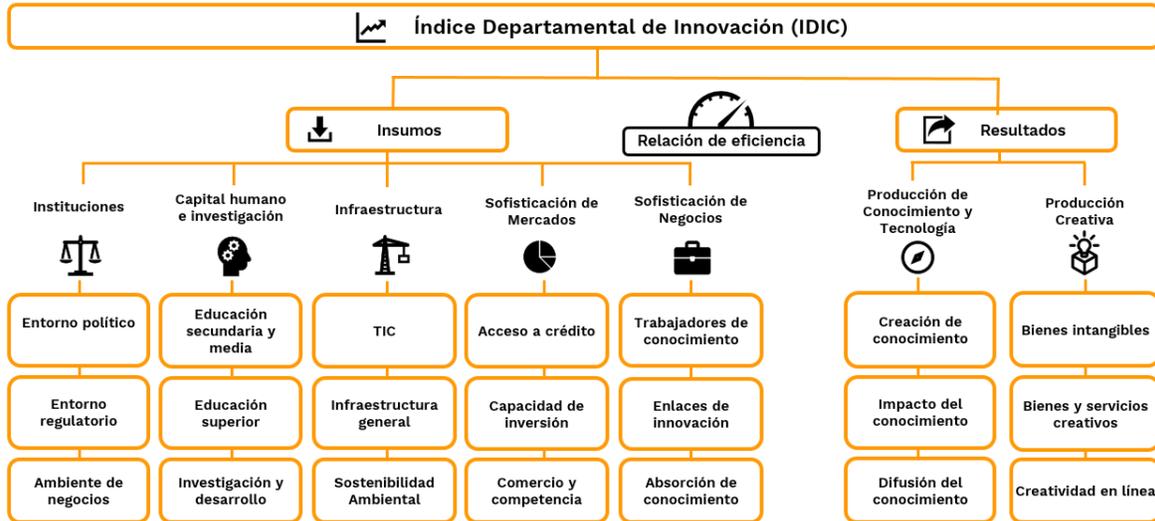
En otras palabras, el IDIC 2019 es una adaptación estructural del GII 2019 y toma como marco metodológico el Manual para la elaboración de indicadores compuestos de la OCDE (2008). En todas sus versiones, el IDIC ha estado constituido por siete pilares cada uno conformado tres subpilares, los cuales a su vez agrupan múltiples indicadores simples o compuestos. Además, los pilares se distribuyen entre dos grupos “subíndice de insumos” y “subíndice de resultados” que representan en promedio el desempeño de los pilares asociados para cada departamento, y a partir estos se obtiene la razón de eficiencia y el IDIC (Ilustración 1).

Por otra parte, el IDIC es una herramienta que presenta un análisis de clúster, ya que agrupa los departamentos de acuerdo con la homogeneidad de sus condiciones de innovación. Este índice los categoriza cinco grupos de desempeño: Alto, Medio Alto, Medio, Medio Bajo y Bajo, identificando

⁴ Ibid.

las capacidades propias y las oportunidades de mejora para cada categoría (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019). Es por esto que el IDIC se ha constituido como una herramienta para la toma de decisiones de política que fomenta el crecimiento a largo plazo, una mayor productividad y generación de empleo.

Ilustración 1. Composición del IDIC 2019



Fuente: Tomado de DNP (2020).

2.3 Sistemas de Innovación

De acuerdo con Lundvall (2016), los sistemas de innovación están constituidos por diversos elementos y la forma como estos se relacionan para la producción, difusión y uso del nuevo conocimiento (útil económicamente). Esto teniendo en cuenta que los elementos y relaciones se encuentran localizados o establecidos dentro de las fronteras de un estado nacional.

A partir de esta definición, el IDIC mide las capacidades departamentales de innovación incorporando la visión sistémica adaptada al contexto departamental, donde la innovación es un proceso iterativo en el cual interactúan diferentes actores bajo las condiciones de su ecosistema (DNP & OCyT, 2015, 2017). Desde esta perspectiva, este índice valora a través de múltiples indicadores todo aquello que incide en las condiciones, capacidades y posibilidades para innovar (DNP & OCyT, 2015, 2017; Lundvall et al., 2002).

De esta forma, el IDIC genera información para la toma de decisiones de política que puedan armonizar los procesos de innovación de los sistemas regionales en las capacidades de investigación y desarrollo (I+D), transferencia y adaptación y producción y mercadeo que apoyan la generación, difusión y uso del conocimiento (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019). Cabe resaltar la importancia de caracterizar los sistemas departamentales de innovación, pues obviar esto podría

generar que las políticas gubernamentales reproduzcan las debilidades del sistema nacional o traten de introducir mecanismos incompatibles con el contexto departamental (Lundvall, 2016).

2.4 Relaciones estructurales propuestas a través de la literatura

Basados en las estructuras de los índices y en búsqueda de relaciones que expliquen mejor los sistemas de innovación, esta sección presenta una propuesta de relaciones identificadas entre los siete pilares que componen el IDIC los cuales serán trabajados como variables latentes en el Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM, por sus siglas en inglés⁵). Para esto se tomarán como referencia las relaciones estudiadas entre cada pilar del IDIC o su semejante a nivel internacional el GII. Ahora bien, adaptando el esquema utilizado por Sohn et al. (2015) se establecen las relaciones a través de una equivalencia conceptual entre los pilares y factores individuales que no han sido medidos exactamente igual.

Con esto en mente, se postulan las siguientes hipótesis para definir la relación estructural entre las variables latentes, tomando como base la definición propuesta por el IDIC y el GII a cada pilar:

Relación 1: El pilar de Instituciones tiene efectos sobre los demás pilares de insumos (Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Negocios y Sofisticación de Mercados)

De acuerdo con el IDIC (2015), el pilar de instituciones abarca las condiciones como el ambiente institucional y regulatorio que generen un entorno adecuado para el desarrollo de actividades de innovación; mientras que, el pilar de capital humano e investigación centra su atención en la generación y apropiación de nuevo conocimiento. El pilar de infraestructura evalúa la calidad y eficiencia de la estructura de transporte, comunicaciones y energía relacionada, principalmente, con los costos de transacción, acceso a mercados y desarrollo sostenible de los sistemas de innovación (DNP & OCyT, 2015).

Por su parte, el pilar de sofisticación de mercado engloba las capacidades de innovación como acceso a crédito y capacidad de inversión, junto con el buen funcionamiento de los negocios en materia de comercio y competitividad. Por último, el pilar de sofisticación de negocios identifica la tendencia de las empresas a realizar actividades innovadoras, para esto mide el capital humano altamente calificado vinculado al sector productivo, la absorción de conocimiento en los procesos productivos y el desarrollo de enlaces de cooperación para innovar (DNP & OCyT, 2015).

Alineado a este marco conceptual, se ha demostrado que las instituciones refuerzan el impacto del capital humano en el crecimiento económico, ya que generan las condiciones para amplificar el efecto sobre el recurso humano (Aslam, 2020). Similarmente, Olofsdotter (1998) citó que las economías rezagadas en investigación, además de incrementar el nivel del capital humano, deben generar una institucionalidad fuerte para alcanzar el nivel de desarrollo de los países tecnológicamente avanzados.

⁵ Structural Equation Modeling – SEM

Por su parte, Bekana (2019) establece que las instituciones democráticas afectan directamente la innovación e, indirectamente, a través de su impacto sobre el desarrollo del capital humano, debido a que esta forma de gobierno promueve no solo la generación de conocimiento sino también su difusión.

Respecto a la relación de las instituciones con la infraestructura, en la literatura se ha encontrado un efecto de doble vía, por una parte la calidad institucional condiciona el nivel de desarrollo de los servicios de telecomunicaciones (Asongu & Nwachukwu, 2016), ya que sin un marco regulatorio y político adecuado las tecnologías implementadas no funcionarían (Adam, 2020). No obstante, la infraestructura en telecomunicaciones provee mejores oportunidades para la entrega de bienes y servicios del gobierno, su administración y acompañamiento a la ciudadanía (Kudo, 2008). Así mismo, Koh et al. (2005), Singh et al. (2007) y Srivastava & Teo (2007) establecen que, sin el desarrollo de una buena infraestructura, el desarrollo del gobierno electrónico se limitaría.

En materia de sofisticación de mercados, se ha identificado que una buena estructura institucional acelera y activa mercados (Sohn et al., 2015), así como la provisión de incentivos para la generación y uso del conocimiento en la creación y desarrollo de emprendimientos (OECD & World Bank, 2000). Por otra parte, las instituciones pueden generar políticas para la creación de capacidades y habilidades técnicas que faciliten el desarrollo de mercados inexistentes o subdesarrollados (Cirera & Maloney, 2017). Así mismo, para acercarse a una economía basada en el conocimiento, las instituciones pueden desarrollar un marco legislativo para incentivar la inversión extranjera, desarrollar el mercado financiero y promover los tratados de comercio como fue el caso de Túnez (Khalifa, 2019).

Finalmente, las instituciones realizan intervenciones para el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) en las empresas, ya que las firmas maximizadoras de beneficios podrían no invertir en proyectos que puedan ser no rentables (Wallsten, 2000). Stiglitz (2000), propuso que los programas de gobierno pueden mitigar las fallas de mercado, generando incentivos al sector privado para obtener beneficios de programas no rentables (Wallsten, 2000). Por su parte, Michael & Pearce (2009) establecen que las políticas y regulaciones institucionales promueven la innovación en los negocios y, además, influyen la gobernanza corporativa, ventaja competitiva, alcance de la firma, entre otros aspectos de la sofisticación de negocios (Eccles & Williamson, 1987; Lott & North, 1992).

Relación 2: El pilar de Capital Humano e Investigación tiene efectos directos la Sofisticación de Negocios y una relación inversa con la Sofisticación de Mercados

A través de la literatura se ha identificado que la vinculación de capital humano altamente calificado genera una posición de ventaja competitiva, además crea valor en términos de la disminución de costos o mejoras en los ingresos (P. M. Wright & Barney, 1998). Khalifa (2019), identificó que la inversión directa en capital humano y demás componentes de las economías basadas en conocimiento tienen un efecto directo en el desempeño innovador de las firmas. Por otra parte, la literatura de clústeres resalta la importancia del trabajo altamente calificado en el aumento de los niveles de productividad e innovación (Baptista & Swann, 1998; Karaev et al., 2007; Malmberg & Power, 2005; OECD, 2010; Rocha, 2004).

Con relación a la sofisticación de mercados, autores como Kendall (2009) proponen que el capital humano puede activar alternativas de crecimiento y canales de producción con menor acceso a financiamiento. En otras palabras es un sustituto al crédito, ya que la acumulación de capital apoya el desarrollo y crecimiento acelerado de sectores que requieren un bajo financiamiento inicial, como es el caso del sector servicios en India (Abubakar et al., 2015; Amin & Mattoo, 2008).

Así mismo, Cohen y Levinthal (1989) establecen que el capital humano es un determinante de absorción que permite a las firmas asimilar, generar y explorar nuevo conocimiento. Esto debido a que empleados altamente calificados tienen mayores capacidades para resolver problemas, diseñar nuevos productos y encontrar nuevas soluciones tecnológicas, a través del uso de diferentes áreas del conocimiento (Balconi, 2004; Khalifa, 2019).

Relación 3: El pilar de Infraestructura tiene efectos directos sobre la Sofisticación de Negocios

Múltiples estudios académicos han analizado el efecto de las telecomunicaciones en los procesos de innovación de las firmas. De acuerdo con Khalifa (2019) las ganancias en innovación con la adopción de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en las empresas se clasifican en 4 componentes: i) *Información* que facilita el desarrollo, recolección, procesamiento y divulgación de más y mejor información (Polder et al., 2012a); ii) *Tecnología* que permite la automatización e integración de actividades de la firma promoviendo la innovación de procesos y productos (Polder et al., 2012b); iii) *Colaboración* que genera espacios de cooperación para la innovación entre diferentes actores de los sistemas (Spiezia, 2011) y; iv) *Aprendizaje* que puede mejorar las capacidades de los empleados en el uso del conocimiento (Corso et al., 2003).

Relación 4: Los pilares de insumos (Instituciones, Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Negocios y Sofisticación de Mercados) tienen efectos directos sobre el pilar de Producción de Conocimiento y Tecnología.

De acuerdo con el IDIC (2015), el pilar de producción de conocimiento y tecnología relaciona las capacidades territoriales que se tienen en la creación de conocimiento, impacto del conocimiento generado y difusión del mismo. De esta forma, se mide la calidad y producción científica, el efecto de las actividades de innovación a nivel micro y macro, la adopción tecnológica en las firmas, y el comercio y participación en mercados de alto contenido tecnológico (DNP & OCyT, 2015).

En concordancia con este marco conceptual, Borrás & Edquist (2015) proponen que las instituciones deben asegurar un nivel adecuado de inversión tanto pública como privada en Investigación y Desarrollo (I+D), así como un balance en el tipo de actividades realizadas para la producción de conocimiento e I+D. Por su parte, Ivanov & Voinikanis (2017) establecen que las instituciones sostienen la producción de conocimiento y tecnología a través de sus políticas de propiedad intelectual y derecho a la competencia, generando incentivos económicos que intensifiquen las actividades de innovación. De esta forma, se ha identificado que la producción de conocimiento científico especialmente en regiones rezagadas requiere de políticas y arreglos institucionales específicos para el cierre de brechas, caso como el sur y este de Europa (Heimeriks et al., 2019).

Por su parte, múltiples académicos han establecido que el capital humano es un factor crucial en la producción de conocimiento (Jung, 2020), dado que este sirve como incubador de la creatividad y la innovación (Lee et al., 2010). Esto se ha visto reflejado en estudios como el de Jibir & Abdu (2020) que encontraron que el capital humano altamente calificado impulsa significativamente la innovación, pues es un eje vital para la creación y sofisticación de productos. Así mismo, Madsen (2016) establece que el capital humano y su capacidad de innovar son los principales impulsores del progreso tecnológico y el crecimiento de la productividad.

Con relación al pilar de infraestructura, se ha identificado que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) facilitan las conexiones y la transferencia de conocimiento en cantidad y calidad, aumentando la información accesible y disponible (Nour, 2010). De igual forma, las TIC proveen una base tecnológica que elimina barreras físicas y disminuye los costos de recopilación y distribución de la información, transformando las condiciones para la generación de conocimiento (Foray & Lundvall, 2009; Smith, 2002), lo que permite el nacimiento de nuevas industrias especializadas en la producción y sofisticación del conocimiento y la tecnología (Khalifa, 2019).

Ahora bien, se ha estudiado ampliamente la relación de la sofisticación de mercados con la producción de conocimiento y tecnología, especialmente en el acceso a financiamiento. Schumpeter (1934) planteó que la producción innovadora de una economía se encuentra relacionada con el funcionamiento de sus mercados de capital y crédito, ya que los costos de participar en actividades innovadoras son altos para las empresas (Fombang & Adjasi, 2018).

Esto también se ha visto reflejado en los retos que enfrentan las empresas de base tecnológica o los *spin-offs*. De acuerdo con Shane y Cable (2002) este tipo de empresas tienen recursos limitados, por lo que requieren acceso a financiamiento para el alcance de sus objetivos (Sallatu & Indarti, 2018). Además, Wright et al. (2006) establecen que la capacidad de financiamiento puede ser un determinante en la supervivencia de las empresas de base tecnológica y los *Spin-offs*, lo que sugiere que el acceso capital y crédito es uno de los mayores retos para la generación de conocimiento y tecnología (Sørheim et al., 2011).

Finalmente, la relación de la sofisticación de negocios y la producción de conocimiento y tecnología ha sido estudiada de forma limitada, especialmente en el caso de los *spin-offs* y los emprendimientos de base tecnológica. Según Shapin (2008), las empresas deberían ser el espacio de intercambio de información y trabajo en equipo, incluso en mayor medida que en la academia, no obstante la aversión al riesgo y los incentivos lucrativos no han permitido esta revolución (Fochler, 2016). Por lo que han sido los *spin-offs* y emprendimientos base tecnológica los que han generado un espacio a los investigadores para vivir y trabajar en la producción de conocimiento y tecnología entre y más allá de la academia y la industria (Fochler, 2016).

De esta forma, los negocios sofisticados se han convertido en espacios de investigación, que a través de la generación de conocimiento y tecnología desarrollan productos comerciales (Fochler, 2016). Matizando las fronteras entre la academia y la industria, para dar espacio a una combinación de las dos áreas, donde se centra la actividad económica en la institucionalidad académica y se crea una

nueva forma de producción de conocimiento y tecnología (Nowotny et al., 2013; Owen-Smith, 2003).

Relación 5: Los pilares de insumos (Instituciones, Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Negocios y Sofisticación de Mercados) tienen efectos directos e indirectos sobre el pilar de Producción de Creativa.

De acuerdo con el IDIC (2015), el pilar de producción creativa recoge aspectos como la creatividad, la generación de intangibles y la economía digital para el fomento a la innovación. Además, utiliza información sobre registros de marcas, producción de entretenimiento y medios, servicios culturales, actividades editoriales, así como indicadores relacionados con la economía digital para la construcción de sus tres subpilares: bienes intangibles, bienes y servicios creativos, y creatividad en línea (DNP & OCyT, 2015).

Alineado a este marco conceptual, Bianchi et al. (2015) encontraron que las instituciones regulatorias de calidad, dependiendo de las normas y políticas establecidas, pueden incentivar el desarrollo de ciertas industrias creativas, independientemente del nivel de desarrollo de las economías. Por lo cual, se ha identificado que en países como Dinamarca las políticas de gobierno promueven las industrias creativas y culturales, debido a sus beneficios económicos y su contribución a la competitividad (Bayliss, 2006). Por su parte, la UNCTAD en su informe de creatividad (2008) estableció que para mejorar la economía creativa se requiere mecanismos institucionales efectivos que coordinen e integren múltiples agencias para mejorar las industrias creativas.

En materia de capital humano, Florida (2003) estableció que las personas creativas tienden a concentrarse en espacios geográficos donde las empresas y la sociedad en general son creativas e innovadoras, lo que conlleva a un mejoramiento de las industrias creativas basadas en el conocimiento y la alta tecnología como el Silicon Valley y Ann Arbor (Bianchi et al., 2015). Similarmente, Sanchez-Serra (2014) encontró que el clúster de empleos creativos está relacionado con un alto capital humano, por lo que atraer y retener altos niveles de talento y capital humano impactará en la aglomeración de empleos creativos en un territorio.

Respecto a la relación de la infraestructura con la producción creativa, Zhao et al. (2020) sugieren que la aplicación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) pueden “potencialmente” acelerar el proceso creativo, pero combinado con un capital altamente calificado podrían incrementar la productividad, la producción creativa y las actividades innovadoras. De forma análoga, Batabyal y Nijkamp (2015) establecen que el uso de estas tecnologías genera derrames de conocimiento parciales en las regiones creativas, no obstante es el crecimiento del nivel de capital creativo (clase creativa) el que determina completamente el crecimiento de la economía creativa.

En cuanto a la sofisticación de mercados, el mayor desafío que enfrentan los países para el desarrollo de la industria creativa es el acceso a financiamiento, lo que puede estar explicado por el nivel de riesgo de estas industrias y su falta de activos tangibles que sirvan como garantía (UNESCO, 2013). Esto ha generado efectos distorsionadores de los mercados sobre las industrias creativas, por lo que no se consideran un medio eficiente para organizar su producción (Perez Monclus, 2016). No

obstante, debido al carácter innovador de estas industrias y sus aportes al crecimiento económico, múltiples naciones han desarrollado instrumentos financieros de carácter público, privado o mixto, que permitan apalancar recursos para financiar estas actividades de alto riesgo (Perez Monclus, 2016; UNESCO, 2013).

Finalmente, tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje de Máquinas (AM) se han constituido en las industrias creativas como un asistente de la clase creativa para el análisis de datos, búsqueda, edición, entre otras tareas (Anantrasirichai & Bull, 2020). Esta sofisticación en los negocios complementan el trabajo de los creativos a través de mejoras en la productividad y calidad, sin sustituir la creatividad humana (Adobe, 2018; Anantrasirichai & Bull, 2020). En otras palabras, estas tecnologías mejoran la producción creativa reforzando la capacidad para inventar y crear de los humanos (Adobe, 2018).

Relación 6: El pilar de Producción de Creativa tiene efectos directos sobre el pilar de Producción de Conocimiento y Tecnología.

De acuerdo con el modelo propuesto por Ghassib (2010), la creatividad es el corazón de la práctica científica, puesto que a diferencia de la producción de los demás bienes y servicios, la producción de conocimiento no sigue unos pasos definidos o establecidos, sino que es un proceso creativo e innovador. Los productos científicos, para la generación de nuevo conocimiento y tecnología, son imprevistos e imprevisibles, por lo cual se basan en la esencia de la creatividad y el proceso creativo (Ghassib, 2010). Esta idea fue reforzada por McCluskey (2010) quien estableció que la educación en procesos de creatividad podrían desarrollar al genio científico y por Lubart y Zenasni (2010) quienes refuerzan la importancia de la dotación creativa en la ciencia.

3. METODOLÓGIA

3.1 Datos y estadísticas descriptivas

El análisis que se presenta en este documento se basa en los resultados del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), en su versión 2019. En general, el IDIC es una iniciativa realizada conjuntamente por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Observatorio de Ciencia y Tecnología de Colombia (OCyT) desde el año 2015 (DNP & OCyT, 2019). Como ya se mencionó, a través del IDIC se busca realizar una medición comparable de las capacidades de generación y apropiación de conocimiento e innovación en los departamentos de Colombia (DNP & OCyT, 2015). Asimismo, entender sistemáticamente la forma en que interactúan diferentes actores y las condiciones ecosistémicas para determinar factores de innovación y su fomento (DNP & OCyT, 2015).

Para esto, el IDIC 2019 adapta a la realidad de los departamentos la metodología y conceptualización del Global Innovation Index (GII) en su versión 2019, teniendo en cuenta la disponibilidad, accesibilidad y periodicidad de la información a nivel territorial (DNP & OCyT, 2019). En su última edición, el IDIC cuenta con datos de 110 variables para 31 departamentos, con las cuales se construyeron 79 indicadores compuestos y univariados (datos duros y blandos) como se presenta en la Tabla 2 (Anexo 1) (DNP & OCyT, 2019). Cabe resaltar que estos datos se encuentran en una ventana de información de 2015 a 2018, donde el 52% de los indicadores están contruidos con la última información disponible. Además, se realiza la imputación de datos faltantes bajo un modelo de componentes principales para aquellos departamentos que no tienen la capacidad institucional para generar la información utilizada en el cálculo de los indicadores⁶ (DNP & OCyT, 2019).

Tabla 2. Caracterización de los datos del IDIC vs. El GII

Tipo	GII	IDIC
Indicadores	80	79
Datos duros	57	61
Datos blandos	5	5
Datos compuestos	18	13

Fuente: Adaptado del IDIC 2019 (DNP & OCyT, 2019).

Ahora bien, a través de estos indicadores se construyen 21 subpilares agrupados en 7 pilares (Tabla 3). Cada subpilar está integrado por dos o más indicadores, los cuales a través de un promedio simple generan la puntuación de los subpilares (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019). Para esto, cada indicador ha sido previamente normalizado en una escala de 0 a 100, de forma al que sean comparables entre ellos y en el tiempo (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019). Por su parte, la valoración de cada pilar se obtiene calculando la media simple de los elementos que los componen,

⁶ Más información en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Indice-Departamental-Innovacion-Colombia-2019.pdf>

y a su vez estos se dividen en dos grupos de subíndices: Insumos y Resultados como se presenta en la Tabla 3 (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019).

Tabla 3. Composición de los pilares del IDIC

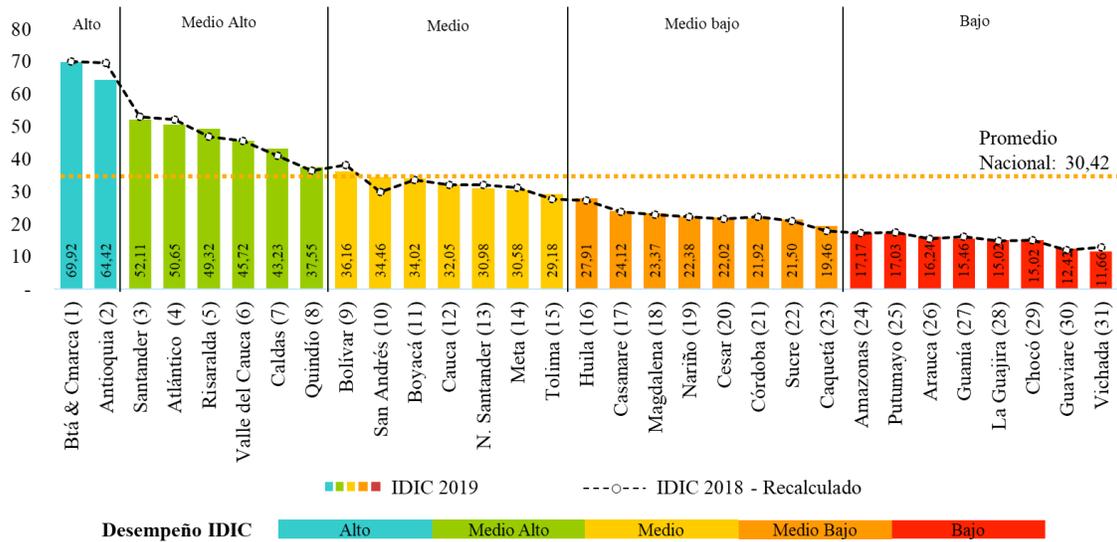
Insumos		
Pilar	Subpilar	
Instituciones (INS)	INS-11	Entorno político
	INS-12	Entorno regulatorio
	INS-13	Ambiente de negocios
Capital Humano e Investigación (CHI)	CHI-21	Educación secundaria y media
	CHI-22	Educación superior
	CHI-23	Investigación y desarrollo
Infraestructura (INF)	INF-31	TIC
	INF-32	Infraestructura general
	INF-33	Sostenibilidad ecológica
Sofisticación de mercado (SOFM)	SOFM-41	Crédito
	SOFM-42	Capacidad de Inversión
	SOFM-43	Comercio y competencia
Sofisticación de negocios (SOFN)	SOFN-51	Trabajadores de conocimiento
	SOFN-52	Enlaces de innovación
	SOFN-53	Absorción del conocimiento

Resultados		
Pilar	Subpilar	
Producción de conocimiento y tecnología (PCT)	PCT-61	Creación de conocimiento
	PCT-62	Impacto del conocimiento
	PCT-63	Difusión de conocimiento
Producción creativa (PCR)	PCR-71	Bienes intangibles
	PCR-72	Bienes y servicios creativos
	PCR-73	Creatividad en línea

Fuente: IDIC 2019 (DNP & OCyT, 2019).

Finalmente, al aplicar un promedio simple entre los subíndices de insumos y resultados se obtiene el puntaje global del IDIC, a partir del cual se categorizan los departamentos por grupo de desempeño: Bajo, Medio Bajo, Medio, Medio Alto y Alto, los cuales buscan minimizar las variaciones entre los integrantes de cada categoría, pero maximizarlas con los demás grupos (DNP & OCyT, 2015, 2017, 2018, 2019). Para el año 2019 estos resultados se presentan en el Gráfico 2, allí se refleja el puntaje alcanzado por cada departamento de Colombia, el ranking, y la categoría según su desempeño y grado de innovación en este periodo.

Gráfico 2. Resultados Generales del IDIC 2019



Fuente: Tomado de DNP (2020).

3.2 Modelo y especificación econométrica

El análisis de las relaciones del Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), en su versión 2019, se ha abordado a partir de la metodología utilizada por Sohn et al. (2015) en la reevaluación del Índice Global de Innovación (GII). Esto, teniendo en cuenta que el constructo del IDIC está basado en la estructura del GII, tanto en pilares como subpilares, y la aplicación del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) utilizado por estos autores es pertinente para evaluar el caso colombiano. Específicamente, se hace uso del método de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) que permite trabajar con muestras pequeñas para establecer las relaciones estructurales entre diferentes variables latentes.

3.2.1 Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)

En general, el SEM combina el método de regresión múltiple con el análisis factorial y permite estimar de manera simultánea una serie de relaciones entre múltiples variables que pueden tomar el rol de dependientes e independientes. Esto resulta de mucha utilidad cuando las variables dependientes se convierten en independientes, en particular si las mismas variables tienen un efecto diferencial sobre cada una de las variables dependientes, y además incorporan los efectos del error de medida sobre los coeficientes estructurales (Cupani, 2012; Hair et al., 2010; Venturini & Mehmetoglu, 2019).

El SEM se caracteriza sobre las técnicas multivariadas por (Cupani, 2012; Kahn, 2006; Weston & Gore, 2006):

- i) **Tener la capacidad de estimar y evaluar la relación entre constructos no observables, también denominados *variables latentes***⁷. En el SEM es posible utilizar múltiples medidas que representen un constructo y controlar el error de medición de cada variable, permitiendo al investigador la evaluación de la validez de cada estructura medida. Mientras que, en otras técnicas de análisis, los constructos sólo pueden ser representados a través de un cálculo único y sin posibilidad de modelar el error de medición.
- ii) **Realizar la evaluación metódica de varias pruebas estadísticas y de un conjunto de índices, para poder interpretar los resultados de un SEM.** Estas pruebas permiten establecer si la estructura teórica planteada proporciona un buen ajuste con relación a los datos empíricos.
- iii) **Ayudar a seleccionar hipótesis de relaciones causales relevantes, eliminando aquellas no sustentadas por la evidencia empírica (estos modelos nunca prueban la causalidad).** El valor de esta técnica radica en, especificar las complejas relaciones entre variables *a priori* y, posteriormente, determinar cuántas se encuentran representadas por los datos recogidos empíricamente.

Existen dos componentes claves para llevar a cabo la estimación de un modelo de ecuaciones estructurales:

Primero, se debe construir el *modelo de medida* en el que se presenten las relaciones de cada variable latente, dependiente o independiente, con sus indicadores (*variables empíricas*), esto permite corroborar si los datos observados son idóneos para identificar el constructo planteado. En caso de una correlación baja entre los indicadores, es posible concluir que existe una especificación errónea del modelo o que se presenta una equivocación en las relaciones establecidas entre las variables (Weston & Gore, 2006). Es importante resaltar que, la idoneidad de los indicadores es mejor cuando se presenta un nivel alto de confiabilidad $\alpha \geq 0,70$ (Cupani, 2012). Segundo, es necesario llevar a cabo el cálculo del *modelo estructural*, que despliega las relaciones propuestas entre los diferentes constructos de acuerdo con la revisión de literatura.

3.2.2 Método de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS)

Particularmente, el método PLS se basa en el análisis de varianza, por lo que requiere la utilización de variables controlables o fácilmente medibles para predecir el comportamiento de otras variables o identificar los constructos impulsores clave. Se trata de una metodología basada en pruebas no paramétricas que genera mayor flexibilidad sobre las exigencias mínimas en la escala de medición, el tamaño de la muestra y la distribución de los datos⁸ (Gaviria, 2016; Hair Jr et al., 2016; Martínez & Fierro, 2018).

En su implementación, se hace uso del paquete *plsem* para el programa estadístico STATA, desarrollado por Venturini & Mehmetoglu (2019). Este paquete se basa en los algoritmos propuestos

⁷ Una variable latente corresponde a un constructo supuesto, para este caso uno de los pilares del IDIC (p.e. el pilar de capital humano e investigación), cuya medición se realiza mediante variables observables (p.e., la tasa de Cobertura en educación superior del subpilar de Educación Superior).

⁸ Una de sus grandes ventajas es que no necesita de datos provenientes de distribuciones normales o conocidas.

por Wold (1975) y Lohmöller (1989), precursores de la incorporación del enfoque de variables multi-ítem en los modelos de ecuaciones estructurales, además cuenta con las siguientes características:

- i. Especificación del modelo usando un estilo similar a una ecuación.
- ii. Estimación estándar y basada en *Bootstrap*.
- iii. Análisis de mediación entre estimación e inferencia.
- iv. Análisis de moderación a través de la inclusión de interacciones entre variables latentes en la especificación del modelo estructural, entre otros.

Cabe resaltar que se utiliza este método porque permite trabajar con muestras pequeñas (contamos con los resultados de los pilares y subpilares de 31 departamentos de Colombia), proponer el tipo y la dirección de las relaciones que se esperan encontrar (se han establecido seis relaciones de acuerdo con la revisión de literatura), estimar el tamaño de los efectos y obtener relaciones de causalidad entre las variables.

En línea con lo anterior, el método PLS-SEM aplicado a este caso de este estudio asumirá la siguiente forma:

i) *Modelo de medida:*

$$INS_i = f(INS11_i, INS12_i, INS13_i) \quad (1)$$

$$CHI_i = f(CHI21_i, CHI22_i, CHI23_i) \quad (2)$$

$$INF_i = f(INF31_i, INF32_i, INF33_i) \quad (3)$$

$$SOFM_i = f(SOFM41_i, SOFM42_i, SOFM43_i) \quad (4)$$

$$SOFN_i = f(SOFN51_i, SOFN52_i, SOFN53_i) \quad (5)$$

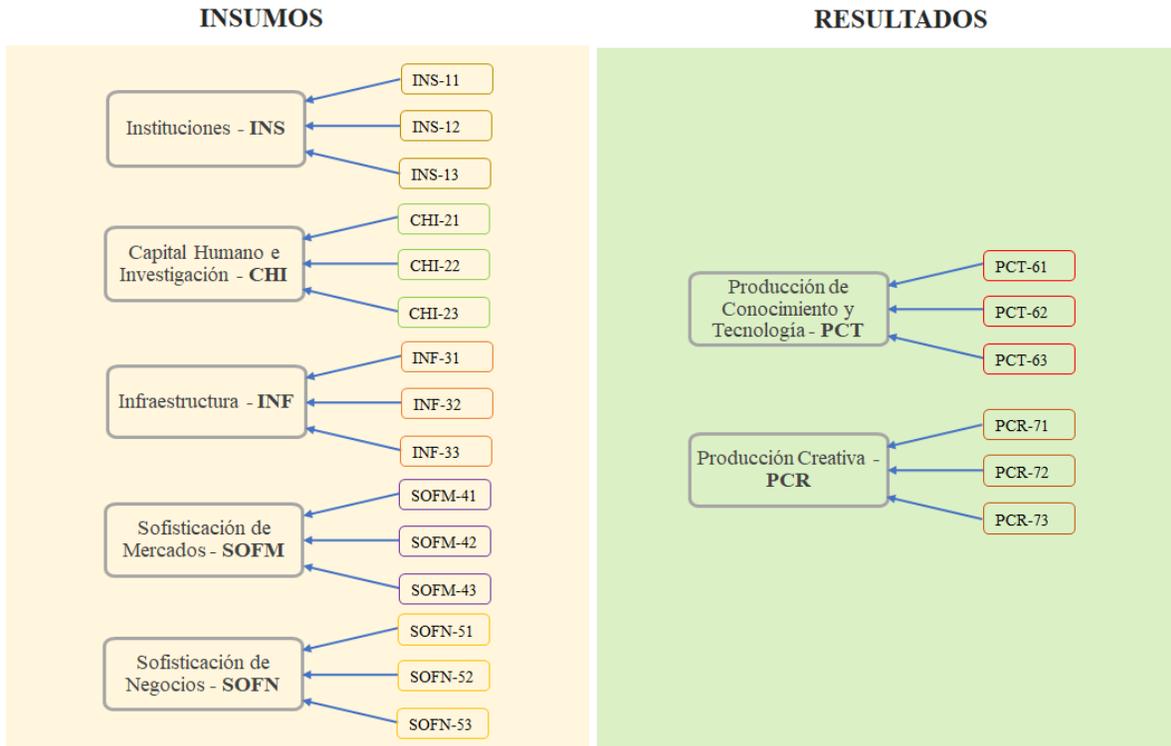
$$PCT_i = f(PCT61_i, PCT62_i, PCT63_i) \quad (6)$$

$$PCR_i = f(PCR71_i, PCR72_i, PCR73_i) \quad (7)$$

Donde i corresponde a la información de cada uno de los departamentos evaluados en el IDIC 2019, las variables latentes $INS_i, CHI_i, INF_i, SOFM_i, SOFN_i, PCT_i, PCR_i$ son los pilares que se encuentran en función de sus medidas, es decir los subpilares que los componen.

A continuación, Ilustración 2 presenta el esquema del modelo de medida planteado.

Ilustración 2. Estructura del modelo de medida del IDIC 2019



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las ecuaciones que representan las hipótesis causales dentro y entre los subíndices de insumos y resultados del modelo estructural son:

ii) *Modelo de estructural:*

$$INS_i \rightarrow CHI_i, INF_i, SOFM_i, SOFN_i, PCT_i, PCR_i \quad (8)$$

$$CHI_i \rightarrow SOFM_i, SOFN_i, PCT_i, PCR_i \quad (9)$$

$$INF_i \rightarrow SOFN_i, PCT_i, PCR_i \quad (10)$$

$$SOFM_i \rightarrow PCT_i, PCR_i \quad (11)$$

$$SOFN_i \rightarrow PCT_i, PCR_i \quad (12)$$

$$PCT_i \rightarrow PCR_i \quad (13)$$

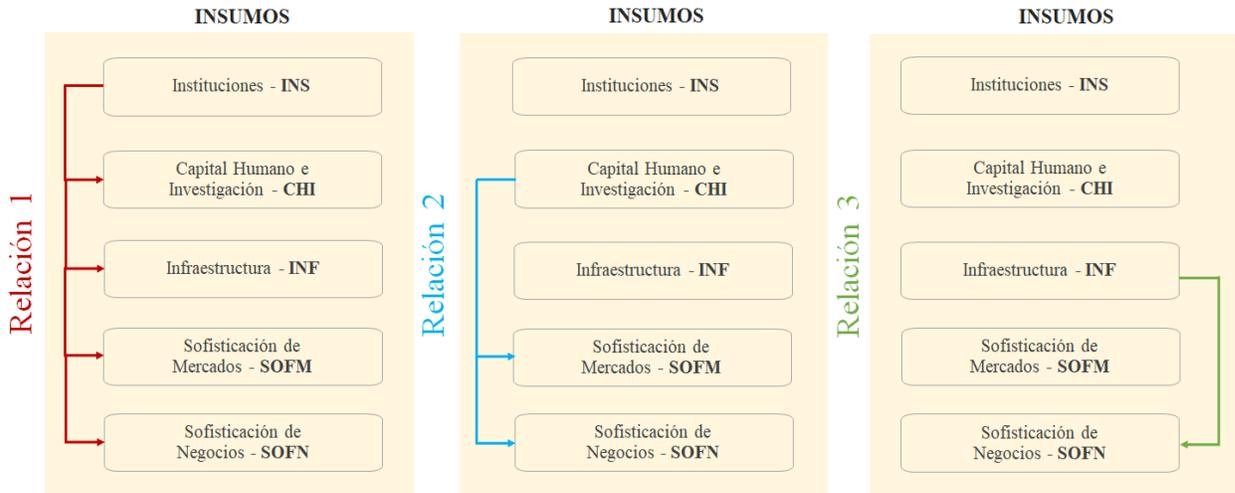
Donde:

- Relación (8), analiza la relación causal entre el constructo de Instituciones y las variables latentes de Capital Humano e Investigación, Infraestructura, Sofisticación de Mercados, Sofisticación de Negocios, Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.
- Relación (9), estudia la relación entre Capital Humano e Investigación con los pilares de Sofisticación de Mercados, Sofisticación de Negocios, Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.

- Relación (10), evalúa la relación entre Infraestructura con el pilar de Sofisticación de Negocios, Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.

La Ilustración 3 muestra la forma esquemática que tomaría cada una de las tres ecuaciones anteriores.

Ilustración 3. Relaciones estructurales entre los constructos del subíndice de Insumos

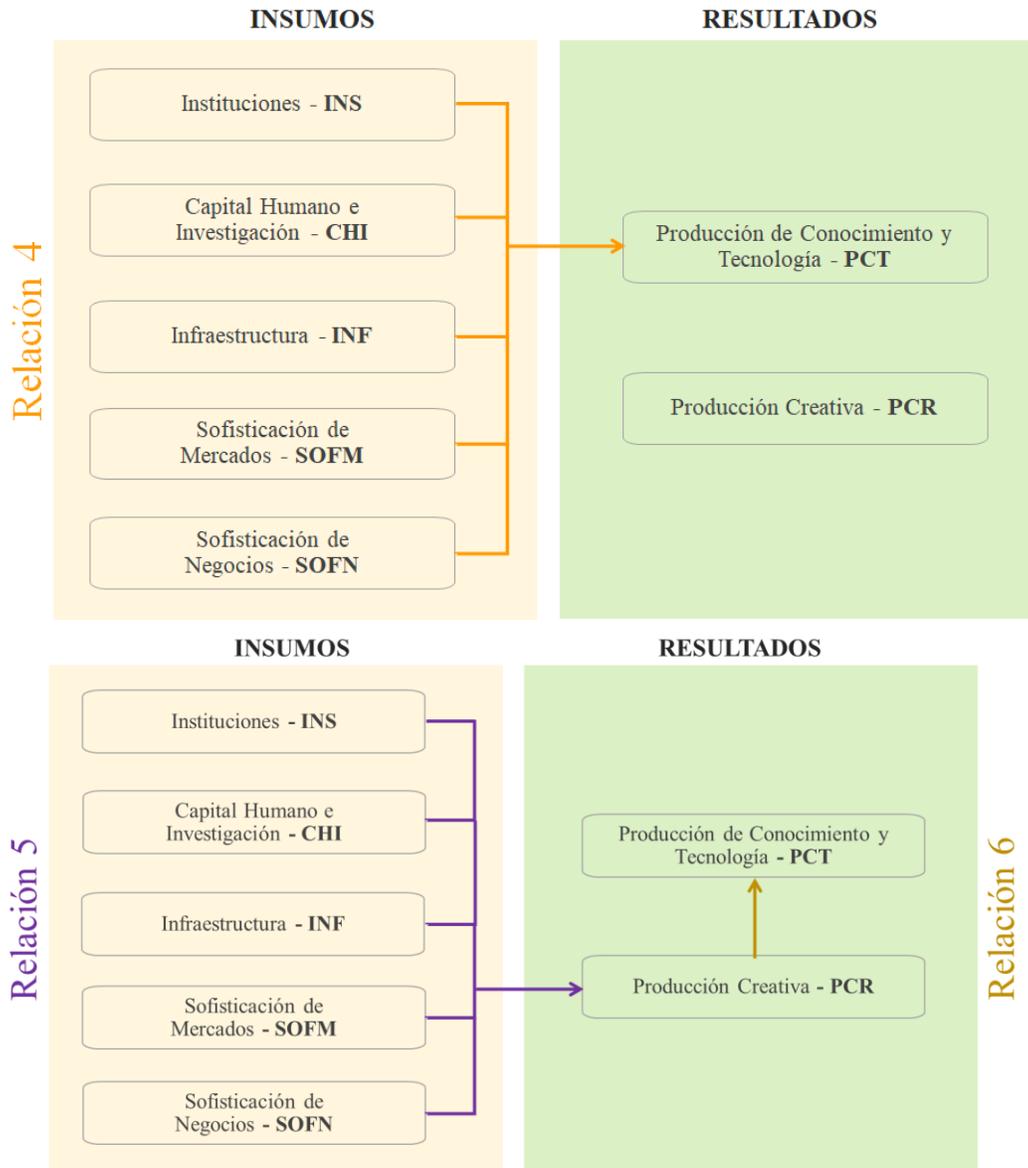


Fuente: Elaboración propia

- Relación (11), analiza la relación entre Sofisticación de Mercados con la Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.
- Relación (12), valida la relación entre Sofisticación de Negocios con la Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.
- Relación (13), estima la relación entre Producción de Conocimiento y Tecnología, y Producción Creativa.

Mientras que, la Ilustración 4 muestra la representación estructural de las relaciones planteadas en estas últimas ecuaciones.

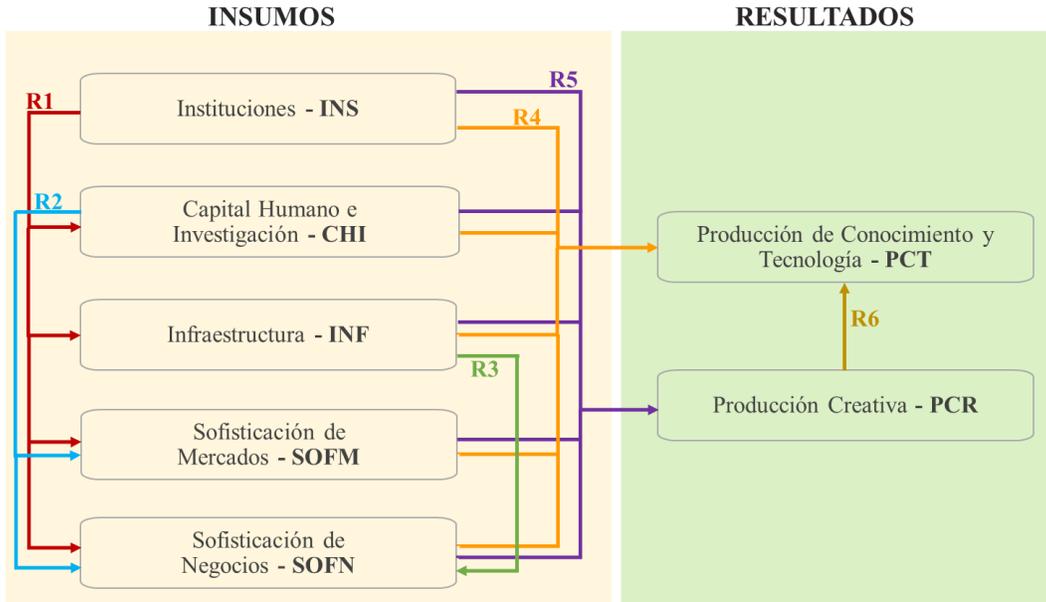
Ilustración 4. Relaciones estructurales entre los constructos de los subíndices de Insumos y resultados



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Ilustración 5 se encuentra la representación del modelo estructural completo con sus diferentes relaciones entre los constructos del IDIC 2019.

Ilustración 5. Modelo estructural propuesto de los constructos del IDIC 2019



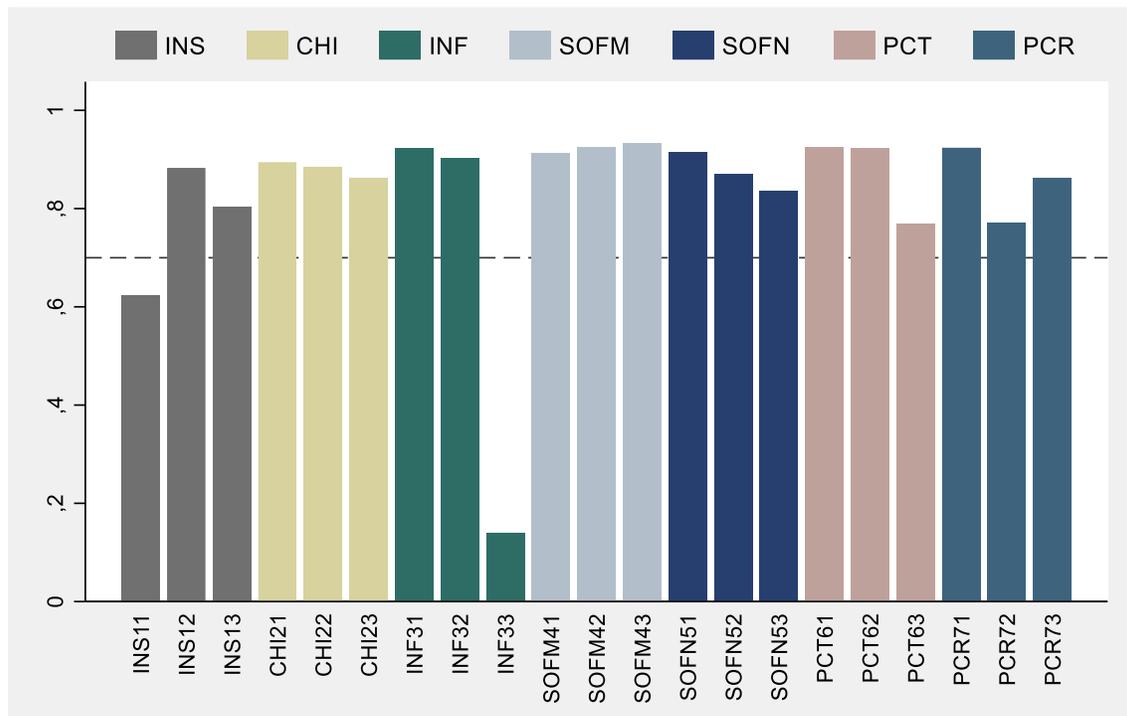
Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

4.1 Análisis del modelo estructural propuesto

El paquete econométrico *plsem* de STATA, realiza un análisis confirmatorio de factores previo a la estimación del modelo de ecuaciones estructurales, con el fin de validar la relación entre las variables de medida y las variables latentes (Sohn et al., 2015; Venturini & Mehmetoglu, 2019). Los resultados obtenidos en la especificación de medida muestran que la calidad de ajuste de los constructos tienen, en general, un coeficiente de carga superior a 0.7, a excepción de los subpilares de Entorno Político (INS11) y Sostenibilidad Ecológica (INF33) que presentan una baja significancia con coeficientes de 0.623 y 0.140 respectivamente (Gráfico 3).

Gráfico 3. Calidad de ajuste de los indicadores de variables latentes



Fuente: Elaboración propia

Esto mantiene consistencia y corrobora los resultados obtenidos por Sohn et al. (2015), quienes en su análisis estructural del GII eliminan de su estimación las variables de medida INS11 e INF33 debido al bajo nivel de significancia en su coeficiente de carga, lo cual generó mejoras significativas en la consistencia interna del modelo que se reflejan a través de la medida de fiabilidad Alfa de Cronbach. Cabe resaltar que los problemas encontrados en el GII son los mismos identificados en su adaptación para el caso colombiano, lo que lleva a evaluar la pertinencia de continuar con la replicabilidad exacta de esta estructura metodológica o modificarla a las particularidades del país.

Para el caso colombiano, la baja calidad de ajuste de estos subpilares puede estar explicada por la información empírica que los componen. Es decir, analizando los indicadores del subpilar Entorno Político se encontró que dos de estos tienen una baja ponderación de carga: *Índice de estabilidad política y ausencia de violencia / terrorismo* (0.153) y *Violaciones a la libertad de prensa* (0.275). Estos resultados pueden estar explicados por la implementación incipiente de los acuerdos de paz, los asesinatos a líderes sociales y el contraste de ideologías que preservan la inestabilidad política del país (BBC Mundo, 2020; CINEP, 2020).

Respecto a las violaciones a la libertad de prensa, tanto en el Gobierno Nacional como en los gobiernos locales se han identificado casos de censura política y retos importantes en materia de seguridad, lo que desestabiliza el ejercicio periodístico debido a las constantes amenazas (Gómez-Giraldo & Hernández-Rodríguez, 2009). Además, pueden existir problemas en la calidad de los datos del orden territorial, ya que algunos departamentos no tienen la capacidad institucional para generar esta información y es necesario imputar datos para algunas regiones del país (DNP & OCyT, 2019).

Sobre el pilar de infraestructura, se encontró que todos los indicadores que componen el subpilar Sostenibilidad Ecológica tienen un nivel de significancia bajo en sus coeficientes de carga: *Eficiencia en el uso de la energía* (-0.212), *Desempeño ambiental* (0.509) y *Empresas con certificación ambiental ISO 14001* (0.239). A partir de estos resultados es posible afirmar que para los departamentos de Colombia la conservación del medio ambiente sigue siendo un problema marcado a pesar de los esfuerzos realizados por el Gobierno Nacional y Subnacional. Lo cual, puede estar explicado por el avance paulatino en eficiencia energética que de 2010 a 2018 ha mejorado 0,2 TJ⁹, el estancamiento en la reducción de emisiones totales de gases efecto invernadero que de 2010 a 2015 no ha presentado ningún movimiento, y la baja generación de negocios verdes que en 2017 estaba en 429 negocios y se espera llegar 12.630 en 2030 (DNP, 2019).

Estos resultados afectan el nivel de confianza del modelo estructural propuesto, por lo cual varias de las relaciones identificadas en la literatura se invalidan (Anexo 2). En este sentido y siguiendo la metodología utilizada por Sohn et al., al excluir estos elementos del modelo los alfas de Cronbach para todas las variables latentes adquieren un resultado superior a 0.8, excepto el pilar de instituciones que tiene un resultado cercano a 0.7 (Tabla 4).

Tabla 4. Factores confirmatorios del modelo de medida ajustado

Variable Latente	Variable de Medida	Coefficiente de Carga	Alfa de Cronbach
Instituciones (INS)	INS-12 Entorno regulatorio	0.910	0.691
	INS-13 Ambiente de negocios	0.833	
Capital Humano e Investigación (CHI)	CHI-21 Educación secundaria y media	0.895	0.856
	CHI-22 Educación superior	0.885	
	CHI-23 Investigación y desarrollo	0.862	
Infraestructura (INF)	INF-31 TIC	0.924	0.800

⁹ Terajulio (TJ) = 1.000.000.000.000 Julios (J). En Colombia el consumo per cápita de energía es de 4.172.400.000 J al año (La República, 2019).

Variable Latente	Variable de Medida	Coefficiente de Carga	Alfa de Cronbach
Sofisticación de mercado (SOFM)	INF-32 Infraestructura general	0.901	0.914
	SOFM-41 Crédito	0.914	
	SOFM-42 Capacidad de Inversión	0.925	
	SOFM-43 Comercio y competencia	0.933	
Sofisticación de negocios (SOFN)	SOFN-51 Trabajadores de conocimiento	0.915	0.846
	SOFN-52 Enlaces de innovación	0.869	
	SOFN-53 Absorción del conocimiento	0.838	
Producción de conocimiento y tecnología (PCT)	PCT-61 Creación de conocimiento	0.925	0.845
	PCT-62 Impacto del conocimiento	0.922	
	PCT-63 Difusión de conocimiento	0.769	
Producción creativa (PCR)	PCR-71 Bienes intangibles	0.923	0.815
	PCR-72 Bienes y servicios creativos	0.772	
	PCR-73 Creatividad en línea	0.862	

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos ajustes, se estimó el modelo de ecuaciones estructurales con el método de mínimos cuadrados parciales para validar las relaciones propuestas de la Ilustración 5. Considerando los resultados presentados en la Tabla 5, para el caso colombiano existen diez trayectorias significativas al 10% o a un mayor nivel de confianza: R1-1, R1-2, R1-3, R1-4, R2-1, R2-2, R4-4, R5-1, R5-5 y R6-1. Esto sugiere que en el resto de las trayectorias no existe una relación causal entre las variables latentes, por lo que fueron excluidas del modelo.

Tabla 5. Bootstrap para el coeficiente de trayectoria del SEM propuesto

R*	Variable Latente	→	Variable Latente	Coefficiente de Trayectoria	P - Valor
R1-1	Instituciones	→	Capital Humano e Investigación	0.618	0.000
R1-2	Instituciones	→	Infraestructura	0.765	0.000
R1-3	Instituciones	→	Sofisticación de Mercados	0.489	0.000
R1-4	Instituciones	→	Sofisticación de Negocios	0.358	0.005
R4-1	Instituciones	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.076	0.535
R5-1	Instituciones	→	Producción Creativa	0.392	0.017
R2-1	Capital Humano e Investigación	→	Sofisticación de Mercados	0.486	0.000
R2-2	Capital Humano e Investigación	→	Sofisticación de Negocios	0.418	0.041
R4-2	Capital Humano e Investigación	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.167	0.232
R5-2	Capital Humano e Investigación	→	Producción Creativa	0.048	0.813
R3-1	Infraestructura	→	Sofisticación de Negocios	0.237	0.246
R4-3	Infraestructura	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	-0.007	0.961
R5-3	Infraestructura	→	Producción Creativa	-0.039	0.852
R4-4	Sofisticación de Mercados	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.343	0.093

R*	Variable Latente	→	Variable Latente	Coefficiente de Trayectoria	P - Valor
R5-4	Sofisticación de Mercados	→	Producción Creativa	-0.200	0.348
R4-5	Sofisticación de Negocios	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.110	0.653
R5-5	Sofisticación de Negocios	→	Producción Creativa	0.755	0.003
R6-1	Producción Creativa	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.344	0.052

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** *R hace referencia a la desagregación de las relaciones propuestas.

De esta forma, la Tabla 6 muestra el modelo estructural ajustado que ha sido validado para Colombia. En la primera relación (R1), se establece que el pilar de instituciones, evaluado desde el entorno regulatorio de los departamentos y el ambiente de negocios a nivel territorial, tiene un efecto positivo sobre los pilares de capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación de mercados y sofisticación de negocios. Lo que genera indicios de que a nivel regional la capacidad gubernamental es determinante para incrementar la cobertura de educación secundaria y media, el financiamiento de I+D, el desarrollo de la infraestructura (carreteras, etc.), y el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones. Así mismo, potenciar la diversificación de mercados, la inversión en innovación y la absorción de conocimiento en las industrias.

Por su parte, la segunda relación (R2) evidencia un efecto positivo del pilar capital humano e investigación sobre la sofisticación de negocios y la sofisticación de mercados, lo que apunta a que la incorporación de trabajo altamente calificado es elemental para incrementar la capacidad innovadora y la transferencia de conocimiento a las empresas del nivel territorial. De igual forma, se puede deducir que el capital humano y la investigación fomentan la competencia de los mercados subnacionales, y promueven el acceso a diferentes mecanismos financieros para innovar.

La cuarta relación (R4) soporta que la sofisticación de mercados tiene un efecto positivo sobre la producción de conocimiento y tecnología, de lo cual se puede inferir que un mayor acceso a financiamiento es esencial en la generación de conocimiento y el desarrollo tecnológico de los departamentos de Colombia. Por su parte, la quinta relación (R5) muestra un efecto positivo de los pilares de instituciones y sofisticación de negocios sobre la producción creativa, lo que indica que la creación de bienes y servicios intangibles y culturales requiere la incorporación de capital humano con formación de alto nivel a en las industrias creativas, y un ambiente de negocios favorable para su desarrollo. Finalmente, la sexta relación (R6) sustenta un efecto positivo de la producción creativa sobre la producción de conocimiento y tecnología, lo que resalta la importancia de la creatividad en los procesos de innovación.

Cabe resaltar, que la tercera relación propuesta (R3) desaparece del modelo estructural con la exclusión de las trayectorias no significativas, lo que genera la eliminación del pilar de infraestructura como variable explicativa de la innovación sobre los demás constructos. Este resultado puede estar explicado por el bajo desarrollo sostenible de la infraestructura en telecomunicaciones y logística a nivel territorial, ya que en promedio los 31 departamentos participantes en el IDIC 2019 obtuvieron un puntaje de 37,78 sobre 100 puntos. Lo cual mantiene consistencia con el reporte del Índice Departamental de Competitividad (IDC), que en 2019 a través de los pilares de “Infraestructura” y

“Adopción TIC” encontraron un resultado promedio 43,25 en una escala de 0 a 100, para todos los departamentos de Colombia (Consejo Privado de Competitividad, 2019).

Tabla 6. Efectos directos e indirectos: efecto total general

Variable Latente	→	Variable Latente	Directo	Indirecto	Efecto Total
Instituciones	→	Capital Humano e Investigación	0.618***		0.618
Instituciones	→	Infraestructura	0.774***		0.774
Instituciones	→	Sofisticación de Mercados	0.488***	0.302***	0.789
Instituciones	→	Sofisticación de Negocios	0.453***	0.346***	0.799
Instituciones	→	Producción de Conocimiento y Tecnología		0.811***	0.811
Instituciones	→	Producción Creativa	0.346**	0.490***	0.836
Capital Humano e Investigación	→	Sofisticación de Mercados	0.488***		0.488
Capital Humano e Investigación	→	Sofisticación de Negocios	0.560***		0.560
Capital Humano e Investigación	→	Producción de Conocimiento y Tecnología		0.418***	0.418
Capital Humano e Investigación	→	Producción Creativa		0.343***	0.343
Sofisticación de Mercados	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.517***		0.517
Sofisticación de Negocios	→	Producción de Conocimiento y Tecnología		0.296***	0.296
Sofisticación de Negocios	→	Producción Creativa	0.614***		0.614
Producción Creativa	→	Producción de Conocimiento y Tecnología	0.482***		0.482

Fuente: Elaboración propia. **Nota:** Los asteriscos denotan el grado de significancia: * Significativo al 10%
** Significativo al 5%, *** Significativo al 1%

Por otra parte, la Tabla 6 muestra la magnitud de los efectos encontrados de forma directa e indirecta a través del modelo de ecuaciones estructurales ajustado, allí se puede apreciar que las relaciones causales estimadas se encuentran en un intervalo de confianza igual o superior al 95%. Cabe aclarar que la técnica del *plsem* maximiza la capacidad de predicción de las variables dependientes, por lo que también es necesario evaluar los resultados de la bondad de ajuste del modelo a través del R^2 ajustado (Martínez & Fierro, 2018). De esta forma se mide el nivel de efectividad que tienen las variables independientes para explicar la variación de la variable dependiente (Stock & Watson, 2012).

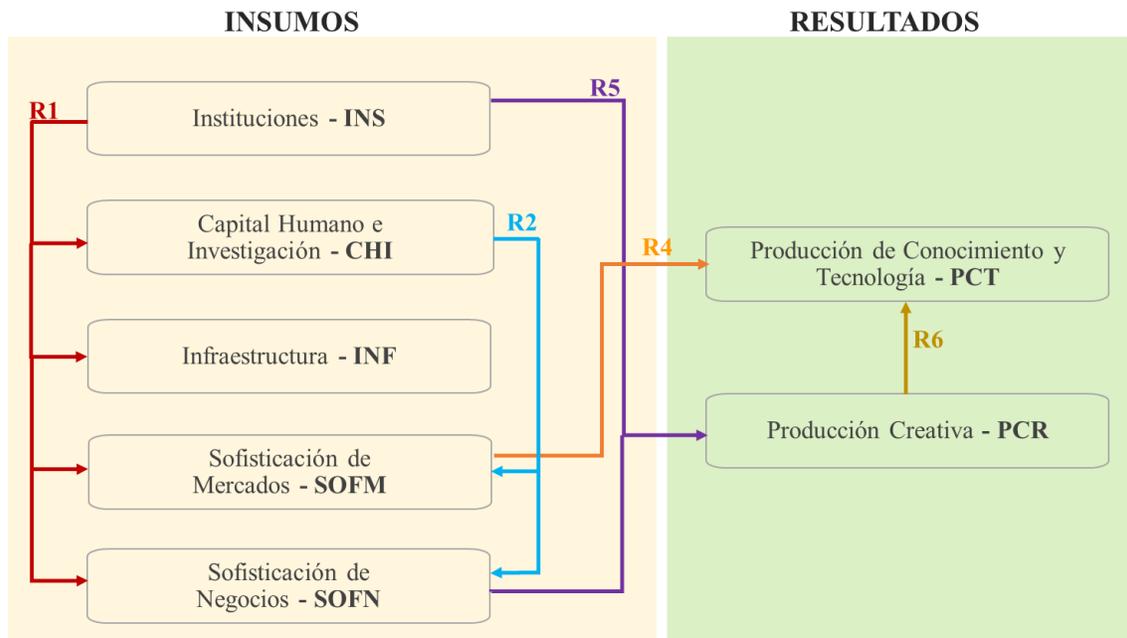
Teniendo en cuenta que entre más alto sea el valor del R^2 ajustado mejor es la capacidad explicativa de las variables dependientes, Hair Jr et al. (2017) clasifican en tres categorías los resultados de la bondad de ajuste: sustancial (0.75), moderado (0.50) y débil (0.25) (Martínez & Fierro, 2018). En el caso de estudio colombiano, la estimación de los constructos sofisticación de mercados (0.754), sofisticación de negocios (0.819), producción de conocimiento y tecnología (0.893), y producción creativa (0.824) cuentan con un R^2 ajustado sustancial (Anexo 3), mientras que para los pilares de

infraestructura (0.586) y capital humano e investigación (0.361) es moderado y débil, respectivamente.

En este sentido, aunque los efectos identificados sobre las variables latentes infraestructura y capital humano e investigación son significativos, la capacidad del pilar de instituciones para explicar su variabilidad es limitada. Es decir, su poder para estimar las relaciones causales identificadas en el modelo de ecuaciones estructurales es escaso, especialmente en el caso del constructo capital humano e investigación.

Ahora bien, a partir de las relaciones directas identificadas en el modelo estructural, también es posible establecer efectos indirectos entre algunos constructos (Sohn et al., 2015). En general, el efecto indirecto entre dos variables latentes es medido a través un tercer constructo que las relaciona. Para el caso colombiano se encontraron siete relaciones indirectas: Instituciones sobre sofisticación de mercados (i), sofisticación de negocios (ii), producción de conocimiento y tecnología (iii), y producción creativa (iv). Esto sugiere que la gobernanza institucional a nivel subnacional a través del fomento de la educación, la investigación y el refinamiento de las empresas, contribuye indirectamente a la generación de conocimiento y desarrollo tecnológico (Ilustración 6).

Ilustración 6. Modelo estructural ajustado de los constructos del IDIC 2019



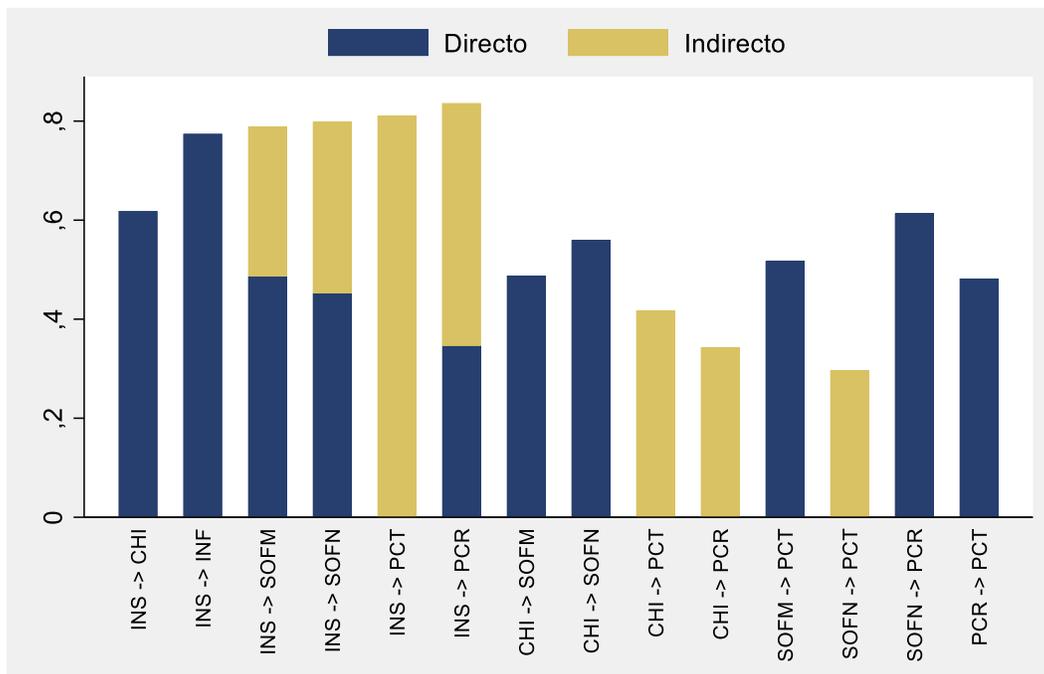
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el pilar de capital humano tiene efectos indirectos sobre producción de conocimiento y tecnología (v), y producción creativa (vi), de lo cual se puede deducir que la incorporación de trabajo altamente calificado a las firmas y los mercados copera con los resultados de innovación en términos de creación y creatividad para el desarrollo. Finalmente, el pilar sofisticación de negocios tiene efectos indirectos sobre la producción de conocimiento y tecnología (vii), lo que genera indicios

de que las empresas en las industrias creativas están generando aportes indirectos a la generación de conocimiento y desarrollo tecnológico (Anexo 4).

A través del Gráfico 4 se puede apreciar que el pilar de instituciones tiene los efectos directos e indirectos más grandes sobre las demás variables latentes, seguido del efecto directo de la sofisticación de negocios hacia la producción creativa. En tercer lugar, se encuentra la relación causal directa entre capital humano e investigación y el constructo sofisticación de negocios, y finalmente está efecto directo de la sofisticación de mercados sobre la producción de conocimiento y tecnología. Esto indica que intervenciones focalizadas sobre estas relaciones estructurales pueden generar incrementos significativos en el nivel de innovación de los departamentos y el país.

Gráfico 4. Efectos directos e indirectos del modelo estructural



Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

A partir de 2015, Colombia ha venido adaptando el Índice Global de Innovación - GII, que permite identificar con mayor facilidad las condiciones que promueven o restringen la innovación a las necesidades de los departamentos y el contexto nacional. Esta adaptación se conoce como Índice Departamental de Innovación para Colombia – IDIC, y captura la complejidad y la multiplicidad de factores que intervienen en los procesos de innovación a nivel territorial (DNP & OCyT, 2019).

Al igual que el GII, el IDIC se compone de 5 pilares de insumos y 2 de resultados. No obstante, tal como lo proponen Sohn et al. (2015) estos índices pueden estar dejando por fuera posibles relaciones estructurales entre los pilares de insumos y resultados. La presente investigación espera contribuir a este análisis, presentando evidencia fáctica sobre las relaciones estructurales existentes al interior de los pilares del IDIC. Para esto, se ha desarrollado un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) aplicando el método de mínimos cuadrados parciales (PLS) con los datos empíricos del IDIC 2019.

Los resultados de este estudio presentan evidencia sobre problemas estructurales de la medición del IDIC, en relación con las capacidades para generar y apropiar innovaciones y conocimientos en los departamentos del país. Se encontró que la información empírica utilizada para el cálculo de los subpilares Entorno Político (INS11) y Sostenibilidad Ecológica (INF33) distorsiona la calidad de ajuste entre estas variables observadas con los constructos de instituciones e infraestructura, que debido a su bajo coeficiente de carga fueron excluidos de la estimación del modelo estructural. Por lo cual, se recomienda evaluar la estructura y las fuentes utilizadas para la medición del IDIC, identificando si se requieren ajustes en la ponderación de los subpilares señalados o si es necesario mejorar la calidad datos observados.

Adicionalmente, los resultados obtenidos proporcionan evidencia significativa sobre la existencia de relaciones causales directas entre: i) instituciones y sofisticación de mercados, ii) instituciones y sofisticación de negocios, iii) capital humano e investigación y sofisticación de mercados, iv) capital humano e investigación y sofisticación de negocios, v) sofisticación de mercados y producción de conocimiento y tecnología, vi) sofisticación de negocios y producción creativa, vii) producción creativa y producción de conocimiento y tecnología, viii) instituciones y producción creativa, ix) instituciones y capital humano e investigación, e x) instituciones e infraestructura.

Cabe aclarar que en estas dos últimas relaciones (ix y x) la capacidad de los constructos para explicar su variabilidad es limitada, es decir su alcance para estimar las relaciones causales es escaso debido a la baja bondad de ajuste entre estas. Este hallazgo reitera la necesidad de mejorar la calidad de la información empírica con la cual se construye el IDIC, de forma tal que las variables independientes tengan una mayor efectividad en su capacidad explicativa.

De igual forma, se encontró evidencia significativa sobre relaciones causales indirectas: i) instituciones con sofisticación de mercados, ii) instituciones con sofisticación de negocios, iii) instituciones con producción de conocimiento y tecnología, iv) instituciones con producción creativa, v) capital humano e investigación con producción de conocimiento y tecnología, vi) capital humano

e investigación con producción creativa, y vii) sofisticación de negocios con producción de conocimiento y tecnología. Se resalta que, las relaciones (iii), (v), (vi) y (vii) se caracterizan por tener únicamente el componente indirecto.

Ahora bien, con el fin de generar recomendaciones de mejora para el mediano y largo plazo se sugiere a los hacedores de política del orden subnacional fortalecer la institucionalidad en materia de innovación, teniendo en cuenta que el constructo de instituciones tiene una relación (directa e indirecta) con todos los pilares del IDIC. En otras palabras, a partir los resultados alcanzados es posible evidenciar la magnitud del efecto de las instituciones sobre la capacidad innovadora del departamento, por lo que se considera la mejor apuesta para reforzar el ecosistema al mínimo riesgo.

Otro aspecto para resaltar es el papel que juega el capital humano e investigación en la generación de capacidades para innovar, ya que mantiene relaciones causales con cuatro pilares del Índice. Este constructo se presenta como un factor adicional para incrementar las actividades innovadoras de los departamentos, en la medida que un territorio con un mayor número de personas altamente calificadas tiene mayores oportunidades de crear, sofisticar y desarrollar nuevo conocimiento y tecnología.

Finalmente, valdría la pena extender este ejercicio a las demás versiones del IDIC y otras mediciones en términos de competitividad e innovación del país, de forma tal que se pueda verificar la consistencia de estos resultados. Igualmente, se deberían identificar posibles cambios en las ponderaciones y composición del índice de acuerdo con los efectos directos e indirectos encontrados en este documento, y así recalculer el ranking para los departamentos de Colombia. Esto queda para futuras investigaciones que se basen en los hallazgos presentados en este documento.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abubakar, A., Kassim, S. H. J., & Yusoff, M. B. (2015). Financial Development, Human Capital Accumulation and Economic Growth: Empirical Evidence from the Economic Community of West African States (ECOWAS). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 172, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.341>
- Adam, I. O. (2020). ICT development, e-government development, and economic development: Does institutional quality matter? *Information Technologies and International Development*, 16(16), 1–19.
- Adobe. (2018). *Creative and technology in the age of AI*.
- Amin, M., & Mattoo, A. (2008). Human capital and the changing structure of the Indian economy. En *World Bank Policy Research Paper* (Número March).
- Anantrasirichai, N., & Bull, D. (2020). Artificial intelligence in the creative industries: A review. *arXiv*, 1–67.
- Aslam, A. (2020). The hotly debate of human capital and economic growth: why institutions may matter? *Quality and Quantity*, 54(4), 1351–1362. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-00989-5>
- Asongu, S. A., & Nwachukwu, J. C. (2016). The Mobile Phone in the Diffusion of Knowledge for Institutional Quality in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 86, 133–147. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.05.012>
- Balconi, M. (2004). *De la codificación de la connaissance technologique et de l'automation informatisée: impact sur le travail et les entreprises industrielles*.
- Baptista, R., & Swann, P. (1998). Do firms in clusters innovate more? *Research Policy*, 27(5), 525–540. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00065-1)
- Batabyal, A. A., & Nijkamp, P. (2015). Digital technologies, knowledge spillovers, innovation policies, and economic growth in a creative region. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(5), 470–484. <https://doi.org/10.1080/10438599.2015.1073485>
- Bayliss, D. (2006). The Rise of the Creative City: Culture and Creativity in Copenhagen. *European Planning Studies*, 15(7). <https://doi.org/10.1080/09654310701356183>
- BBC Mundo. (2020, marzo 4). *ONU en Colombia | “Los asesinatos de líderes sociales son crímenes políticos”*: Michel Forst, relator especial para los derechos humanos - *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51745651>
- Bekana, D. M. (2019). Political institutions, human capital and innovation: evidence from sub-Saharan Africa. *Democratization*, 26(4), 666–708. <https://doi.org/10.1080/13510347.2019.1574296>
- Bianchi, C. G., Borini, F. M., & Ogasavara, M. H. (2015). Creative industry internationalisation: The impact of regulative, normative and cognitive institutions in developed and developing economies. *Journal for Global Business Advancement*, 8(4), 451–468. <https://doi.org/10.1504/JGBA.2015.074031>

- Borrás, S., & Edquist, C. (2015). Innovation policy for knowledge production an R&D. En *The economics of knowledge, innovation and systemic technology policy* (pp. 361–382).
- CINEP. (2020). *Controversia No. 217: Implementación de los Acuerdos de Paz en Colombia*. <https://www.cinep.org.co/Home2/component/k2/841-controversia-no-217-implementacion-de-los-acuerdos-de-paz-en-colombia.html>
- Cirera, X., & Maloney, W. F. (2017). *The Innovation Paradox: Developing-Country Capabilities and the Unrealized Promise of Technological Catch-Up* (W. Bank (ed.)). <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1160-9>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). the Economicjournal Innovation and Learning: the Two Faces of R&D. *The Economic Journal*, 99(September), 569–596.
- Consejo Privado de Competitividad. (2019). Informe de Competitividad 2019. En *Informe de competitividad 2019* (Vol. 0, Número 0). <https://www.compite.pe/wp-content/uploads/2019/02/informe-de-competitividad-2019.pdf>
- Cornell University, WIPO, & INSEAD. (2019). *The Global Innovation Index 2019 : Creating Healthy Lives - The Future of Medical Innovation*. World Intellectual Property Organization.
- Cornell University, WIPO, & INSEAD. (2020). The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation? En *World Intellectual Property Organization*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019-chapter1.pdf
- Corso, M., Martini, A., Pellegrini, L., & Paolucci, E. (2003). Technological and Organizational Tools for Knowledge Management: In Search of Configurations. *Small Business Economics*, 21(4), 397–408. <https://doi.org/10.1023/A:1026123322900>
- Cupani, M. (2012). Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación. *Revista Tesis*, 1, 186–199. <http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/tesis/article/download/2884/2750>
- DANE. (2017). *Metodología General Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera –EDIT*.
- DNP. (2019). *La Agenda 2030 en Colombia - Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.ods.gov.co/es>
- DNP Colombia. (2020). (42) *Índice Departamental de Innovación para Colombia - YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=NIE7Zis0-Po&feature=emb_logo
- DNP, & OCyT. (2015). *Índice Departamental para Colombia (IDIC), 2015*. www.c-230.com
- DNP, & OCyT. (2017). *Índice Departamental de Innovación para Colombia (IDIC), 2017*. www.dnp.gov.co
- DNP, & OCyT. (2018). Índice de Innovación para Colombia (IDIC), 2018. *Departamento Nacional de Planeación*, 1–158. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/IndiceDepartamentalInnovacionColombia2018.pdf>

- DNP, & OCyT. (2019). *Índice Departamental de Innovación para Colombia, IDIC 2019*.
- Eccles, R. G., & Williamson, O. E. (1987). The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting. *Administrative Science Quarterly*, 32(4).
<https://doi.org/10.2307/2392889>
- Florida, R. (2003). Cities and the Creative Class. *City & Community*, 2(1).
<https://doi.org/10.1111/1540-6040.00034>
- Fochler, M. (2016). Beyond and between academia and business: How Austrian biotechnology researchers describe high-tech startup companies as spaces of knowledge production. *Social Studies of Science*, 46(2), 259–281. <https://doi.org/10.1177/0306312716629831>
- Fombang, M. P. S., & Adjasi, C. K. (2018). Access to finance and firm innovation. *Journal of Financial Economic Policy*, 10(1), 73–94. <https://doi.org/10.1108/JFEP-10-2016-0070>
- Foray, D., & Lundvall, B. Å. (2009). The knowledge-based economy: From the economics of knowledge to the learning economy. En *The Economic Impact of Knowledge*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-7009-8.50011-2>
- Gaviria, C. (2016). *Parciales P LS Aplicada a Datos Variedad Valuados*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Ghassib, H. B. (2010). Where Does Creativity Fit into a Productivist Industrial Model of Knowledge Production? *Gifted and Talented International*, 25(1), 13–19.
<https://doi.org/10.1080/15332276.2010.11673540>
- Gómez-giraldo, J. C., & Hernández-rodríguez, J. C. (2009). Libertad de prensa en Colombia entre la amenaza y la manipulación. *Palabra Clave*, 12(1), 13–35. <https://doi.org/10.5294/1450>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babib, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis* (Prentice Hall (ed.); 7th Editio).
- Hair Jr, J., Hult, G. T., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2016). A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) - Joseph F. Hair, Jr., G. Tomas M. Hult, Christian Ringle, Marko Sarstedt. En *Sage*.
- Hair Jr, J., Hult, G. T., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2017). A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) - Joseph F. Hair, Jr., G. Tomas M. Hult, Christian Ringle, Marko Sarstedt. En *Sage*.
- Heimeriks, G., Li, D., Lamers, W., Meijer, I., & Yegros, A. (2019). Scientific knowledge production in European regions: patterns of growth, diversity and complexity. *European Planning Studies*, 27(11), 2123–2143. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1645814>
- Ivanov, A., & Voinikanis, E. (2017). A century of experimentation: Institutional approaches to knowledge production in russia from 1917 to 2017 and their implications for ip and competition equilibrium. *Antitrust Bulletin*, 62(4), 752–769.
<https://doi.org/10.1177/0003603X17735194>
- Jibir, A., & Abdu, M. (2020). Human Capital and Propensity to Protect Intellectual Properties as Innovation Output: the Case of Nigerian Manufacturing and Service Firms. *Journal of the*

Knowledge Economy. <https://doi.org/10.1007/s13132-020-00657-x>

- Joint Research Centre-European Commission. (2008). Handbook on constructing composite indicators. En *OECD publishing* (Número 03). <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5lgmz9dkcdg4.pdf?expires=1471336777&id=id&accname=guest&checksum=158391DADFA324416BB9015F3E4109AF>
- Jung, J. (2020). The fourth industrial revolution, knowledge production and higher education in South Korea. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 42(2), 134–156. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2019.1660047>
- Kahn, J. H. (2006). Factor Analysis in Counseling Psychology Research, Training, and Practice: Principles, Advances, and Applications. *The Counseling Psychologist*, 34(5), 684–718. <https://doi.org/10.1177/0011000006286347>
- Karaev, A., Koh, S. C. L., & Szamosi, L. T. (2007). The cluster approach and SME competitiveness: A review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(7), 818–835. <https://doi.org/10.1108/17410380710817273>
- Kendall, J. (2009). Local financial development and growth. *Journal of Banking and Finance*, 36(5), 1548–1562. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2012.01.001>
- Khalifa, A. Ben. (2019). *Direct and Complementary Effects of Investment in Knowledge-Based Economy on Innovation Performance in Tunisian Firms*. 561–589. <https://doi.org/10.1007/s13132-017-0481-1>
- Koh, C. E., Ryan, S., & Prybutok, V. R. (2005). Creating value through managing knowledge in an e-government to constituency (G2C) environment. *Journal of Computer Information Systems*, 45(4), 32–41. <https://doi.org/10.1080/08874417.2005.11645853>
- Kudo, H. (2008). Does e-government guarantee accountability in public sector? Experiences in Italy and Japan. *Public Administration Quarterly*, 32(1), 93–120.
- La república. (2019, febrero 19). *El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado*. <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>
- Lee, S. Y., Florida, R., & Gates, G. (2010). Innovation, human capital, and creativity. *International Review of Public Administration*, 14(3), 13–24. <https://doi.org/10.1080/12294659.2010.10805158>
- Lohmöller, J.-B. (1989). Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares. En *Latent Variable Path Modeling with Partial Least Squares*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-52512-4>
- Lott, J. R., & North, D. C. (1992). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. *Journal of Policy Analysis and Management*, 11(1). <https://doi.org/10.2307/3325144>
- Lubart, T., & Zenasni, F. (2010). A New Look at Creative Giftedness. *Gifted and Talented International*, 25(1), 53–57. <https://doi.org/10.1080/15332276.2010.11673549>
- Lundvall, B.-Å. (2016). The Learning Economy and the Economics of Hope. En *The Learning*

- Economy and the Economics of Hope*. https://doi.org/10.26530/oapen_626406
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Communications of the Korean Mathematical Society*, 27(1), 37–46. <https://doi.org/10.4134/CKMS.2012.27.1.037>
- Madsen, J. B. (2016). HEALTH, HUMAN CAPITAL FORMATION and KNOWLEDGE PRODUCTION: TWO CENTURIES of INTERNATIONAL EVIDENCE. En *Macroeconomic Dynamics* (Vol. 20, Número 4). <https://doi.org/10.1017/S1365100514000650>
- Malmberg, A., & Power, D. (2005). (How) do (Firms in) clusters create knowledge? *Industry and Innovation*, 12(4), 409–431. <https://doi.org/10.1080/13662710500381583>
- Martínez Ávila, M., & Fierro Moreno, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. En *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* (Vol. 8, Número 16). <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- Martínez, M., & Fierro, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico. *RIDE - Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 130–164. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- McCluskey, K. W. (2010). Comments on Ghassib’s “Where Does Creativity Fit into a Productivist Industrial Model of Knowledge Production?” *Gifted and Talented International*, 25(1), 23–26. <https://doi.org/10.1080/15332276.2010.11673542>
- Michael, S. C., & Pearce, J. A. (2009). The need for innovation as a rationale for government involvement in entrepreneurship. *Entrepreneurship and Regional Development*, 21(3), 285–302. <https://doi.org/10.1080/08985620802279999>
- Nour, S. S. O. M. (2010). The impact of ICT in the transformation and production of knowledge in Sudan. En *Working paper series* (Núm. 063; #2010). <https://doi.org/10.20955/r.85.67>
- Nowotny, H., Scott, P. B., & Gibbons, M. T. (2013). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. (J. W. & Sons (ed.)).
- OCDE/Eurostat. (2005). *Manual de Oslo GUÍA PARA LA RECOGIDA E INTERPRETACIÓN DE DATOS SOBRE INNOVACIÓN Tercera edición*.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*, OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OECD. (2010). *SMEs, Entrepreneurship and Innovation*. OECD Studies.
- OECD, & World Bank. (2000). *Korea and the Knowledge-based Economy: Making the Transition*. OECD.
- Olofsdotter, K. (1998). Foreign direct investment, country capabilities and economic growth. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 134(3), 534–547. <https://doi.org/10.1007/bf02707929>

- Owen-Smith, J. (2003). From separate systems to a hybrid order: Accumulative advantage across public and private science at Research One universities. *Research Policy*, 32(6), 1081–1104. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00111-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00111-7)
- Perez Monclus, R. (2016). Public banking for the cultural sector: financial instruments and the new financial intermediaries. *International Review of Social Research*, 5(2), 88–101. <https://doi.org/10.1515/irsr-2015-0008>
- Polder, M., Van Leeuwen, G., Zand, F., & Van Beers, C. (2012a). Complementarities between Information Technologies and Innovation Modes in the Adoption and Outcome Stage : A Micro-Econometric Analysis for the Netherlands. *CAED Conference*, 1–38. <http://doku.iab.de/fdz/events/2012/Polder.pdf>
- Polder, M., Van Leeuwen, G., Zand, F., & Van Beers, C. (2012b). Complementarities between Information Technologies and Innovation Modes in the Adoption and Outcome Stage : A Micro-Econometric Analysis for the Netherlands. *CAED Conference*, 1–38.
- Rocha, H. O. (2004). Entrepreneurship and development: The role of clusters. *Small Business Economics*. <https://doi.org/10.1057/9781137298263>
- Sallatu, M. A., & Indarti, N. (2018). Determining Factors of Firm Survivability a Study of University Spin-Offs in Indonesia. *Journal of Indonesian Economy and Business*, 33(2), 143. <https://doi.org/10.22146/jieb.30209>
- Sanchez-Serra, D. (2014). Talent and creative economy in French local labour systems. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 32(3), 405–425. <https://doi.org/10.1068/c11152r>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital Credit, Interests, and the Business Cycles*.
- Shane, S., & Cable, D. (2002). Network ties, reputation, and the financing of new ventures. *Management Science*, 48(3), 364–381. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.3.364.7731>
- Shapin, S. (2008). *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation* (University of Chicago Press (ed.)).
- Singh, H., Das, A., & Joseph, D. (2007). Country-Level Determinants of E-Government Maturity. *Communications of the Association for Information Systems*, 20. <https://doi.org/10.17705/1cais.02040>
- Smith, K. (2002). What is the 'Knowledge Economy'? Knowledge intensity and distributed knowledge bases. *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, June, 32. <http://eprints.utas.edu.au/1235/>
- Sohn, S. Y., Kim, D. H., & Jeon, S. Y. (2015). Re-evaluation of global innovation index based on a structural equation model. *Technology Analysis and Strategic Management*, 28(4), 492–505. <https://doi.org/10.1080/09537325.2015.1104412>
- Sørheim, R., Widding, L. Ø., Oust, M., & Madsen, Ø. (2011). Funding of university spin-off companies: A conceptual approach to financing challenges. *Journal of Small Business and*

- Enterprise Development*, 18(1), 58–73. <https://doi.org/10.1108/14626001111106433>
- Spiezia, V. (2011). Are ICT users more innovative? an analysis of ICT-enabled innovation in OECD firms. *OECD Journal: Economic Studies*, 2011, 99–119. https://doi.org/10.1787/eco_studies-2011-5kg2d2hkn6vg
- Srivastava, S. C., & Teo, T. S. H. (2007). E-government payoffs: Evidence from cross-country data. *Journal of Global Information Management*, 15(4). <https://doi.org/10.4018/jgim.2007100102>
- Stiglitz, J. E. (2000). *Economics of the Public Sector*.
- Stock, J. H., & Watson, M. m. (2012). Introducción to Econometrics. En *British Journal of Cancer* (Vol. 3).
- UNCTAD. (2008). Creative Economy Report 2008. The Challenge of Assessing the Creative Economy: towards Informed Policy-making. En *Harvard Business Review* (Vol. 8, Número 9). http://unctad.org/en/Docs/ditc20082cer_en.pdf%5Cnhttp://www.oecd.org/dataoecd/35/56/2101733.pdf%5Cnhttp://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=1595%5Cnhttp://www.isc.hbs.edu/Innov_9211.pdf
- UNESCO. (2013). *Creative Economy Report 2013 Special Edition*.
- Venturini, S., & Mehmetoglu, M. (2019). *plsem: A Stata Package for Structural Equation Modeling with Partial Least Squares*. 88(8), 1–35. <https://doi.org/10.18637/jss.v000.i00>
- Wallsten, S. J. (2000). The effects of government-industry R & D programs on private R & D : the case of the Small Business Innovation Research program. *The RAND Journal of Economics*, 31(1), 82–100.
- Weston, R., & Gore, P. A. (2006). A Brief Guide to Structural Equation Modeling. *The Counseling Psychologist*, 34(5). <https://doi.org/10.1177/0011000006286345>
- Wold, H. (1975). Path Models with Latent Variables: The NIPALS Approach. En *Quantitative Sociology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-103950-9.50017-4>
- Wright, M., Lockett, A., Clarysse, B., & Binks, M. (2006). University spin-out companies and venture capital. *Research Policy*, 35(4), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.01.005>
- Wright, P. M., & Barney, J. B. (1998). On becoming a strategic partner: the role of human resources in gaining competitive advantage. *Human Resource Management*, 37(1), 31–46.
- Zhao, K., O'Mahony, M., & Qamar, A. (2020). Bridging the gap in creative economy and ICT research: a regional analysis in Europe. *Applied Economics*, 52(29), 3153–3166. <https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1706718>

7. ANEXOS

Anexo 1. Conformación del IDIC 2019

IDIC Razón de eficiencia

Insumos

INS	Instituciones	
INS-11 Entorno político		
INS-111	Índice de estabilidad política y ausencia de violencia / terrorismo (0-100)	OCyT, 2018
INS-112	Índice de efectividad del gobierno (0-100)	OCyT, 2017
INS-113	Violaciones a la libertad de prensa	FLIP, 2018
INS-12 Entorno regulatorio		
INS-121	Capacidad de implementación de políticas y regulaciones (0-100)	OCyT, 2018
INS-122	Índice de primacía de la ley (0-100)	OCyT, 2018
INS-123	Proporción de ocupados con seguridad social	DANE, 2018
INS-13 Ambiente de negocios		
INS-131	Índice de apertura de negocio	Banco Mundial, 2017
INS-132	Índice de pagos de impuestos por año	Banco Mundial, 2017
INS-133	Índice de registro de propiedades	Banco Mundial, 2017
CHI Capital Humano e Investigación		
CHI-21 Educación secundaria y media		
CHI-211	Tasa de cobertura neta en educación secundaria	MEN, 2018
CHI-212	Tasa de cobertura neta en educación media	MEN, 2018
CHI-213	Esperanza de vida escolar	DANE, 2018
CHI-214	Evaluación del desempeño escolar en lectura, matemáticas y ciencia en las pruebas Saber 11	CPC/ICFES, 2016
CHI-215	Índice sintético de la calidad educativa	MEN, 2018
CHI-22 Educación superior		
CHI-221	Tasa de Cobertura en Educación Superior	MEN, 2017
CHI-222	Índice de participación de graduados en ciencias e ingenierías - STEM (0-100)	OCyT, 2017
CHI-223	Movilidad internacional (Índice)	OCyT, 2017
CHI-23 Investigación y desarrollo		
CHI-231	Número de investigadores por millón de habitantes	OCyT, 2016
CHI-232	Gasto bruto en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del PIB	OCyT/DANE/MinHacienda/SuperSociedades/Supersalud/DNP/MEN/BanRep, 2018

CHI-233	Desempeño de los estudiantes de educación terciaria en las pruebas de estado Saber	OCyT, 2018
CHI-234	Intensidad del gasto empresarial en I+D (Porcentaje)	DANE, 2017
INF Infraestructura		
INF-31 TIC		
INF-311	Acceso a las TIC (0-100)	OCyT, 2018
INF-312	Uso de las TIC (0-100)	OCyT, 2018
INF-313	Servicios digitales de confianza y seguridad	MinTIC, 2018
INF-314	Gobierno digital	MinTIC, 2018
INF-32 Infraestructura general		
INF-321	Índice de generación y costo de la energía	OCyT, 2018
INF-322	Desempeño logístico (0-100)	OCyT, 2017
INF-323	Inversión pública en capital fijo (% del PIB)	MinHacienda, 2018
INF-33 Sostenibilidad ecológica		
INF-331	Eficiencia en el uso de la energía (en unidades del PIB)	UPME, 2018
INF-332	Desempeño ambiental (0-100)	OCyT, 2018
INF-333	Empresas con certificación ambiental ISO 14001	CPC/CIDET/ICT/COTECNA/ICONTEC, 2017
SOFM Sofisticación de mercado		
SOFM-41 Crédito		
SOFM-411	Facilidad para obtener crédito (0-100)	OCyT, 2018
SOFM-412	Crédito doméstico	Superfinanciera, 2018
SOFM-413	Crédito a las empresas para innovar	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFM-42 Capacidad de Inversión		
SOFM-421	Capitalización bursátil	BVC, 2018
SOFM-422	Inversión privada en capital fijo en la industria (% del PIB)	DANE, 2017
SOFM-423	Inversión en actividades conducentes a la innovación en las empresas (% del PIB)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFM-43 Comercio y competencia		
SOFM-431	Diversificación de mercados de destino de exportaciones	CPC/DANE, 2017
SOFM-432	Diversificación de la canasta exportadora (Índice Herfindahl-Hirschman)	CPC/DANE, 2017
SOFM-433	Sofisticación del aparato productivo	CPC/CID, 2016
SOFM-434	Tamaño del mercado interno (logaritmo)	CPC/DANE, 2016
SOFN Sofisticación de negocios		
SOFN-51 Trabajadores de conocimiento		
SOFN-511	Empleo intensivo en conocimiento (%)	DANE, 2018
SOFN-512	Gasto en formación y capacitación (por cada 100 mil unidades del PIB)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFN-513	Gasto privado en I+D (% del PIB)	OCyT/DANE/MinHacienda/SuperSociedades/Supers

		alud/DNP/MEN/BanRep, 2018
SOFN-514	Financiación empresarial del gasto en I+D (%)	DNP/MHCP/SuperSociedades/DANE/Supersalud/MEN/BanRep, 2018
SOFN-515	Becas de maestría y doctorado por cada 100 mil personas entre 25 y 40 años	OCyT, 2018
SOFN-516	Mujeres empleadas con formación de alto nivel	DANE, 2018
SOFN-52	Enlaces de innovación	
SOFN-521	Empresas que cooperan en actividades de innovación con organizaciones del conocimiento (%)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFN-522	Índice de especialización industrial	DANE, 2018
SOFN-523	Gasto en I+D financiado desde el extranjero (%)	OCyT, 2018
SOFN-524	Empresas que cooperan con organizaciones internacionales (%)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFN-53	Absorción del conocimiento	
SOFN-531	Inversión en transferencia de tecnología (por cada 100 mil unidades del PIB)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
SOFN-532	Importaciones de bienes de alta tecnología (% de las importaciones totales del departamento)	DIAN, 2018
SOFN-533	Inversión extranjera directa desde el exterior (0-100)	DNP, 2017
SOFN-534	Personal en ACTI por cada 100 mil habitantes	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)

Resultados

PCT	Producción de conocimiento y tecnología	
PCT-61	Creación de conocimiento	
PCT-611	Solicitudes de patentes a residentes por millón de habitantes	SIC, 2018
PCT-612	Empresas innovadoras en sentido estricto (%)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCT-613	Solicitudes de modelos de utilidad realizadas por residentes por millón de habitantes	SIC, 2018
PCT-614	Artículos en publicaciones científicas y técnicas	Thomson Reuters-WOS, 2017
PCT-615	Índice H (Hirsch) de documentos citables	Thomson Reuters-WOS, 2018
PCT-616	Empresas innovadoras en sentido amplio (%)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCT-62	Impacto del conocimiento	
PCT-621	PIB por trabajador (millones de pesos)	DANE, 2018
PCT-622	Tasa de natalidad empresarial neta por cada 10 mil habitantes	CPC/Confecámaras, 2017
PCT-623	Gasto en TIC para innovar (tasa por cada 10 mil unidades del PIB)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCT-624	Certificados de calidad ISO de productos y de procesos (%)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)

PCT-625	Producción de alto y medio alto contenido tecnológico en la manufactura (%)	DANE, 2017
PCT-626	Ventas por innovar	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCT-63	Difusión de conocimiento	
PCT-631	Exportaciones de productos alta tecnología (%)	DIAN, 2018
PCT-632	Empresas de servicios de comunicación, computación e información que exportan (%)	SuperSociedades/DIAN, 2018
PCT-633	Patentes concedidas en los últimos tres años por millón de habitantes	SIC, 2018
PCR	Producción creativa	
PCR-71	Bienes intangibles	
PCR-711	Solicitudes de registro de marcas por millón de habitantes	SIC, 2018
PCR-712	TIC y creación de nuevos modelos de negocios (% de empresas)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCR-713	Inversión en TIC de las empresas que introducen nuevos métodos organizativos (tasa por cada millón de unidades del PIB)	DANE, EDIT (2015-2016) – EDITS (2016-2017)
PCR-714	Solicitudes de registro de diseños industriales por millón de habitantes	SIC, 2018
PCR-72	Bienes y servicios creativos	
PCR-721	Exportación de servicios creativos y culturales (%)	DIAN, 2018
PCR-722	Producción de economía naranja (% PIB del departamento)	SuperSociedades, 2018
PCR-73	Creatividad en línea	
PCR-731	Solicitudes de patentes en el sector TIC por millón de habitantes	SIC, 2018
PCR-732	Emprendimientos digitales	MinTIC, 2018
PCR-733	Registros de Software	DNDA, 2018

Fuente: DNP Colombia (2020)

Anexo 2. Modelo estructural propuesto - coeficientes de trayecto estandarizados (Bootstrap)

Variable	INS	CHI	INF	SOFM	SOFN	PCT
CHI	-0.317 (0.253)					
INF	0.503 (0.066)					
SOFM	0.195 (0.509)	-0.067 (0.822)				
SOFN	-0.250 (0.539)	0.683 (0.090)	0.560 (0.112)			
PCT	0.233 (0.631)	0.454 (0.267)	0.440 (0.204)	0.952 (0.000)	0.640 (0.000)	
PCR	0.508 (0.108)	-0.227 (0.415)	-0.113 (0.603)	-0.052 (0.814)	0.319 (0.075)	0.899 (0.000)
R2 Ajustado	0.697	0.685	0.748	0.807	0.870	0.802

*p-valor en paréntesis

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Modelo estructural ajustado - coeficientes de trayecto estandarizados (Bootstrap)

Variable	CHI	INF	SOFM	SOFN	PCT	PCR
INS	0.618 (0.000)	0.774 (0.000)	0.488 (0.000)	0.453 (0.000)		0.346 (0.011)
CHI			0.488 (0.000)	0.560 (0.000)		
SOFM					0.517 (0.000)	
SOFN						0.614 (0.000)
PCR					0.482 (0.001)	
R2 Ajustado	0.361	0.586	0.754	0.819	0.893	0.824

*p-valor en paréntesis

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4. Test de Significancia de Efectos Indirectos

Relaciones Indirectas	INS → CHI → SOFM	INS → CHI → SOFN	INS → SOFM → PCT	INS → SOFN → PCR	CHI → SOFM → PCT	CHI → SOFN → PCR	SOFN → PCR → PCT
Efecto Indirecto	0,302	0,346	0,252	0,278	0,252	0,343	0,296
Error Estándar	0,101	0,102	0,077	0,084	0,077	0,094	0,087
Estadístico Z	2,995	3,392	3,273	3,320	3,275	3,669	3,406
P - Valor	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001
Intervalo de Confianza	(0,104; 0,499)	(0,146; 0,546)	(0,101; 0,403)	(0,114; 0,442)	(0,101; 0,403)	(0,160; 0,527)	(0,126; 0,466)

Nivel de Confianza: 95%

Fuente: Elaboración Propia