

Segmentación de empresas innovadoras en Colombia: vínculos universidad-empresa, cooperación institucional e impacto de la innovación

 **Julio César Valencia Martínez***

Fecha de recepción: 3 de diciembre de 2025

Fecha de aceptación: 22 de junio de 2026

Para citar este artículo: Valencia Martínez, J. C. (2026). Segmentación de empresas innovadoras en Colombia: Vínculos universidad-empresa, cooperación institucional e impacto de la innovación. *Universidad y Empresa*, 28(51 esp.), 1-48. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.16055>

Resumen

Objetivo: este estudio analiza los patrones de innovación empresarial en Colombia y su relación con la estructura sectorial, la cooperación institucional y el impacto organizacional. Se empleó un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal, basado en el análisis de 8812 empresas de la encuesta EDITS VIII (DANE). **Metodología:** se aplicaron técnicas de estadística descriptiva, análisis de correspondencias, segmentación *K-means* y modelos predictivos Random Forest. **Resultados principales:** se evidenció una alta concentración de empresas no innovadoras (68.4%) y una distribución sectorial diferenciada de la innovación, con mayor presencia en actividades intensivas en conocimiento. Asimismo, se identificó que la cooperación institucional favorece configuraciones innovadoras más complejas; sin embargo, la relación entre innovación e impacto organizacional no resulta lineal ni automática. Aunque las empresas innovadoras generan ingresos asociados a la innovación, los indicadores de impacto muestran resultados heterogéneos, sugiriendo un desacople entre innovación y desempeño en contextos de alta heterogeneidad estructural. **Conclusiones:** los hallazgos cuestionan enfoques tradicionales que asumen una relación directa entre innovación y desempeño, y destacan la necesidad de comprender la innovación como un proceso contextual condicionado por factores sectoriales, organizacionales e institucionales.

Palabras clave: innovación empresarial; cooperación universidad-empresa; ecosistemas de innovación; impacto organizacional.

* Universidad de Manizales (Colombia). Correo electrónico: jvalencia@umanizales.edu.co

Segmentation of Innovative Companies in Colombia: University-Business Links, Institutional Cooperation, and the Impact of Innovation

Abstract

Objective: This study analyzes patterns of business innovation in Colombia and their relationship to sectoral structure, institutional cooperation, and organizational impact. A quantitative, non-experimental, cross-sectional approach was used, based on an analysis of 8,812 firms from the EDITS VIII survey (DANE). **Methodology:** Descriptive statistics, correspondence analysis, K-means clustering, and Random Forest predictive models were applied. **Key Findings:** A high concentration of non-innovative firms (68.4%) was observed, along with a differentiated sectoral distribution of innovation, with a greater presence in knowledge-intensive activities. Furthermore, it was found that institutional cooperation fosters more complex innovative configurations; however, the relationship between innovation and organizational impact is neither linear nor automatic. Although innovative firms generate revenue associated with innovation, impact indicators show mixed results, suggesting a decoupling between innovation and performance in contexts of high structural heterogeneity. **Conclusions:** The findings challenge traditional approaches that assume a direct relationship between innovation and performance, and highlight the need to understand innovation as a contextual process shaped by sectoral, organizational, and institutional factors.

Keywords: business innovation; university-industry collaboration; innovation ecosystems; organizational impact.

Segmentação de empresas inovadoras na Colômbia: vínculos entre universidades e empresas, cooperação institucional e impacto da inovação

Resumo

Objetivo: este estudo analisa os padrões de inovação empresarial na Colômbia e a sua relação com a estrutura setorial, a cooperação institucional e o impacto organizacional. Emprega-se uma abordagem quantitativa, não experimental e transversal, baseada na análise de 8.812 empresas do levantamento EDITS VIII (DANE). **Metodologia:** aplicam-se técnicas de estatística descritiva, análise de correspondências, segmentação *K-means* e modelos preditivos Random Forest. **Resultados principais:** os resultados evidenciam uma alta concentração de empresas não inovadoras (68,4%) e uma distribuição setorial diferenciada da inovação, com maior presença em atividades intensivas em conhecimento. Da mesma forma, identifica-se que a cooperação institucional favorece configurações inovadoras mais complexas. No entanto, a relação entre inovação e impacto organizacional não se mostra linear nem automática. Embora as empresas inovadoras gerem receitas associadas à inovação, os indicadores de impacto apresentam resultados heterogêneos, sugerindo um desacoplamento entre inovação e desempenho em contextos de alta heterogeneidade estrutural. **Conclusões:** os achados questionam abordagens tradicionais que assumem uma relação direta entre inovação e desempenho, e destacam a necessidade de compreender a inovação como um processo contextual condicionado por fatores setoriais, organizacionais e institucionais.

Palavras-chave: inovação empresarial; cooperação universidade-empresa; ecossistemas de inovação; impacto organizacional.

Introducción

En la literatura contemporánea, la innovación ha sido ampliamente reconocida como un determinante central del desempeño empresarial, la competitividad y el crecimiento económico. Desde la tradición schumpeteriana hasta los enfoques más recientes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, predomina la idea de que las empresas que innovan —especialmente aquellas que combinan innovaciones tecnológicas y no tecnológicas— tienden a generar mayores niveles de valor y desempeño organizacional.

No obstante, esta relación, frecuentemente asumida como directa y positiva, cada vez es más cuestionada por la evidencia empírica, particularmente en contextos de economías en desarrollo. En estos escenarios, la innovación no siempre se traduce en resultados económicos inmediatos, debido a restricciones estructurales, limitaciones en capacidades organizacionales y debilidades en los sistemas de articulación institucional. En consecuencia, la relación entre innovación e impacto empresarial aparece como un fenómeno más complejo, condicionado por factores sectoriales, organizacionales y contextuales.

En América Latina, estas tensiones son particularmente visibles. A pesar de los avances en políticas de ciencia, tecnología e innovación, los ecosistemas innovadores presentan elevados niveles de fragmentación, baja intensidad innovadora y una débil articulación entre empresas, universidades y gobierno. Estudios previos han señalado que, en este contexto, la innovación suele manifestarse más como un proceso de adaptación y aprendizaje que como generación de innovación radical, lo que limita observar su repercusión en el desempeño empresarial.

En este marco, surge una pregunta central: ¿en qué medida la innovación empresarial se traduce efectivamente en impacto organizacional y bajo qué condiciones dicha relación se fortalece o se debilita? Responder a esta pregunta implica no solo analizar su presencia, sino comprender sus distintas formas, su articulación con el entorno institucional y su capacidad de materialización en resultados económicos.

El artículo aborda esta problemática a partir del análisis de 8812 empresas colombianas, utilizando la base de datos del VIII Estudio de Desarrollo Tecnológico e Innovación

Empresarial (EDITS VIII) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). A diferencia de enfoques tradicionales, se adoptó una perspectiva integrada que combina el análisis de tipologías de innovación, estructura sectorial, cooperación institucional e impacto organizacional. Metodológicamente, se emplearon técnicas descriptivas, modelos multi-variantes y enfoques predictivos (Random Forest), con que se capturaron tanto patrones estructurales como relaciones no lineales entre variables.

En este sentido, el principal aporte del artículo radica en cuestionar la visión simplificada de la innovación como un determinante directo del desempeño, para proponer en su lugar una interpretación sistémica y contextual del fenómeno innovador. Este enfoque permite avanzar hacia una comprensión más realista de la innovación empresarial en economías en desarrollo y ofrece elementos relevantes para el diseño de políticas públicas orientadas a fortalecer ecosistemas de innovación más inclusivos y efectivos.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la primera sección se presenta la revisión de literatura; en la segunda, la metodología; en la tercera, los resultados; en la cuarta, la discusión, y, finalmente, las conclusiones e implicaciones del estudio.

Revisión de literatura

La innovación se ha consolidado como un eje central del crecimiento económico, la competitividad empresarial y la transformación social en las últimas décadas. Su comprensión ha evolucionado desde un enfoque centrado en la invención individual hacia una perspectiva sistémica, relacional y multidimensional, que reconoce su carácter dinámico y contextual (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2018; Johannessen, 2013).

Schumpeter (1934) fue pionero al definirla como el motor del “proceso de destrucción creativa”, diferenciando entre innovaciones de producto, proceso, mercado y organización. Este planteamiento, centrado en el papel del empresario como agente de cambio, fue la base sobre la cual se han construido enfoques más integradores. Uno de ellos es el

propuesto por Matsunaga (2019), quien reinterpreta el legado schumpeteriano para economías en desarrollo, planteando que estas deben priorizar “innovaciones de aprendizaje”, orientadas a la absorción y adaptación tecnológica, más que a la creación de innovaciones radicales, entendidas como aquellas que introducen cambios disruptivos en productos, procesos o mercados.

Desde el ámbito institucional, el *Manual de Oslo* (OECD, 2018) ha ampliado la definición de innovación, al incluir expresamente aquellas de tipo no tecnológico —organizacionales y de *marketing*—, junto con las tecnológicas tradicionales. Este cambio conceptual reconoce que atraviesa todas las funciones empresariales y requiere integrar dimensiones técnicas, sociales e institucionales.

Rydvalova y Skala (2021) complementan esta visión al señalar que la innovación actúa simultáneamente como una externalidad macroeconómica —al impulsar la productividad— y microeconómica —al redefinir los incentivos competitivos y la estructura de costos—. Las autoras destacan la importancia de integrar los marcos metodológicos del *Manual de Oslo* y el *Manual de Frascati* para comprender plenamente los vínculos entre las actividades de investigación y desarrollo (I+D) y los resultados observables de la innovación. En este contexto, las alianzas estratégicas (*innovation partnerships*) adquieren relevancia, ya que la innovación suele surgir de redes colaborativas entre empresas, universidades y organismos públicos.

Johannessen (2013) profundiza esta perspectiva al desarrollar una teoría sistémica de la innovación que articula elementos de la institucional, de North (1990), y de la de los sistemas vivos, de Miller (1978). Desde su enfoque, es un fenómeno emergente que se construye en distintos niveles —micro, meso y macro— a partir de la interacción entre instituciones, individuos y tecnologías. Esta coevolución estructural, influida por los costos de transacción Williamson (1985) y las motivaciones individuales, explica las trayectorias diferenciales del cambio institucional.

En consonancia, Lundvall (1992) propone entender los procesos de innovación como sistemas abiertos y multinivel. Inspirados en una reinterpretación del principio de Pareto, argumenta que la efectividad innovadora no radica en aumentar recursos, sino en optimizar el uso del conocimiento y reducir la obsolescencia interna. Su enfoque sociotécnico

se alinea con la propuesta de Johannessen, al recalcar la interdependencia entre cambio organizacional, institucionalidad y complejidad estructural.

Por su parte, Matsunaga (2019) insiste en que, para los países en desarrollo, resulta clave articular capacidades internas con apoyo institucional, especialmente a través de políticas públicas que fortalezcan la absorción de conocimiento y fomenten la cooperación universidad-empresa. Estas recomendaciones anticipan los principios de la teoría de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000), la cual propone que la innovación emerge de la interacción sinérgica entre academia, industria y gobierno.

En síntesis, el marco conceptual contemporáneo sobre innovación empresarial converge en cuatro grandes ejes: 1) la visión schumpeteriana, como motor del desarrollo (Schumpeter, 1934); 2) el enfoque institucional de medición, promovido por la OECD (2018); 3) la perspectiva sistémica e interinstitucional (Johannessen, 2013; Lundvall, 1992), y 4) una visión adaptativa centrada en las particularidades de las economías emergentes (Matsunaga, 2019; Rydvalova & Skala, 2021).

Esta convergencia permite comprender la innovación más que como un hecho aislado, como un proceso sistémico, interactivo y profundamente contextual, cuya efectividad depende de la articulación entre capacidades internas, marcos institucionales y redes colaborativas.

Tipologías de innovación: enfoques conceptuales y empíricos

El estudio contemporáneo de la innovación ha superado la tradicional visión lineal, centrada únicamente en el cambio tecnológico. Hoy predomina una concepción tipológica, multidimensional y relacional del fenómeno innovador. Este viraje ha sido influido decisivamente por el *Manual de Oslo* (OECD, 2018), que propone una clasificación adoptada en cuatro tipos de innovación: producto, proceso, organizacional y *marketing*. A partir de la publicación de su cuarta edición, diversos estudios han comenzado a interpretar esta clasificación no como una taxonomía rígida, sino como un marco dinámico en el que las distintas formas de innovación se entrelazan y se potencian mutuamente.

En este contexto, Gunday et al. (2011) ofrecen una de las validaciones empíricas más sólidas del modelo propuesto por la OECD. Su análisis de 184 empresas manufactureras en Turquía muestra que los cuatro tipos de innovación no solo coexisten, sino que se refuerzan mutuamente, contribuyendo al desempeño productivo, innovador y financiero de las empresas. Esta visión amplía el planteamiento schumpeteriano de las “nuevas combinaciones” (Schumpeter, 1934), al sostener que las innovaciones tecnológicas y no tecnológicas, en interacción, generan mayores retornos que cuando se adoptan de forma aislada. Desde esta perspectiva, innovar implica transformar simultáneamente los productos, los procesos internos y las relaciones con el entorno.

Partiendo de esta idea de complementariedad, Ryu y Lee (2016) profundizan en el análisis al introducir un enfoque configuracional. Su estudio sobre 198 empresas de servicios en Corea del Sur identifica cuatro configuraciones de innovación —tecnológica, centrada en el cliente, integrada y equilibrada— que representan combinaciones estratégicas ajustadas a las capacidades internas y al entorno competitivo de cada organización. A diferencia del enfoque tipológico estático, esta aproximación señala que las empresas no seleccionan un único tipo de innovación; más bien, conforman patrones híbridos que coevolucionan con su contexto organizativo. Así, la efectividad no reside en acumular tipos de innovación, sino en la coherencia interna de sus combinaciones.

Esta lógica sinérgica también es central en el trabajo de Lim et al. (2012), en el que los autores analizan una amplia muestra de empresas de alta y baja tecnología. Sus resultados muestran que las innovaciones se potencian entre sí: la innovación de proceso estimula tanto la radical como la incremental de producto; mientras que las innovaciones organizacionales y de *marketing* fortalecen la relación entre la innovación tecnológica y el desempeño. Al desmontar la jerarquía tradicional que otorgaba primacía a la innovación de producto, los autores revelan que esta solo alcanza su máximo impacto cuando está respaldada por estructuras organizativas adaptativas y estrategias comerciales eficaces.

En una línea complementaria, Zhang y Duan (2010) abordan la innovación desde su orientación estratégica, distinguiendo entre enfoques proactivos, que promueven la innovación radical y la exploración, y enfoques responsivos, más orientados a la adaptación incremental. Su estudio añade una dimensión contextual relevante, al mostrar cómo la turbulencia ambiental puede moderar el efecto de estas orientaciones sobre el desempeño

innovador. En este sentido, si para Lim et al. (2012) la sinergia entre tipos de innovación determina su estructura, para Zhang y Duan (2010) la estrategia indica su dirección y profundidad.

Por otro lado, Bourdeau et al. (2021) incorporan factores culturales y tecnológicos al análisis, demostrando que una cultura organizacional colaborativa y el uso intensivo de tecnologías de información, tanto interna como externamente, están asociados con una mayor intensidad innovadora. En su modelo, la infraestructura tecnológica y el clima cultural se constituyen como condiciones habilitantes que sostienen el ciclo continuo de experimentación, aprendizaje e innovación. Por lo tanto, si autores como Gunday et al. (2011) y Ryu y Lee (2016) se centran en la arquitectura estructural de la innovación, Bourdeau et al. (2021) aportan una mirada sobre los cimientos culturales y tecnológicos que la hacen posible.

En conjunto, estos enfoques trazan una progresión conceptual: desde la clasificación tipológica (OECD, 2018), pasando por su combinación estratégica (Gunday et al., 2011; Ryu & Lee, 2016), hasta llegar a la integración sinérgica con factores estratégicos y culturales (Lee et al., 2019; Zhang & Duan, 2010; Bourdeau et al., 2021). La literatura contemporánea no concibe ya las tipologías de innovación como categorías descriptivas aisladas, sino como elementos dinámicos que interactúan entre sí y con el entorno organizativo. Esta perspectiva justifica, para este estudio, la construcción de la variable TIPOLO como un indicador integral que refleja la complejidad del comportamiento innovador de las organizaciones.

Factores estructurales y contextuales de la innovación

El comportamiento innovador de una empresa no puede comprenderse únicamente desde sus capacidades internas. Tal como lo argumentan Pavitt (1984), Freeman (1987) y Cohen y Levinthal (1990), tanto los factores estructurales —por ejemplo, el tamaño, el sector económico y los recursos disponibles— como los factores contextuales —el, por ejemplo, entorno institucional, las dinámicas tecnológicas y las redes colaborativas— constituyen un entramado que moldea las oportunidades y la orientación del cambio innovador. La innovación no surge de manera aislada dentro de las organizaciones; se construye en espacios creados por la interacción entre el conocimiento, las instituciones y la tecnología.

Estructura sectorial y patrones de cambio técnico

El análisis de Pavitt (1984) marca el inicio de una perspectiva estructural de la innovación. A partir del estudio de más de 2000 innovaciones en el Reino Unido, el autor desarrolló una tipología que demuestra cómo los sectores económicos difieren sistemáticamente en sus fuentes y direcciones de cambios técnicos. Identificó tres tipos de firmas: aquellas dominadas por proveedores, que dependen de tecnologías externas, y las intensivas en producción, que optimizan procesos para ganar eficiencia. A partir de la publicación de su cuarta edición, diversos estudios han comenzado a interpretar esta clasificación no como una taxonomía rígida, sino como un marco dinámico en el que las distintas formas de innovación se entrelazan y se potencian mutuamente., y las basadas en la ciencia, que generan internamente conocimiento tecnológico a través de la investigación y el vínculo con instituciones académicas. Su contribución clave fue demostrar que la innovación, más que responder a un modelo único, sigue trayectorias sectoriales específicas, basadas en distintas fuentes de conocimiento, mecanismos de apropiación y formas de colaboración interorganizacional. Esta visión fue ampliada por Freeman (1987), con su noción de *sistemas nacionales de innovación*, a partir de la cual traslada la diversidad sectorial al plano institucional. Mientras Pavitt destacaba las diferencias dentro del aparato productivo, Freeman resaltaba el papel de los entornos institucionales —universidades, políticas públicas, instituciones financieras— como determinantes de las oportunidades tecnológicas. En suma, ambos autores articulan una visión en la que la estructura productiva y el sistema de conocimiento nacional interactúan y se condicionan mutuamente.

Tamaño empresarial y capacidad de absorción

El enfoque estructural se enriquece con el trabajo de Cohen y Levinthal (1990), a partir del cual los autores introdujeron el concepto de *capacidad de absorción* como una dimensión que conecta la estructura empresarial con su dinámica cognitiva. Si Pavitt abordaba la innovación desde el “dónde” ocurre, Cohen y Levinthal se centraron en “cómo” las empresas varían en su habilidad para identificar, asimilar y aplicar conocimiento externo. Según su propuesta, la inversión en I+D genera nuevos saberes y, además, incrementa la capacidad organizacional para aprender del entorno, estableciendo así un ciclo acumulativo de innovación.

Esta idea complementa la visión de Pavitt, ya que ubica la diversidad innovadora en el cruce entre estructura y aprendizaje. Las grandes empresas, por su escala y recursos, suelen tener mayores capacidades de absorción; mientras que las pequeñas y medianas empresas compensan esa limitación mediante redes de colaboración y estructuras organizativas más flexibles. En este sentido, el tamaño de la empresa no actúa como una variable determinante en línea recta, sino como un mediador que influye en los procesos de aprendizaje y apropiación tecnológica. Por lo tanto, la innovación sí depende del capital cognitivo acumulado, pero también de la habilidad para integrarlo en rutinas formales de I+D o en dinámicas colaborativas más informales.

Dinámicas colaborativas y división del trabajo innovador

En el marco de una economía basada en el conocimiento, el estudio de Giuri et al. (2010) lleva el análisis estructural al ámbito organizacional, enfocándose en cómo la diversidad de habilidades y la modularidad en el diseño afectan la innovación colectiva. A partir de un análisis de más de 30 000 proyectos de *software* libre, los autores evidencian que una mayor heterogeneidad de competencias mejora el rendimiento innovador hasta cierto umbral, ya que una diversidad excesiva puede derivar en descoordinación y pérdida de eficiencia. Por otro lado, la modularidad del diseño promueve la experimentación paralela y el aprendizaje mutuo, aunque su efecto combinado con alta diversidad tiende a fragmentar el conocimiento.

Con estos hallazgos, Giuri et al. (2010) ampliaron el enfoque de Pavitt, al trasladar la reflexión desde las diferencias sectoriales hacia la arquitectura organizacional. Así, la división del trabajo innovador también responde al equilibrio entre diversidad y coordinación. Mientras Pavitt y Freeman posicionaban la innovación en la interacción entre sectores e instituciones, Giuri et al. (2010) la sitúan en la organización distribuida del conocimiento, donde las dinámicas colaborativas y las configuraciones tecnológicas evolucionan conjuntamente.

Cooperación institucional y ecosistemas de innovación

Las investigaciones más recientes sobre innovación han dejado atrás el modelo lineal de transferencia tecnológica en la que el conocimiento fluía de manera unidireccional desde la ciencia hacia la industria para adoptar una perspectiva interactiva y sistémica en la cual

la colaboración entre actores institucionales se convierte en el fundamento del desarrollo innovador. En este marco, la teoría de la triple hélice, propuesta por Etzkowitz y Leydesdorff (2000), ha emergido como el enfoque más influyente para comprender la articulación dinámica entre universidad, empresa y gobierno como sistema integrado de generación, difusión y aplicación del conocimiento.

A diferencia de los sistemas nacionales de innovación planteados por Freeman (1987) y Lundvall (1992), centrados en estructuras institucionales y territoriales, la triple hélice introduce la idea de hibridación funcional. En este enfoque, las universidades adoptan roles propios del sector empresarial, las empresas se posicionan como generadoras de conocimiento y los gobiernos actúan como emprendedores públicos. La innovación, por lo tanto, emerge de la interpenetración de funciones y de la creación de espacios híbridos que desdibujan las fronteras tradicionales entre ciencia, tecnología y producción.

De los sistemas nacionales a la triple hélice

De acuerdo con la propuesta de la triple hélice, la innovación surge de la interacción dinámica entre universidad, empresa y gobierno en un proceso continuo de comunicación y reconfiguración institucional. Según Etzkowitz y Leydesdorff (2000), estas interacciones generan una “superposición helicoidal”, caracterizada por flujos recursivos de conocimiento, negociación y aprendizaje, que procuran que la innovación se desarrolle más como una red cognitiva de cooperación que como un fenómeno estrictamente territorial.

En esta línea, Etzkowitz (2002) plantea que las organizaciones desarrollan capacidades de innovación mediante procesos permanentes de aprendizaje institucional, adaptación y generación de nuevas formas de articulación entre actores. Por lo tanto, la innovación no depende únicamente de recursos tecnológicos, también involucra la capacidad organizacional para gestionar incertidumbre, producir conocimiento y fortalecer dinámicas colaborativas.

Entre los actuales indicadores de futura relevancia

En el marco de la universidad innovadora, Etzkowitz (2003), a través del modelo de universidad emprendedora, amplía esta perspectiva para que la universidad contemporánea cumpla funciones que superen las de producción y difusión de conocimiento, y asuman

las de capitalización de dicho conocimiento mediante mecanismos como *spin-offs*, *licensing* y alianzas estratégicas.

A partir de este punto de vista, la innovación se entiende como un proceso endógeno y bidireccional, en el que ciencia y mercado coevolucionan de manera dinámica. En este contexto, el gobierno actúa como agente catalizador, al diseñar políticas orientadas a promover la cooperación entre actores y reducir las brechas existentes entre generación de conocimiento y desarrollo económico.

En consecuencia, la triple hélice trasciende la idea de una interacción lineal entre universidad, empresa y gobierno para constituirse como un sistema autoorganizado de producción, circulación y aplicación del conocimiento.

Cooperación en contextos latinoamericanos

La aplicación del modelo de la triple hélice en América Latina ha evidenciado tensiones significativas entre el ideal de cooperación institucional y las realidades estructurales propias de la región. Arocena y Sutz (2005) sostienen que si bien las universidades latinoamericanas conservan una fuerte vocación pública y compromiso social, enfrentan serias dificultades para integrarse plenamente en los sistemas de innovación. Estas limitaciones se deben, en gran parte, a la débil vinculación con el sector productivo y a la fragilidad institucional de las políticas científicas.

Su análisis introduce una dimensión ética y contextual que contrasta con el enfoque de Etzkowitz. Mientras que este último plantea un modelo de universidad orientado a la competitividad y al mercado, Arocena y Sutz abogan por una innovación inclusiva y socialmente comprometida, en la que la función crítica y formativa de la universidad se articule con el desarrollo tecnológico. Este contraste revela que la cooperación institucional no puede entenderse como un esquema universal; debe adaptarse a las condiciones históricas, sociales y culturales específicas de cada región. En el caso latinoamericano, ello implica repensar los vínculos entre conocimiento, desarrollo y equidad.

Canales y beneficios de la cooperación

Desde una perspectiva igualmente contextual, el estudio de Dutrénit y Arza (2010) examina la interacción entre organismos públicos de investigación y el sector industrial en países como Argentina, Brasil, México y Uruguay. Las autoras identifican diversos canales de cooperación —entre ellos, la investigación conjunta, la formación de recursos humanos, la consultoría y la transferencia tecnológica— que aportan beneficios en la generación de nuevo conocimiento y en el fortalecimiento de las capacidades empresariales.

No obstante, advierten la existencia de una marcada asimetría estructural: mientras que las grandes empresas logran capitalizar más eficientemente estas redes colaborativas, las pequeñas y medianas empresas enfrentan obstáculos significativos, relacionados con la confianza, el financiamiento y la capacidad de absorción del conocimiento.

Ante este panorama, Dutrénit y Arza (2010) proponen un modelo de cooperación estratégica sostenida, basado en principios de reciprocidad y aprendizaje conjunto. Esta visión se alinea con el enfoque de Etzkowitz (2002), quien concibe la innovación como un proceso de coevolución institucional entre los diferentes actores del ecosistema.

Hacia ecosistemas colaborativos de innovación

La sinergia entre las propuestas de Etzkowitz y Leydesdorff (2000), Etzkowitz (2002, 2003), Arocena y Sutz (2005) y Dutrénit y Arza (2010) permite concebir los ecosistemas de innovación como redes de cooperación cognitiva, económica y social. En estos sistemas, las universidades actúan como pasarelas del conocimiento; las empresas, como motores de aplicación, y los gobiernos, como arquitectos de políticas públicas que habilitan y sostienen el proceso innovador.

No obstante, la efectividad de estos ecosistemas depende de lograr un balance adecuado entre autonomía y dependencia, así como entre competencia y colaboración. En el contexto latinoamericano, esto exige superar las desigualdades estructurales y las brechas simbólicas, además de asumir una gobernanza auténticamente colaborativa que promueva la sostenibilidad y la confianza entre actores.

En síntesis, la cooperación institucional no debe entenderse como un simple complemento de la innovación, sino como su condición de posibilidad: el espacio donde el conocimiento colectivo se convierte en un verdadero motor de transformación económica y social.

Influencia de la innovación: medición y consecuencias para empresas

El análisis de innovación y su impacto en el desempeño económico y de negocios constituye, a su vez, una de las cuestiones fundamentales de la economía y gestión de la innovación. El vínculo innovación-impacto, sin embargo, se tornó complejo debido a las múltiples formas de presentarse y las múltiples maneras de medirlas. El tema ha evolucionado desde una perspectiva focalizada, pasando por *input* tecnológico, principalmente, por el empleo de medidas de innovación con una estructura marcada, hasta una mirada más amplia, integrando *outputs*, resultados e impacto sistémico. Esto se acerca a una comprensión consistente y madura de la naturaleza múltiple de la innovación.

Innovación como determinante del desempeño empresarial

Diversas investigaciones han abordado la relación entre innovación y desempeño empresarial, aunque con distintos niveles de complejidad y resultados matizados. Ferrari y La Rocca (2010), por ejemplo, demuestran —a partir de un análisis de empresas manufactureras italianas— que la innovación, entendida en un sentido amplio (incluye I+D, nuevos productos, procesos, *marketing*, organización y formación de capital humano), tiene un impacto positivo, aunque moderado, sobre la rentabilidad.

Este hallazgo sugiere que los beneficios derivados de la innovación no se manifiestan de forma inmediata, sino que dependen del tipo de innovación implementada, del sector en el que opera la empresa y de las condiciones estructurales de competencia. En esta línea, la propuesta concuerda con Pavitt (1984), quien argumenta que los patrones sectoriales definen trayectorias tecnológicas diferenciadas, y con Lim et al. (2012), quienes evidencian la existencia de sinergias entre distintos tipos de innovación.

En consecuencia, la innovación no debe entenderse como un factor universal de éxito; es un mecanismo modulador, condicionado por variables estructurales (como el tamaño o la industria), estratégicas (por ejemplo, si la empresa adopta una orientación proactiva o reactiva) y contextuales (como la dinámica competitiva o la intensidad tecnológica). Comprender su impacto requiere marcos analíticos capaces de captar sus efectos diferidos, multidimensionales y situados.

De los indicadores tradicionales a los enfoques tecnométricos

El desafío de medir la innovación lo abordó de manera pionera Grupp (1994), quien propuso la tecnometría como una alternativa a los indicadores clásicos. Su enfoque busca superar las limitaciones de métricas tradicionales, como el gasto en I+D o el número de patentes, las cuales —según el autor— capturan más el esfuerzo invertido que el impacto o beneficio real obtenido.

La tecnometría, en cambio, plantea un sistema correlacionado de indicadores de salida, basado en especificaciones técnicas y validaciones de expertos, con el objetivo de evaluar la efectividad funcional de las innovaciones, es decir, su capacidad real de generar valor.

Grupp (1994) sostiene que la medición de la innovación debe combinar métricas objetivas con evaluaciones cualitativas, ya que se trata de un fenómeno contextual y acumulativo. Además, advierte que los efectos de las innovaciones suelen aparecer con desfase temporal, por lo que recomienda el uso de estudios longitudinales que contemplen la evolución del aprendizaje organizacional. Este enfoque, adelantado a su tiempo, anticipa las discusiones actuales sobre la complejidad dinámica del cambio tecnológico, que han sido retomadas tres décadas después por Som (2025).

Nuevas métricas e indicadores contemporáneos

La complejidad de las economías actuales, especialmente en contextos digitales y sostenibles, exige sistemas de medición más adaptativos, evolutivos y reflexivos. En este sentido, Som (2025) y OECD (2010) proponen una actualización conceptual del debate, distinguiendo tres niveles analíticos clave para evaluar la innovación:

- Indicadores de insumo (*input-oriented*), como la inversión en I+D o la disponibilidad de capital humano especializado.
- Indicadores de resultado (*output-oriented*), centrados en productos, procesos o patentes desarrollados.
- Indicadores compuestos, como el *Global Innovation Index* o versiones ampliadas del *Balanced Scorecard*.

Som (2025) destaca que el desafío emergente radica en medir adecuadamente la innovación no tecnológica y social, particularmente en sectores como los servicios, las plataformas digitales y las iniciativas de sostenibilidad. En este marco, la autora propone incorporar indicadores de impacto social y ambiental, con el fin de alinear las métricas de innovación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con los principios de responsabilidad corporativa.

Hacia un modelo integral de medición e impacto

Una lectura dialéctica de los aportes de Ferrari y La Rocca (2010), Grupp (1994) y Som (2025) permite identificar una evolución conceptual significativa: desde el enfoque inicial en los resultados financieros directos, pasando por la evaluación del rendimiento tecnológico efectivo, hasta la inclusión de impactos sociales y ambientales. Mientras que Ferrari y La Rocca (2010) asocian la innovación con la rentabilidad, Grupp (1994) subraya la necesidad de medir la eficiencia técnica y Som (2025) amplía el horizonte hacia un modelo multidimensional e inclusivo.

A partir de ello, la medición ya no se limita a describir la innovación: la configura activamente, orientando decisiones estratégicas dentro de las organizaciones. Un sistema de indicadores centrado exclusivamente en la I+D o en las patentes corre el riesgo de invisibilizar innovaciones organizativas o sociales. En contraste, un enfoque integral favorece una gestión más sostenible, transversal y estratégica. En definitiva, la innovación no solo impacta en la rentabilidad, sino también en la identidad organizacional, en la resiliencia empresarial y en la capacidad de adaptación ante los cambios estructurales del entorno.

Metodología

Diseño del estudio

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, de tipo no experimental, con diseño transversal y alcance descriptivo-correlacional. Su objetivo fue identificar patrones de innovación empresarial, para analizar su relación con variables estructurales, cooperación institucional e impacto de la innovación.

Fuente de datos

Se utilizó como base empírica el EDITS VIII, elaborado por el DANE. Esta encuesta recoge información detallada sobre las actividades de innovación en empresas del sector servicios en Colombia, incluyendo inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI), cooperación institucional, resultados de innovación y características estructurales.

La unidad de análisis corresponde a la empresa. La base contiene información de 8812 empresas clasificadas según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), revisión 4. Para los distintos análisis se utilizaron subconjuntos de datos con información completa en las variables de interés.

Con el fin de caracterizar la muestra, la tabla 1 presenta la distribución de las empresas según tipología de innovación y sector económico (CIIU4). Esta caracterización permite contextualizar la estructura de la base de datos y comprender la composición del universo analizado.

Tabla 1. Tamaño de empresa vs. innovación

Tamaño	Amplia (%)	No innova (%)	Potencial (%)	Intencional (%)
Grande	45.1	47.3	4.3	3.1
Mediana	25.0	66.5	4.3	4.2
Pequeña	14.7	80.4	2.2	2.7
Micro	6.0	90.0	1.5	2.6

Fuente: elaboración propia con base en la EDITS VIII.

Se evidencia una relación directa entre el tamaño empresarial y la capacidad de innovar: las empresas grandes presentan una mayor probabilidad de desarrollar innovaciones (alrededor del 45 %); mientras que las microempresas muestran niveles muy bajos de actividad innovadora (cerca del 6%). A medida que disminuye el tamaño de la empresa, aumenta la proporción de organizaciones no innovadoras y se reduce de forma significativa la incidencia de la innovación.

Variables de estudio

Variables dependientes

Se consideraron dos variables principales:

- Tipología de innovación (TIPOLO): variable categórica que clasifica a las empresas según su comportamiento innovador (no innovadora, potencial, intencional, estricta y amplia). La variable TIPOLO fue construida a partir de los ítems de innovación incluidos en la encuesta EDITS VIII, considerando la presencia de innovaciones tecnológicas (producto y proceso) y no tecnológicas (organizacionales y de mercadotecnia). Las empresas clasificadas como “AMPLIA” reportaron simultáneamente innovaciones tecnológicas y no tecnológicas; las “ESTRIC” presentaron exclusivamente innovación tecnológica; las “INTENC” desarrollaron actividades orientadas a la innovación sin resultados consolidados; las “POTENC” registraron capacidades o iniciativas parciales de innovación; mientras que las “NOINNO” no reportaron actividades de innovación durante el período analizado.
- Impacto de la innovación: medido a partir del porcentaje de ventas derivadas de bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados. Esta variable se operó de dos formas:
 - Como variable categórica multinivel (sin impacto, bajo, medio y alto).
 - Como variable binaria (0 = sin impacto, 1 = con impacto).

Variables explicativas

Se incluyeron variables que capturan características estructurales, capacidades internas y vínculos institucionales:

- Tamaño empresarial: aproximado mediante el logaritmo del personal ocupado.
- Sector económico: clasificado según la CIIU⁴.
- Inversión en ACTI: medida a través del gasto total y sus principales componentes (I+D interna, adquisición de maquinaria, *software*, entre otros).
- Recursos financieros: diferenciando entre recursos propios y externos.
- Cooperación institucional: índice construido a partir de variables relacionadas con:
 - Cooperación en innovación de producto y proceso.
 - Vínculos con entidades públicas.
 - Interacción con actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación.

Las variables monetarias se transformaron mediante logaritmos naturales para reducir problemas de asimetría.

Estrategia de análisis

El análisis se desarrolló en siete etapas complementarias: análisis descriptivo, segmentación mediante análisis de clústeres, modelos predictivos, especificación del modelo, evaluación del desempeño, importancia de las variables y pruebas de robustez.

Análisis descriptivo

Caracterización de la población empresarial en términos de tamaño, sector económico, región y tipología de innovación para identificar patrones generales en la distribución de la innovación.

Segmentación mediante análisis de clústeres

Con el objetivo de identificar patrones diferenciados de comportamiento innovador, se aplicó un análisis de clústeres tipo *K-means*, utilizando como variables la tipología de innovación (TIPOLO), el sector económico (CIU4) y un índice de cooperación institucional. Previamente, las variables se habían transformado a escala numérica y estandarizado para garantizar su comparabilidad. A efectos de facilitar la visualización e interpretación de los resultados, se empleó un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés), reduciendo la dimensionalidad a dos componentes principales. El número óptimo de clústeres se determinó mediante el método del codo y se seleccionaron tres grupos como solución parsimoniosa.

Modelos predictivos (Random Forest)

Orientados a distinguir los factores asociados a la innovación y su impacto, se estimaron modelos de clasificación utilizando el algoritmo Random Forest.

Especificación del modelo

Los modelos se configuraron con los siguientes parámetros:

- Número de árboles: 300.
- Tamaño mínimo por nodo terminal: 5 observaciones.
- Criterio de división: índice de Gini.
- Selección automática de variables en cada partición.

- Ponderación de clases para corregir desbalance.
- Semilla aleatoria: 42.

Estos parámetros permiten capturar relaciones no lineales y reducir el riesgo de sobreajuste. Se estimaron tres tipos de modelos:

- Modelo multiclase para la tipología de innovación (TIPOLO).
- Modelo multiclase para el nivel de impacto de la innovación.
- Modelo binario de impacto (modelo principal), que distingue entre empresas con y sin impacto.

Evaluación del desempeño

La evaluación de los modelos se realizó mediante una partición de los datos en conjuntos de entrenamiento (70%) y prueba (30%), utilizando muestreo estratificado. Se emplearon múltiples métricas de evaluación:

- *Accuracy*.
- *Balanced accuracy*.
- *Recall* por clase.
- Área bajo la curva ROC (AUC), para el modelo binario.

Estas métricas permiten evaluar el desempeño considerando el desbalance de las clases.

Importancia de las variables

Se analizó la importancia relativa de las variables explicativas a partir de las medidas internas del modelo Random Forest, con lo que se identificaron los principales determinantes de la innovación y su impacto.

Pruebas de robustez

En aras de evaluar la estabilidad de los resultados, se realizaron pruebas adicionales mediante la estimación de modelos alternativos, excluyendo variables clave, particularmente la tipología de innovación, en el modelo de impacto. Adicionalmente, se exploraron esquemas de validación cruzada sobre subconjuntos de la muestra, observándose resultados consistentes con la estimación principal.

Consideraciones metodológicas

El análisis tiene un carácter transversal, por lo que los resultados deben interpretarse como asociaciones y no como relaciones causales. Asimismo, la medición del impacto de la innovación se basa en indicadores de ventas, lo que puede no capturar otras dimensiones relevantes del desempeño innovador.

Resultados

Caracterización inicial de las empresas innovadoras

La muestra analizada estuvo compuesta por 8812 empresas pertenecientes a diversos sectores económicos, lo que permite una aproximación amplia al ecosistema empresarial colombiano. Con la pretensión de caracterizar la estructura innovadora de las empresas, se examinó inicialmente la distribución según las tipologías de innovación.

Los resultados evidencian una marcada concentración en la categoría de empresas no innovadoras (NOINNO), que representan el 68.43% del total ($n = 6030$). Este resultado indica que más de dos tercios del tejido empresarial no desarrollan actividades formales de innovación. En segundo lugar, se ubican las empresas con innovación amplia (AMPLIA), con una participación del 24.70% ($n = 2177$) y que constituyen el principal grupo dentro de las empresas innovadoras.

Por su parte, las categorías potencial (POTENC) e intencional (INTENC) presentan participaciones considerablemente menores, con 3.43% ($n = 302$) y 3.39% ($n = 299$), respectivamente. Finalmente, la innovación estricta (ESTRIC) corresponde a una proporción marginal de la muestra, con apenas el 0.05% ($n = 4$). Para efectos de ilustrar esta distribución, la tabla 2 y la figura 1 presentan la composición de las empresas según tipología de innovación.

Tabla 2. Distribución de empresas según tipología de innovación

Tipología de innovación	Número de empresas	Porcentaje
No innovadoras (NOINNO)	6030	68.43
Innovación amplia (AMPLIA)	2177	24.70
Potencial (POTENC)	302	3.43
Intencional (INTENC)	299	3.39
Estricta (ESTRIC)	4	0.05
Total	8812	100

Fuente: elaboración propia con base en EDITS VIII (2024).

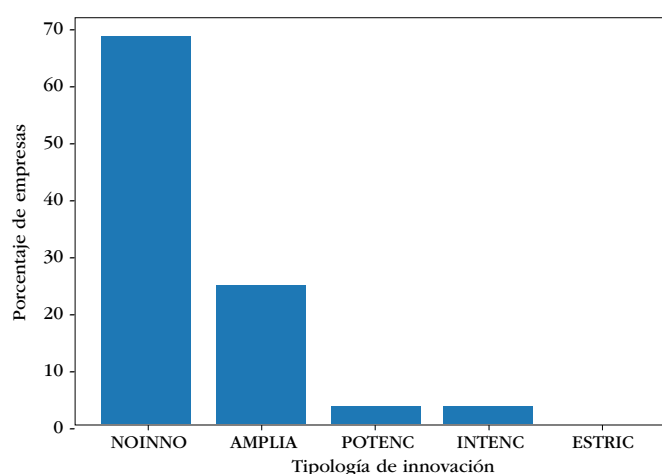


Figura 1. Distribución de empresas según tipología de innovación

Fuente: elaboración propia con base en EDITS VIII (2024).

La distribución evidencia un claro predominio de empresas no innovadoras, que representan cerca de dos tercios del total empresarial. En contraste, las empresas con innovación amplia constituyen aproximadamente una cuarta parte de la muestra y se consolidan como el principal grupo dentro de las firmas innovadoras. Las categorías potencial e intencional presentan una participación reducida; mientras que la innovación estricta tiene una presencia prácticamente inexistente. Con el propósito de profundizar en la caracterización de las empresas innovadoras, se analizaron las diferencias según región y sector económico (tabla 3).

Tabla 3. Distribución regional de empresas innovadoras (porcentaje por fila)

Región	Amplia (%)	Potencial (%)
Andina	88.9	10.9
Caribe	88.5	11.5
Pacífico	86.3	13.7
Orinoquía	97.4	2.6
Amazonía	95.8	4.2

Fuente: elaboración propia con base en EDITS VIII (2024).

En la distribución regional se observa una alta participación de empresas clasificadas con innovación amplia en todas las regiones analizadas. No obstante, estos resultados deben interpretarse con cautela, dado que la base incluye, principalmente, empresas con capacidades asociadas a ACTI, lo que incrementa la probabilidad de encontrar organizaciones con comportamientos innovadores.

De esta manera, la caracterización regional refleja la composición del subconjunto de empresas con capacidades innovadoras presentes en la encuesta, más que una comparación exhaustiva de la totalidad del tejido empresarial regional. Bajo esta consideración, la mayor participación, observada en la región Andina, puede asociarse a una mayor concentración relativa de empresas con capacidades en ACTI dentro del conjunto analizado.

Tipologías de innovación según sector económico

Con la intención de identificar patrones sectoriales en el comportamiento innovador, se construyó una tabla de frecuencias cruzadas entre la variable TIPOLO (tipología de innovación)

y CIU4 (sector económico). Con este procedimiento se analiza la distribución de las distintas formas de innovación en función del ámbito productivo de las empresas.

El análisis estadístico, mediante la prueba de chi-cuadrado (χ^2) de independencia (tabla 4), arrojó un resultado altamente significativo ($\chi^2 = 928.22$; $gl = 88$; $p < 0.001$), con lo que se demuestra la existencia de una asociación estadísticamente significativa entre la tipología de innovación y el sector económico. Este resultado indica que el comportamiento innovador no es homogéneo, sino que varía de manera sistemática según la estructura sectorial.

Tabla 4. Distribución de las tipologías de innovación según sector económico (CIU4)

CIU	Sector (referencia)	Amplia (%)	No innova (%)	Potencial (%)	Intencional (%)
47	Comercio minorista	13.10	83.54	1.09	2.28
46	Comercio mayorista	23.03	70.28	4.04	2.64
492	Transporte terrestre	19.28	71.97	3.76	4.99
86	Salud	36.18	54.74	4.46	4.62
55	Alojamiento	19.05	72.02	5.36	3.57
45	Comercio vehículos	26.52	67.73	3.19	2.56
561	Restaurantes	22.83	71.38	1.61	4.18
620	Software /TI	36.71	53.50	5.94	3.85
854	Educación	63.02	27.92	4.15	3.77
61	Telecomunicaciones	30.12	63.25	3.61	3.01

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

La distribución de las tipologías de innovación por sector económico muestra una alta heterogeneidad entre actividades. En sectores como comercio minorista (CIU 47) predomina ampliamente la no innovación, con más del 80% de las empresas clasificadas como no innovadoras y una baja participación de innovación amplia (13.1%). Un patrón similar, aunque menos marcado, se observa en transporte, alojamiento y restaurantes, puesto que la mayoría de empresas tampoco desarrolla actividades innovadoras.

En contraste, sectores como salud (CIU 86), tecnologías de la información (CIU 620) y telecomunicaciones (CIU 61) presentan una mayor participación de empresas con innovación amplia, superando en algunos casos el 30%. De manera particular, el sector educación (CIU 854) destaca por concentrar una proporción significativamente alta de empresas innovadoras (63%), junto con una menor presencia de empresas no innovadoras (27.92%).

Adicionalmente, las categorías de innovación potencial e intencional mantienen una participación relativamente baja y estable entre sectores, generalmente por debajo del 6%, lo que denota una menor incidencia de estados intermedios en la dinámica innovadora empresarial.

Impacto de la innovación según tipología empresarial

Con el propósito de evaluar el impacto económico de la innovación en las empresas, se construyó un indicador basado en el porcentaje de ventas derivadas de bienes o servicios nuevos o significativamente mejorados. Este indicador captura la contribución directa de la innovación a los ingresos empresariales, porque es una medida objetiva de su desempeño económico. En una primera aproximación, se analiza la relación entre la tipología de innovación y la proporción de ventas asociadas a actividades innovadoras. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje promedio de ventas por innovación según tipología empresarial

Tipología	Porcentaje de ventas por innovación
AMPLIA	9.15
ESTRIC	2.75
INTENC	0.00
POTENC	0.00
NOINNO	0.00

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

Como se observa, las empresas clasificadas con innovación amplia presentan, en promedio, un 9.15% de sus ventas provenientes de bienes o servicios nuevos o mejorados, lo que evidencia una contribución directa de la innovación a los ingresos. En contraste, las empresas con innovación estricta registran un valor promedio inferior (2,75%), resultado que debe interpretarse con cautela, debido al reducido número de observaciones en esta categoría. Por su parte, las empresas no innovadoras, así como aquellas clasificadas en estados potenciales e intencionales, no reportan participación de ventas asociadas a innovación, lo cual es consistente con la ausencia de innovaciones efectivamente introducidas en el mercado.

Por otro lado, con el fin de profundizar en el análisis, se estimaron estadísticas descriptivas del indicador de impacto para cada tipología empresarial, considerando únicamente aquellas empresas que reportan ventas derivadas de la innovación. Los resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Impacto de la innovación (solo empresas innovadoras)

Tipología	n	Media (%)	DE	Mín.	Máx.
AMPLIA	829	9.15	12.41	1.0	95.0
ESTRIC	4	2.75	1.71	1.0	5.0

DE: desviación estándar; Mín.: mínimo; Máx.: máximo.

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

En este caso, se observa que las empresas con innovación amplia presentan una elevada dispersión en los resultados, reflejada en una desviación estándar de 12.41 y un amplio rango de valores, entre un 1% y un 95%). Esto devela una alta heterogeneidad en el impacto económico de la innovación y sugiere que, aun cuando algunas empresas obtienen beneficios marginales, otras logran una participación significativa de ingresos derivados de actividades innovadoras. La categoría de innovación estricta, aunque con menor variabilidad, presenta limitaciones en su interpretación debido a su bajo tamaño muestral.

Adicionalmente, un segundo ejercicio incorporó la totalidad de la población empresarial y asignó un valor de cero a aquellas empresas que no generan ingresos derivados de la innovación. Con este enfoque se analizó el alcance del impacto de la innovación en el conjunto del tejido empresarial. Los resultados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Impacto de la innovación (total de empresas)

Tipología	n	Media (%)	DE	Mín.	Máx.
AMPLIA	2177	3.48	8.85	0.0	95.0
ESTRIC	4	2.75	1.71	1.0	5.0
INTENC	299	0.00	0.00	0.0	0.0
NOINNO	6030	0.00	0.00	0.0	0.0
POTENC	302	0.00	0.00	0.0	0.0

DE: desviación estándar; Mín.: mínimo; Máx.: máximo.

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

Al considerar el total de las empresas, el impacto promedio de la innovación se reduce de manera significativa y evidencia el efecto de incluir un alto número de empresas que no innovan o que no logran materializar innovaciones en resultados económicos. En este contexto, las empresas con innovación amplia presentan un impacto promedio del 3.48%, inferior al observado en el análisis condicionado. Por otra parte, la menor dispersión observada en los datos refleja la concentración de valores en torno a cero.

Así, los resultados permiten diferenciar entre la intensidad y el alcance del impacto de la innovación. Mientras que las empresas que innovan efectivamente pueden obtener beneficios económicos relevantes, la incidencia de la innovación en el conjunto del tejido empresarial es limitada, debido a la alta proporción de empresas que no desarrollan actividades innovadoras (tabla 8).

Tabla 8. Índice de impacto de la innovación según tipología empresarial

Tipología	n	Media	DE	Mín.	Máx.
AMPLIA	2177	0.596	0.271	0.000	1.000
ESTRIC	4	0.375	0.083	0.333	0.500
INTENC	299	0.657	0.290	0.000	1.000
NOINNO	6030	0.733	0.266	0.000	1.000
POTENC	302	0.638	0.277	0.000	1.000

DE: desviación estándar; Mín.: mínimo; Máx.: máximo.

Fuente: elaboración propia con base en EDITS VIII (2024).

Los resultados evidencian una variabilidad importante en el impacto entre las distintas tipologías empresariales. De manera destacada, las empresas no innovadoras (NOINNO) registran el mayor promedio de impacto (0.733), superando a las categorías que reportan actividades innovadoras. Les siguen las tipologías: intencional (0.657) y potencial (0.638); mientras que la innovación amplia presenta un valor inferior (0.596). Por su parte, la categoría estricta exhibe el nivel más bajo (0.375), aunque su interpretación debe realizarse con cautela debido a su reducido tamaño muestral (n = 4).

Encaminados a complementar este análisis, la figura 2 presenta el índice de impacto promedio por tipología empresarial junto con sus intervalos de confianza al 95%. Estos intervalos se estimaron a partir de la media y el error estándar de cada grupo, lo que

permite evaluar la precisión de las estimaciones y la posible existencia de diferencias entre categorías.

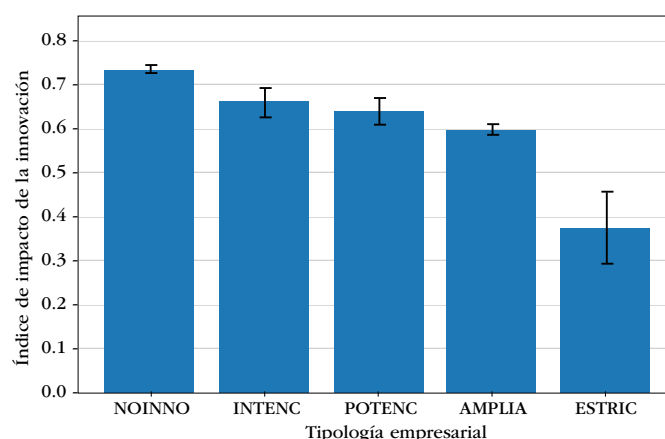


Figura 2. Índice de impacto de la innovación por tipología empresarial con intervalos de confianza al 95 %

Fuente: elaboración propia con base en EDITS VIII (2024).

La figura 2 muestra que las empresas **NOINNO** presentan un intervalo de confianza relativamente estrecho, lo que apunta a una mayor estabilidad en la estimación. En contraste, la tipología **AMPLIA** presenta niveles inferiores sin traslape con **NOINNO**, lo que señala diferencias estadísticamente relevantes entre ambas categorías. Las tipologías intermedias (**INTENC** y **POTENC**) presentan solapamientos parciales, lo que indica una mayor heterogeneidad en sus niveles de impacto. Por su parte, la categoría **ESTRIC** exhibe una elevada incertidumbre, asociada a su bajo número de observaciones.

En conjunto, se revela un patrón no lineal en la relación entre innovación e impacto organizacional. En particular, se observa un posible desacople entre la presencia de actividades innovadoras y los niveles de impacto reportados, lo que parece indicar la existencia de factores adicionales —como la calidad de la innovación, su grado de implementación o las limitaciones en su medición— que podrían estar influyendo en los resultados empresariales.

Segmentación mediante análisis de clústeres

Con el objetivo de identificar patrones diferenciados de comportamiento innovador en las empresas, se aplicó un análisis de clústeres tipo *K-means*, utilizando como variables la tipología de innovación (TIPOLO), el sector económico (CIIU4) y un índice de cooperación institucional, construido a partir de variables relacionadas con el desarrollo conjunto de innovaciones y la vinculación con entidades del sector público, permitiendo aproximar el grado de articulación de las empresas con otros actores del sistema de innovación.

Previamente, las variables se habían transformado a escala numérica y estandarizado para garantizar su comparabilidad. Posteriormente, se aplicó un PCA para reducir la dimensionalidad de los datos y facilitar la visualización de los resultados.

Selección del número de clústeres

Para determinar el número óptimo de clústeres, se empleó el método del codo, analizando la evolución de la inercia para distintos valores de k (tabla 9).

Tabla 9. Inercia según número de clústeres

k	Inercia
2	5.500
3	3.670
4	2.700
5	2.120
6	1.650

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

Como se observa en la tabla 9, la reducción de la inercia es más pronunciada entre $k = 2$ y $k = 3$; mientras que, a partir de este punto, la mejora marginal disminuye progresivamente. Este comportamiento indica la presencia de un punto de inflexión en $k = 3$, lo que permite deducir que este número de clústeres logra un equilibrio adecuado entre capacidad explicativa y parsimonia.

Resultados del análisis de clústeres

A partir de la aplicación del algoritmo *K-means*, se identificaron tres grupos de empresas con características diferenciadas en términos de su comportamiento innovador (tabla 10).

Tabla 10. Distribución de empresas por clúster

Clúster	Número de empresas	Participación (%)
0	2650	30.1
1	2188	24.8
2	3974	45.1
Total	8812	100

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

De los resultados se puede extraer tres perfiles empresariales diferenciados:

- **Clúster 0:** agrupa empresas con bajos niveles de innovación y cooperación, caracterizadas por una limitada articulación con otros actores del sistema de innovación. Este grupo presenta un comportamiento rezagado en términos de desarrollo innovador.
- **Clúster 1:** corresponde a empresas con niveles intermedios de innovación y cooperación. Estas organizaciones evidencian procesos incipientes de articulación y pueden interpretarse como empresas en transición hacia esquemas más estructurados de innovación.
- **Clúster 2:** concentra la mayor proporción de empresas (45.1%) y se caracteriza por mayores niveles relativos de innovación y cooperación institucional, lo que manifiesta una mayor integración en el sistema de innovación y una mejor capacidad para desarrollar actividades innovadoras.

En conjunto, la segmentación permite identificar una estructura heterogénea del tejido empresarial, donde coexisten empresas rezagadas, en transición y dinámicas. Con base en los resultados es posible ver que la innovación no depende únicamente de capacidades internas, sino también del grado de articulación con el entorno institucional. En este

sentido, la cooperación emerge como un factor clave en la diferenciación de los patrones de comportamiento innovador, reforzando la idea de que la innovación es un proceso sistémico que involucra la interacción entre múltiples actores (figura 3).

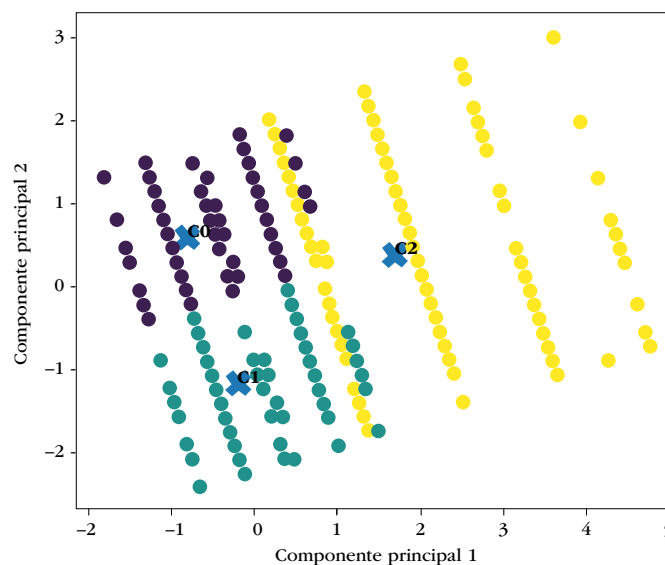


Figura 3. Segmentación empresarial mediante *K-means* y análisis de componentes principales con centroides

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos empresarial EDITS VIII (2024).

La figura 3 muestra la distribución de las empresas en el espacio de los dos primeros componentes principales. Los puntos representan empresas agrupadas en tres clústeres, mientras que las marcas X indican los centroides de cada grupo. La separación observada resalta la existencia de patrones diferenciados de comportamiento innovador.

Modelos predictivos de la innovación y su impacto (Random Forest)

En concordancia con la aspiración de identificar los factores asociados a la ocurrencia de innovación y a su impacto económico, se estimaron modelos de clasificación mediante el algoritmo Random Forest, utilizando la biblioteca *scikit-learn* en el entorno Python. Este enfoque permite capturar relaciones no lineales y evaluar la importancia relativa de las variables explicativas en contextos caracterizados por alta heterogeneidad empresarial.

Especificación técnica del modelo

Los modelos se estimaron utilizando un ensamble de árboles de decisión con las características que se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Especificación técnica del modelo

Parámetro	Valor
Número de árboles (<i>n_estimators</i>)	300
Muestras mínimas por hoja (<i>min_samples_leaf</i>)	5
Criterio de división	Gini (por defecto)
Profundidad máxima (<i>max_depth</i>)	No restringida
Selección de variables	Automática ($\sqrt{p}$)
Balanceo de clases	<i>balanced/balanced_subsample</i>
Semilla aleatoria	42

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (*scikit-learn*) con base en EDITS VIII (2024).

La elección de estos parámetros permite equilibrar la capacidad predictiva del modelo con mecanismos de regularización que reducen el riesgo de sobreajuste. En particular, el parámetro *min_samples_leaf* = 5 actúa como restricción sobre la complejidad de los árboles; mientras que el ajuste de pesos de clase permite mitigar el efecto del desbalance en las variables dependientes.

Estrategia de validación

La evaluación del desempeño de los modelos se realizó mediante una partición de los datos en conjuntos de entrenamiento (70%) y prueba (30%), utilizando muestreo estratificado para preservar la distribución de las clases. Adicionalmente, se realizaron pruebas de robustez mediante:

- Estimación de especificaciones alternativas (exclusión de variables clave).
- Uso de métricas ajustadas por desbalance (*balanced accuracy*).
- Evaluación de capacidad discriminante mediante AUC en modelos binarios.

Asimismo, se exploraron esquemas de validación cruzada sobre subconjuntos de la muestra, obteniendo resultados consistentes con la estimación principal, lo que respalda la estabilidad de los modelos.

Predicción de la tipología de innovación

En primer lugar, se estimó un modelo de clasificación multiclase para predecir la tipología de innovación (TIPOLO), considerando como variables explicativas características estructurales de las empresas, así como indicadores de capacidades tecnológicas y de cooperación institucional (tabla 12).

Tabla 12. Desempeño del modelo de predicción de la tipología de innovación

Métrica	Valor
Accuracy	0.754
Balanced accuracy	0.404
Observaciones (train)	6.168
Observaciones (test)	2.644

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (*scikit-learn*) con base en EDITS VIII (2024).

Los resultados muestran un nivel de exactitud global del 75.4%. No obstante, al considerar métricas ajustadas por desbalance, como el *balanced accuracy*, se nota que el modelo presenta limitaciones para clasificar adecuadamente las categorías menos representadas. Este comportamiento está asociado a la fuerte concentración de empresas en categorías específicas, lo que dificulta la correcta identificación de tipologías con baja frecuencia. A pesar de estas limitaciones, el análisis de importancia de variables permite identificar los principales determinantes de la innovación (tabla 13).

Tabla 13. Importancia de variables en la predicción de la tipología de innovación

Variable	Importancia
Tamaño empresarial (<i>log personal</i>)	0.257
Inversión total en actividades de ciencia, tecnología e innovación	0.139
Recursos propios	0.134
I+D interna	0.101
Cooperación institucional	0.098
Sector económico (CIIU4)	0.094

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (*scikit-learn*) con base en EDITS VIII (2024).

Estos resultados conducen la idea de que la capacidad de innovar está estrechamente vinculada a la disponibilidad de recursos, el tamaño empresarial y el grado de articulación con otros actores del sistema de innovación.

Predicción del nivel de impacto de la innovación

En una segunda etapa se estimaron modelos para predecir el impacto de la innovación, medido a partir de la proporción de ventas derivadas de productos o servicios nuevos o mejorados. Inicialmente se implementó un modelo de clasificación multiclase (tabla 14).

Tabla 14. Desempeño del modelo multiclase de impacto

Métrica	Valor
<i>Accuracy</i>	0.858
<i>Balanced accuracy</i>	0.454

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (*scikit-learn*) con base en EDITS VIII (2024).

Si bien este modelo presenta una alta exactitud global, su desempeño se ve afectado por el fuerte desbalance de las clases, dado que la mayoría de las empresas no reportan impacto. En consecuencia, el modelo muestra limitaciones para identificar correctamente los niveles más altos de impacto. El deseo de superar esta limitación condujo a la consideración de un modelo alternativo de clasificación binaria que distingue entre empresas sin impacto y con impacto (tabla 15).

Tabla 15. Desempeño del modelo binario de impacto

Métrica	Valor
Accuracy	0.909
Balanced accuracy	0.910
Área bajo la curva	0.969

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (scikit-learn) con base en EDITS VIII (2024).

Los resultados evidencian una alta capacidad predictiva del modelo, con valores elevados en términos de exactitud y en los de discriminación entre clases. En particular, el alto valor del AUC indica que el modelo logra diferenciar de manera efectiva entre empresas con y sin impacto innovador.

Pruebas de robustez

Con el propósito de evaluar la sensibilidad de los resultados, se consideró una especificación alternativa del modelo de impacto, excluyendo la variable de tipología de innovación (tabla 16).

Tabla 16. Prueba de robustez: modelo sin tipología de innovación

Métrica	Con TIPOLO	Sin TIPOLO
Accuracy	0.858	0.869
Balanced accuracy	0.454	0.424

Fuente: elaboración propia a partir de modelos Random Forest implementados en Python (scikit-learn) con base en EDITS VIII (2024).

Los resultados muestran que el modelo mantiene niveles similares de exactitud global; sin embargo, se reduce su capacidad para identificar correctamente los niveles más altos de impacto. Este hallazgo da a entender que, si bien las características estructurales permiten explicar la ausencia de impacto, la tipología de innovación resulta clave para capturar los niveles más elevados de desempeño innovador.

Los modelos estimados evidencian que tanto la innovación como su impacto económico pueden explicarse a partir de características observables de las empresas. En particular, factores como el tamaño, la inversión en actividades de innovación y la cooperación

institucional emergen como determinantes clave. Además, la alta capacidad predictiva del modelo binario de impacto sugiere que la generación de resultados económicos derivados de la innovación no es un fenómeno aleatorio, sino que responde a patrones estructurales dentro del tejido empresarial.

Discusión

Con los resultados obtenidos se avanza hacia una comprensión más integrada del comportamiento innovador empresarial en Colombia, al demostrarse que la innovación no constituye un fenómeno homogéneo o lineal; por el contrario, es un proceso estructurado por factores sectoriales, capacidades internas y niveles de articulación institucional. En este sentido, los hallazgos dialogan con la literatura contemporánea, al confirmar que la innovación es un fenómeno sistémico y contextual, más que una simple función del esfuerzo tecnológico individual.

Estructura productiva y desigualdad en la capacidad de innovar

La alta proporción de empresas no innovadoras (68.4%) confirma la persistencia de una estructura productiva heterogénea, característica de economías en desarrollo. Este resultado es consistente con los planteamientos de Matsunaga (2019), quien señala que en estos contextos predominan procesos de adopción y adaptación tecnológica sobre la generación de innovación original.

Desde una perspectiva estructural, los resultados sectoriales refuerzan la tipología de Pavitt (1984), al exponer que los sectores intensivos en conocimiento —como salud, educación y tecnologías de la información— presentan mayores niveles de innovación amplia; mientras que sectores tradicionales como el comercio minorista muestran una baja propensión a innovar. Esto podría indicar que la innovación no depende únicamente de decisiones empresariales, sino del posicionamiento de las firmas dentro de trayectorias tecnológicas sectoriales.

Por demás, el papel que desempeñan el tamaño empresarial y los recursos disponibles, identificado en los modelos predictivos, es coherente con el concepto de capacidad de absorción (Cohen & Levinthal, 1990), según el cual las empresas con mayores capacidades internas tienen una mayor habilidad para identificar, asimilar y explotar conocimiento externo.

Innovación e impacto: una relación condicionada, no automática

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es la necesidad de matizar la relación entre innovación e impacto. Aunque las empresas con innovación amplia presentan mayores niveles de ventas derivadas de la innovación (9.15%), el análisis agregado muestra que el impacto promedio en el conjunto empresarial es bajo, debido a la alta proporción de empresas que no innovan. Este resultado no implica una ausencia de relación entre innovación e impacto, sino una relación condicionada por dos factores clave:

- La capacidad de materialización de la innovación en el mercado.
- La estructura del tejido empresarial.

En razón a ello, los resultados son consistentes con Ferrari y La Rocca (2010), quienes señalan que el impacto de la innovación es positivo, pero no inmediato, y depende de factores estructurales y sectoriales. Adicionalmente, los modelos predictivos aportan evidencia más robusta: el alto desempeño del modelo binario ($AUC = 0.969$) demuestra que el impacto de la innovación no es aleatorio, ya que puede explicarse a partir de características observables de las empresas. Sin embargo, la prueba de robustez muestra que la tipología de innovación es especialmente relevante para explicar los niveles más altos de impacto, lo que se puede traducir en que: “no innovar explica la ausencia de impacto, pero innovar explica el impacto alto”

Este resultado aporta un matiz importante a la literatura sobre complementariedad (Gunday et al., 2011; Lim et al., 2012), al mostrar que no todas las formas de innovación generan el mismo nivel de retorno y que la efectividad depende de su grado de integración y consolidación.

Cooperación institucional y ecosistemas de innovación

El análisis de clústeres revela que la cooperación institucional constituye un factor central en la diferenciación de los comportamientos innovadores. Las empresas con mayores niveles de articulación con universidades y entidades gubernamentales tienden a concentrarse en el clúster más dinámico, caracterizado por mayores niveles de innovación. Este hallazgo respalda la teoría de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000), porque evidencia que la innovación emerge de la interacción entre actores, más que de esfuerzos individuales.

No obstante, los resultados también muestran una fuerte segmentación del tejido empresarial, con un grupo significativo de empresas rezagadas con bajos niveles de cooperación. Esto coincide con los planteamientos de Arocena y Sutz (2005) y Dutrénit y Arza (2010), quienes señalan que en América Latina la cooperación tiende a concentrarse en empresas con mayores capacidades previas, reproduciendo desigualdades estructurales en el acceso al conocimiento. En este sentido, la cooperación no actúa como un mecanismo universal, sino como un factor amplificador de capacidades existentes.

Implicaciones para los vínculos universidad-empresa en contextos latinoamericanos

Los resultados obtenidos tienen implicaciones relevantes para la comprensión de los vínculos universidad-empresa en Colombia y, en términos más amplios, para los ecosistemas de innovación en América Latina. Aunque el estudio se centra en los patrones de innovación empresarial, la asociación observada entre cooperación institucional y perfiles innovadores más complejos lleva a aceptar que la innovación depende no solo de capacidades internas, sino de la capacidad de las organizaciones para acceder, absorber y utilizar conocimiento proveniente de actores externos.

Esta interpretación es consistente con el concepto de capacidad de absorción propuesto por Cohen y Levinthal (1990), según el cual las organizaciones fortalecen su desempeño innovador en la medida en que desarrollan habilidades para identificar, asimilar y aplicar conocimiento generado fuera de sus fronteras. Desde esta perspectiva, los vínculos con universidades y otros actores del sistema de innovación pueden constituir mecanismos

fundamentales para ampliar las capacidades de aprendizaje organizacional y facilitar la incorporación de nuevas prácticas, tecnologías y conocimientos especializados.

Los hallazgos también respaldan los planteamientos de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000; Etzkowitz, 2002, 2003), que conciben la innovación como el resultado de interacciones dinámicas entre universidad, empresa y gobierno. La mayor manifestación de cooperación institucional en las empresas, con perfiles innovadores más avanzados, sugiere que la generación de innovación no puede entenderse exclusivamente como una actividad interna de las organizaciones; ha de ser tomada como un proceso relacional sustentado en redes de intercambio y aprendizaje. Siendo así, las instituciones de educación superior pueden desempeñar un papel estratégico como generadoras de conocimiento, formadoras de capital humano y facilitadoras de procesos de transferencia y apropiación tecnológica.

No obstante, los resultados también reflejan algunas de las limitaciones estructurales para los sistemas latinoamericanos de innovación. La elevada proporción de empresas no innovadoras y la concentración de capacidades innovadoras en determinados sectores coinciden con los planteamientos de Arocena y Sutz (2005) y Dutrénit y Arza (2010), quienes advierten sobre la persistencia de brechas institucionales y dificultades de articulación entre los actores del ecosistema. En consecuencia, fortalecer los vínculos universidad-empresa implica promover actividades de transferencia tecnológica, así como construir capacidades de absorción, confianza y aprendizaje colaborativo que permitan ampliar la participación de sectores tradicionalmente rezagados en los procesos de innovación.

Implicaciones metodológicas

Un aporte relevante del presente estudio radica en la integración de técnicas descriptivas, multivariantes y predictivas. En particular, el uso de modelos Random Forest permite avanzar desde un enfoque tradicional de análisis de innovación hacia un enfoque explicativo-predictivo. Los resultados muestran que:

- La innovación es parcialmente predecible (modelo TIPOLO).
- El impacto es altamente predecible en términos binarios.

Esto tiene implicaciones importantes, ya que sugiere que los procesos de innovación siguen patrones estructurales identificables, en línea con las perspectivas sistémicas de Johannessen (2013) y Ferone et al. (2018).

Asimismo, el contraste entre modelos multiclase y binarios evidencia las limitaciones asociadas al desbalance de clases, lo que refuerza la importancia de utilizar métricas y enfoques adecuados en el análisis empírico.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra la naturaleza transversal de los datos, lo cual impide capturar los efectos dinámicos de la innovación en el tiempo. Además, la medición del impacto se basa en indicadores perceptuales, lo que puede introducir sesgos asociados a la autoevaluación empresarial. Finalmente, la ausencia de variables como el tamaño empresarial o indicadores financieros limita el alcance explicativo del análisis.

En resumen, los hallazgos apuntan a que la innovación empresarial no puede entenderse como un atributo aislado ni como un determinante automático del desempeño; debe abordarse como un proceso complejo, contextual y multinivel (Johannessen, 2013). Esta perspectiva permite avanzar hacia una comprensión más realista del fenómeno innovador, especialmente en economías en desarrollo con dinámicas estructurales y limitaciones institucionales que desempeñan un papel central.

Conclusiones

El artículo analizó los patrones de innovación empresarial en Colombia a partir de la base EDITS VIII, integrando dimensiones sectoriales, tipologías de innovación, cooperación institucional e impacto organizacional. Los resultados permiten concluir que la innovación empresarial no se distribuye de manera homogénea, que está condicionada por la estructura productiva, los vínculos institucionales y las capacidades internas de las empresas.

En particular, se identificó una fuerte concentración de empresas no innovadoras, lo que lleva a cuestionar la persistencia de limitaciones estructurales en la adopción de estrategias formales de innovación. También, se confirmó la existencia de patrones sectoriales diferenciados, en los que los sectores intensivos en conocimiento presentan mayores niveles de innovación amplia, en contraste con sectores, como el comercio minorista y los servicios, en los que predominan estrategias más limitadas o no formalizadas.

Uno de los principales hallazgos del estudio es la evidencia de un desacople entre la innovación y el impacto organizacional. Contrario a los supuestos tradicionales, las empresas no innovadoras registran niveles de impacto superiores a algunas categorías innovadoras, lo que sugiere que la relación entre innovación y desempeño no es lineal ni automática. Este resultado aporta a la literatura, porque cuestiona enfoques simplificados y resalta la importancia de factores contextuales, temporales y de medición en la comprensión del fenómeno innovador.

Desde una perspectiva de política pública, los resultados resaltan la necesidad de diseñar instrumentos diferenciados según el sector económico, orientados a fortalecer las capacidades de innovación en actividades con menor intensidad tecnológica. En particular, se recomienda fomentar programas de articulación universidad-empresa-Estado que faciliten el acceso al conocimiento y reduzcan las brechas en capacidades innovadoras. Igualmente, resulta clave fortalecer mecanismos de apoyo a pequeñas y medianas empresas, mediante incentivos a la cooperación, acceso a financiamiento y desarrollo de capacidades de absorción tecnológica.

En términos metodológicos, los hallazgos también sustentan la necesidad de avanzar hacia esquemas de medición del impacto de la innovación más integrales, que superen los enfoques tradicionales y permitan capturar la multidimensionalidad del fenómeno. Esto implica incorporar indicadores que reflejen resultados económicos, al igual que las dimensiones organizacionales, tecnológicas y contextuales.

El estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el diseño transversal de la base de datos impide analizar la dinámica temporal de la innovación y su impacto. En segundo lugar, el uso de información basada en encuestas puede introducir sesgos de autoselección y de percepción por parte

de las empresas. Y, en tercer lugar, la ausencia de variables como el tamaño empresarial o indicadores financieros limita el alcance explicativo del análisis. Al final, los resultados están condicionados por el contexto específico de la economía colombiana, lo que restringe su generalización a otros entornos.

Futuras investigaciones pueden avanzar en el desarrollo de estudios longitudinales que analicen la evolución de la innovación en el tiempo, así como la identificación de mecanismos causales que expliquen la relación entre innovación e impacto. Resultaría pertinente realizar comparaciones internacionales capaces de evaluar la validez externa de los hallazgos y profundizar en el papel de los sistemas nacionales de innovación.

En particular, este estudio contribuye a una comprensión más matizada de la innovación empresarial, pues evidencia que su impacto depende de la interacción entre múltiples factores y no puede explicarse a partir de relaciones lineales simples. Esta perspectiva resulta especialmente relevante para el diseño de políticas públicas y estrategias empresariales orientadas a fortalecer la competitividad en contextos de economías en desarrollo.

Declaración sobre la relevancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los resultados de este estudio contribuyen principalmente al ods 8 (trabajo decente y crecimiento económico), especialmente a la meta 8.2, orientada al incremento de la productividad mediante la innovación y la modernización tecnológica. Asimismo, aporta al ods 9 (industria, innovación e infraestructura), en particular a la meta 9.5, relacionada con el fortalecimiento de la investigación científica y las capacidades de innovación empresarial. Los hallazgos también guardan relación con el ods 4 (educación de calidad), específicamente con la meta 4.4, al resaltar la importancia del conocimiento, las capacidades organizacionales y la interacción con instituciones de educación superior para fortalecer los procesos de innovación. Finalmente, la evidencia presentada destaca el valor de los vínculos universidad-empresa como mecanismos de transferencia de conocimiento y construcción de ecosistemas colaborativos orientados al desarrollo sostenible.

Roles de contribución (taxonomía CRediT)

Julio César Valencia Martínez realizó todas las etapas de la investigación, incluyendo la conceptualización, el diseño metodológico, el análisis de datos, la interpretación de los resultados, la redacción, la revisión y la aprobación de la versión final del manuscrito.

Financiación

Esta investigación recibió apoyo institucional de la Universidad de Manizales para el desarrollo de las actividades de investigación. No se recibió financiación específica de agencias externas del sector público, comercial o de entidades sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

El autor declara que no existe ningún conflicto de intereses, financiero, personal, profesional o institucional, que haya influido en el diseño, desarrollo, análisis o publicación de esta investigación.

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló a partir del análisis de datos secundarios provenientes de la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDITs VIII), elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de Colombia. La base de datos utilizada se encuentra anonimizada y no contiene información que permita identificar personas o empresas de manera individual. En consecuencia, el estudio no implicó la participación directa de seres humanos ni requirió la obtención de consentimiento informado o la aprobación de

un comité de ética, de conformidad con la normativa vigente para investigaciones basadas en fuentes secundarias.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación provienen de la EDITS VIII, elaborada por el DANE de Colombia. Los microdatos y la documentación metodológica se encuentran disponibles para consulta pública a través del catálogo oficial del DANE: <https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/867>

Declaración sobre el uso de modelos de lenguaje (LLM)

Para la elaboración de este manuscrito se contó con la asistencia parcial de un modelo de lenguaje de gran escala (LLM), específicamente ChatGPT (OpenAI), utilizado como apoyo en tareas de revisión de estilo, mejora de la redacción, corrección gramatical, coherencia textual y refinamiento de la estructura del documento. Asimismo, se empleó como herramienta de apoyo para la verificación de referencias bibliográficas y la identificación de literatura científica pertinente. Todas las decisiones relacionadas con el diseño de la investigación, la metodología, el análisis e interpretación de los resultados, la argumentación científica y la versión final del manuscrito fueron tomadas exclusivamente por el autor, quien asume la plena responsabilidad por la integridad, originalidad y contenido del trabajo presentado.

Referencias

- Arocena, R., & Sutz, J. (2005). Latin American universities: From an original revolution to an uncertain transition. *Higher Education*, 50(4), 573-592. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6367-8>
- Bourdeau, S., Aubert, B., & Bareil, C. (2021). *The effects of IT use intensity and innovation culture on organizational performance: The mediating role of innovation intensity*. *Management Research Review*, 44(2), 359-380. <https://doi.org/10.1108/MRR-02-2020-0068>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Dutrénit, G., & Arza, V. (2010). Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: Comparing four Latin American countries. *Science and Public Policy*, 37(7), 541-553. <https://doi.org/10.3152/030234210X512043>
- Etzkowitz, H. (2002). Incubation of incubators: Innovation as a triple helix of university-industry-government networks. *Science and Public Policy*, 29(2), 115-128. <https://doi.org/10.3152/147154302781781056>
- Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: The triple helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, 42(3), 293-337. <https://doi.org/10.1177/05390184030423002>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: From national systems and “Mode 2” to a triple helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 29(2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Ferone, E., Pietroni, D., Petroccia, S., & Alberto, A. A. (2018). Organizational innovation: A systemic approach. *International Review of Sociology*, 28(3), 419-431. <https://doi.org/10.1080/03906701.2018.1529072>
- Ferrari, M., & La Rocca, L. (2010). Innovation and performance: Some evidence from Italian firms. En A. Pyka & A. Scharnhorst (Eds.), *Advances in the study of entrepreneurship, innovation and economic growth* (vol. 20, pp. 171-190). Emerald Group Publishing. [https://doi.org/10.1108/S1479-3512\(2010\)0000020008](https://doi.org/10.1108/S1479-3512(2010)0000020008)
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter Publishers.
- Giuri, P., Ploner, M., Rullani, F., & Torrisi, S. (2010). Skills, division of labor and performance in collective inventions: Evidence from open source software. *International Journal of Industrial Organization*, 28(1), 54-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2009.07.004>

- Grupp, H. (1994). The measurement of technical performance of innovations by technometrics and its impact on established technology indicators. *Research Policy*, 23(2), 175-193. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)90052-3)
- Gunday, G., Ulusoy, G., Kilic, K., & Alpkan, L. (2011). Effects of innovation types on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 662-676. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.05.014>
- Johannessen, J.-A. (2013). Innovation: A systemic perspective - Developing a systemic innovation theory. *Kybernetes*, 42(8), 1195-1217. <https://doi.org/10.1108/K-04-2013-0069>
- Lim, E. S., Lee, C., & Nagaraj, S. (2012). The relationship between innovation and firm performance: Evidence from Malaysian manufacturing firms. En *Proceedings of The Asian Business and Management Conference 2012*. The Asian Business and Management Conference 2012, Osaka, Japan. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2012.6225777>
- Lundvall, B.-Å. (Ed.). (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers.
- Matsunaga, N. (2019). *Introduction to innovation*. En N. Matsunaga (Ed.), *Innovation in developing countries* (pp. 1-22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3525-9_1
- Miller, J. G. (1978). *Living systems*. McGraw-Hill.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2010). *Measuring innovation: A new perspective*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264059474-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) & Eurostat. (2018). *Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation* (4.^a ed.). Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 343-373. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(84\)90018-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(84)90018-0)
- Rydvalova, P., & Skala, M. (2021). Innovation and innovation partnership. En M. Zizka & P. Rydvalova (Eds.), *Innovation and performance drivers of business clusters* (pp. 51-72). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79907-6_4
- Ryu, H. S., & Lee, J. N. (2016). Innovation patterns and their effects on firm performance. *The Service Industries Journal*, 36(3-4), 81-101. <https://doi.org/10.1080/02642069.2016.1155114>

- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. Harvard University Press.
- Som, O. (2025). Indicators of innovation and innovation measurement. En I. Schulz-Schaeffer, A. Windeler, & B. Blättel-Mink (Eds.), *Handbook of innovation* (pp. 1-22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25143-6_13-1
- Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism: Firms, markets, relational contracting*. Free Press.
- Zhang, J., & Duan, Y. (2010). The impact of different types of market orientation on product innovation performance: Evidence from Chinese manufacturers. *Management Decision*, 48(6), 849-867. <https://doi.org/10.1108/00251741011053433>