

VARIABLES PARA LA MEDICIÓN DE LAS CAPACIDADES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN UNA CADENA PRODUCTIVA EN COLOMBIA*

Samuel Hernández Restrepo**
Jorge Alonso Manrique Henao***
Diana Patricia Giraldo Ramírez****
Santiago Quintero Ramírez****

Recibido: 25 de septiembre de 2023 – Aprobado: 4 de abril 2024

<https://doi.org/10.22395/seec.v27n63a4569>

RESUMEN

Este artículo de investigación aborda la relevancia de la medición de las capacidades de innovación tecnológica en las cadenas productivas de Colombia, enmarcado en un contexto donde la innovación es crucial para el crecimiento económico y la competitividad. A pesar de ser prioridad gubernamental y empresarial, existen obstáculos formales e informales que limitan la investigación y desarrollo para la innovación en el país. La medición precisa y personalizada de estas capacidades se vuelve esencial para superar las limitaciones, permitiendo identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en cada sector. Por lo tanto, este artículo presenta una aproximación de variables que permiten la medición de las actividades de investigación, desarrollo, difusión, intermediación, producción y mercadeo a partir de la revisión académica de variables para la medición de capacidades de innovación y de la evaluación de expertos de dichas variables, encontrando que las empresas de las cadenas productivas colombianas enfrentan vacíos importantes en cuanto a la medición y generación de innovación en sus procesos. Al contextualizar las métricas, se logra

* Artículo de investigación resultado del proyecto potencial de la celulosa del bagazo de fique como materia prima para la industria desarrollado por el Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación – gti (A), Medellín, Colombia, Julio 2021 – Julio 2023.

** Ingeniero Administrador de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. Máster en Dirección Comercial, Esneca Business School, Madrid, España. Magíster en Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Antioquia. Correo electrónico: samuel.hernandez@upb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-1027-166X>.

*** Doctor en ingeniería, magíster en gestión tecnológica, coordinador del Grupo de Investigación y Docente de Posgrados en Gestión de la Tecnología y la Innovación gti de la Universidad Pontificia Bolivariana Sede Medellín, Colombia. Correo electrónico: jorge.manrique@upb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7380-4999>.

**** Ph.D. Doctora en ingeniería, docente investigador del Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación – gti, directora del Doctorado en Gestión Tecnológica y de la Innovación de la Universidad Pontificia Bolivariana Sede Medellín, Colombia. Correo electrónico: dianap.giraldo@upb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1500-0279>.

***** Ph.D. Doctor en ingeniería industrial, coordinador del Grupo de Investigación en Gestión de la Tecnología y la Innovación – gti, docente titular de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana Sede Medellín, Colombia. Correo electrónico: Santiago.quintero@upb.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1932-9055>

una evaluación informada que impulsa estrategias y políticas adaptadas, fortaleciendo así la competitividad y el desarrollo económico en un entorno globalizado y competitivo.

PALABRAS CLAVE

Gestión Agrícola, empresas agrícolas, innovación tecnológica, investigación y desarrollo.

CODIGO JEL

Q12, O32

CONTENIDO

Introducción; 1. Marco teórico; 2. Metodología; 3. Resultados; 4 Conclusiones; Referencias.

VARIABLES FOR MEASURING TECHNOLOGICAL INNOVATION CAPABILITIES IN A PRODUCTIVE CHAIN IN COLOMBIA

ABSTRACT

This research article addresses the importance of measuring technological innovation capabilities in Colombia's production chains, within a context where innovation is crucial for economic growth and competitiveness. Despite being a governmental and business priority, formal and informal obstacles limit research and development for innovation in the country. Accurate and tailored measurement of these capabilities becomes essential to overcome limitations, identifying strengths, weaknesses, opportunities, and threats in each sector. Therefore, this article presents an approach to variables that allow the measurement of research, development, dissemination, intermediation, production, and marketing activities. Based on an academic review of variables for measuring innovation capabilities and expert evaluation of these variables, it finds that companies in Colombian production chains face significant gaps in measuring and generating innovation in their processes. By contextualizing the metrics, an informed evaluation is achieved that drives adapted strategies and policies, thus strengthening competitiveness and economic development in a globalized and competitive environment.

KEY WORDS

Agricultural Management, agricultural companies, technological innovation, research and development.

JEL CLASSIFICATION

Q12, O32

CONTENTS

Introduction; 1. Theoretical framework; 2. Methodology; 3. Results; 4 Conclusions; References.

VARIÁVEIS PARA MEDIR AS CAPACIDADES DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM UMA CADEIA PRODUTIVA NA COLÔMBIA

RESUMO

Este artigo de pesquisa aborda a importância da medição das capacidades de inovação tecnológica nas cadeias produtivas da Colômbia, em um contexto onde a inovação é crucial para o crescimento econômico e a competitividade. Apesar de ser uma prioridade governamental e empresarial, obstáculos formais e informais limitam a pesquisa e desenvolvimento para a inovação no país. A medição precisa e personalizada dessas capacidades torna-se essencial para superar limitações, permitindo identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças em cada setor. Portanto, este artigo apresenta uma abordagem de variáveis que permitem a medição das atividades de pesquisa, desenvolvimento, difusão, intermediação, produção e marketing, a partir da revisão acadêmica de variáveis para a medição de capacidades de inovação e da avaliação de especialistas dessas variáveis, constatando que as empresas das cadeias produtivas colombianas enfrentam lacunas importantes na medição e geração de inovação em seus processos. Ao contextualizar as métricas, obtém-se uma avaliação informada que impulsiona estratégias e políticas adaptadas, fortalecendo assim a competitividade e o desenvolvimento econômico em um ambiente globalizado e competitivo.

PALAVRAS-CHAVE

Gestão Agrícola, empresas agrícolas, inovação tecnológica, pesquisa e desenvolvimento.

CÓDIGOS JEL

O12, O32

CONTEÚDO

Introdução; 1. Referencial teórico; 2. Metodologia; 3. Resultados; 4. Conclusões; Referências.

INTRODUCCIÓN

La innovación es un factor clave para el crecimiento y desarrollo económico de cualquier país, especialmente en un entorno globalizado y competitivo. En Colombia, la innovación se ha convertido en un tema prioritario en la agenda gubernamental y empresarial, siendo reconocida como una herramienta fundamental para mejorar la productividad, la competitividad y el bienestar social. Sin embargo, existen elementos formales e informales que limitan la investigación y el desarrollo para la innovación en el país, lo que hace necesario medir y evaluar las capacidades de innovación tecnológica en las cadenas productivas colombianas (Álvarez, 2018).

En este sentido, la medición de las capacidades de innovación tecnológica se ha convertido en un tema de interés para diferentes actores en Colombia, ya que permite identificar las fortalezas y debilidades de las empresas y sectores productivos en términos de innovación, así como las oportunidades y amenazas que se presentan en el entorno. De esta manera, se pueden diseñar estrategias y políticas orientadas a fortalecer las capacidades de innovación y mejorar la competitividad de las cadenas productivas en el país (Cárdenas *et al.*, 2017), (Ocampo y Parra 2018).

En este artículo de investigación se aborda la importancia de la medición de las capacidades de innovación tecnológica en las cadenas productivas de Colombia, tomando en cuenta la relevancia de la innovación como concepto y su aplicabilidad en una cadena productiva. Asimismo, se analizan diferentes variables que pueden ser utilizadas para medir las capacidades de innovación tecnológica en una cadena productiva y se presentan algunos estudios y experiencias relevantes en el contexto colombiano.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Innovación

De acuerdo con Schumpeter (1961), la definición clásica de innovación responde a los siguientes supuestos:

- La innovación es la introducción de un nuevo bien en un mercado específico; en un sentido amplio, se trata de un bien no conocido o de una nueva categoría de bienes.
- La innovación también responde a la introducción de un nuevo método de producción, de un nuevo mercado, de una nueva fuente de materias primas o de una nueva estructura de mercado.

Esta definición tradicional responde al concepto general de innovación y no va mucho más allá de la definición de innovación tecnológica. Según Pavón y Goodman (1981), innovación es el conjunto de actividades inscritas en un determinado periodo de tiempo y lugar que conducen a la introducción con éxito en el mercado de una idea en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización.

Según Nelson y Winter (1982), la innovación se entiende como un cambio que requiere un considerable grado de imaginación y constituye una ruptura relativamente profunda con la forma establecida de hacer las cosas, con lo que crea fundamentalmente una nueva capacidad. Esta definición destaca cuatro elementos importantes para entender una innovación: cambio (situación de ruptura respecto al estado actual en alguno de sus aspectos), imaginación (ejercicio de creatividad que busca el análisis de situaciones bajo prismas originales), rompimiento (cambio de paradigma organizacional) y capacidad (incremento del potencial organizacional para ofrecer productos/servicios novedosos).

La innovación se puede definir, entonces, como el proceso mediante el cual se introducen cambios o mejoras significativas en productos, servicios o procesos existentes con el fin de obtener mejores resultados o satisfacer necesidades de manera más eficiente. Los elementos más importantes de la definición de innovación incluyen la introducción de algo nuevo, original o diferente en el mercado o en la organización; la creación de valor para el usuario final; la implementación de cambios de manera efectiva; y la generación de capacidades para la organización.

Además, la innovación puede involucrar la aplicación de tecnologías nuevas o existentes, la creación de nuevos modelos de negocio o la exploración de nuevos mercados y nichos de clientes. La innovación se convierte en un proceso clave para la supervivencia y el crecimiento de cualquier organización en un entorno cada vez más competitivo.

La tecnología es considerada, al mismo tiempo, como un medio y como un fin: un medio, si se considera como parte del proceso que permite el desarrollo de productos innovadores; un fin, si la tecnología se encuentra impregnada en el propio producto innovador (Cilleruelo *et al.*, 2008). Por lo anterior, podemos entender que el concepto de innovación abarca mucho más de lo que algunos autores han afirmado, y se puede entender desde la definición de tecnología. Solé y Martínez (2003) definen la innovación tecnológica como un conjunto de informaciones utilizadas por los humanos para transformar la materia y para organizar su participación en dicha transformación.

Entonces, podemos definir la innovación tecnológica como un proceso de creación y mejora de productos, servicios o procesos mediante la aplicación de nuevas tecnologías, herramientas y técnicas. Entre los elementos más importantes de la innovación tecnológica se encuentran la introducción de una nueva tecnología o una mejora significativa en una existente, el desarrollo de soluciones más eficientes y rentables, la mejora de la experiencia del usuario, la capacidad de adaptación a las cambiantes necesidades del mercado y la capacidad de generar un impacto positivo en el desempeño del negocio. Además, la innovación tecnológica suele estar impulsada por la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, la colaboración con otros actores del mercado, la exploración de nuevos modelos de negocio y la identificación de nuevas oportunidades de mercado.

El concepto de innovación debe ser entendido desde una perspectiva mucho más amplia que permite comprender todos los fenómenos que existen a su alrededor. Viotti (2002) propone que, para el estudio de las regiones y países con diferentes niveles de desarrollo en innovación, es más propicio utilizar un concepto que incluya los procesos de aprendizaje, por medio de los cuales el conocimiento y las tecnologías sean distribuidas de diferentes formas en distintas áreas de interés. Este supuesto planteado por el autor se sustenta en que las organizaciones recurren a las ideas y a diversos agentes y actores alrededor de ellas, como proveedores, clientes, gobiernos, universidades, instituciones, etc., para generar innovación. En este sentido, es posible afirmar que el aprendizaje se define como un proceso colectivo formado por la estructura y los procesos de producción, por las organizaciones y las instituciones (Cooke, 2001).

Esta perspectiva amplia de la innovación involucra el aprendizaje *learning by doing* (Arrow, 1962), *learning by using* (Rosenberg, 1982) y *learning by interacting* (Lundvall, 1992). El aprendizaje es el proceso mediante el cual los seres humanos procesan y estructuran el conocimiento (Rivera y Caballero, 2003). De esta manera, implica la adquisición de conocimientos nuevos, habilidades y actitudes, y puede ocurrir de forma consciente o inconsciente, intencional o accidental. En otras palabras, el conocimiento es la base del aprendizaje, y el aprendizaje es el proceso mediante el cual se construye y se utiliza el conocimiento.

1.2. Contexto de las cadenas productivas en Colombia

El término cadena productiva tiene diversas definiciones y varios autores han trabajado en sus investigaciones, aportando a la creación de un concepto mucho más unificado. De acuerdo con Morales y Peláez (2002), una cadena productiva es un enlace entre unidades productivas con el fin de relacionar las etapas de

abastecimiento de insumos, transformación, distribución y comercialización de un bien o servicio específico, donde los distintos eslabones efectúan acuerdos que condicionan sus vínculos y supeditan sus procesos técnicos y productivos. En resumen, una cadena productiva es una serie de actividades interconectadas que tienen como objetivo transformar los insumos en productos y servicios para satisfacer las necesidades del mercado, y, en este sentido, cada actividad está relacionada con la anterior y la siguiente, de manera que la eficiencia y efectividad de cada etapa afecta la calidad y costo final del producto o servicio, es decir, cada eslabón de la cadena tiene un impacto en la calidad y valor del producto final y en la competitividad de la empresa en el mercado.

1.3. Capacidades de innovación tecnológica

El concepto de capacidades tecnológicas, su medición y evaluación, es un tema que ha sido ampliamente discutido en los últimos años por dos corrientes teóricas: La primera, *Dynamic Capabilities* (Capacidades Dinámicas), desde la perspectiva de la construcción y acumulación de las capacidades de firmas industriales que se incorporan tardíamente al mercado, enfocándose en el proceso de aprendizaje con el objetivo de construir una base mínima de conocimiento para la innovación. La segunda corriente, *Strategic Management Literature* (Literatura de Gestión Estratégica), centrada sobre el desarrollo de las competencias nucleares de las firmas que interactúan en la frontera internacional de los países industrialmente desarrollados (Quintero *et al.*, 2022). Las capacidades son la base de la ventaja competitiva de una organización, y pueden ser tanto tangibles (como infraestructura y tecnologías) como intangibles (como el conocimiento y habilidades del personal).

De acuerdo con Kim (1998) se definen las capacidades tecnológicas como la habilidad de hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes. En este orden de ideas podemos entender que las capacidades tecnológicas son el conjunto de conocimientos, habilidades y recursos que tiene una organización para desarrollar, aplicar y mejorar tecnologías de manera efectiva y eficiente. Estas capacidades incluyen tanto los recursos tangibles, como las herramientas, infraestructuras y equipos tecnológicos, como los recursos intangibles, como el conocimiento especializado, las habilidades técnicas y la capacidad de innovación.

En un entorno tecnológico en constante cambio, la capacidad de una organización para desarrollar y aplicar tecnologías de manera efectiva es un factor clave para su éxito y competitividad a largo plazo. Por lo tanto, la gestión de las capacidades tecnológicas es una parte esencial de la gestión tecnológica, y requiere una atención

cuidadosa y continua para asegurar que la organización esté en la vanguardia de la innovación y el desarrollo tecnológico.

Otras investigaciones han planteado que las capacidades tecnológicas se integran por diferentes elementos, como es el caso de Adler y Shenbar (1990), los cuales definen las capacidades tecnológicas a partir de cuatro elementos importantes: i) la capacidad que tienen las organizaciones para desarrollar nuevos productos que cumplan con las necesidades del mercado, ii) la capacidad de la aplicación de las tecnologías de procesos adecuados para producir nuevos productos, iii) la capacidad de desarrollo y la adopción de nuevos productos y tecnologías de proceso para satisfacer las necesidades futuras, y iv) la capacidad de responder a las actividades de tecnología y oportunidades inesperadas creadas por los competidores (Serrano y Robledo, 2013).

Según Lall (1992), las capacidades tecnológicas en una organización se pueden agrupar en tres grandes categorías: inversión, producción y soporte. Las primeras están enfocadas en identificar las necesidades, y en preparar y obtener las tecnologías indispensables de acuerdo con los requerimientos. Las segundas se enfocan en el control, operación y mantenimiento, y las terceras se centran en recibir y transmitir la información, experiencia y tecnología. Lall (1992) señala también que los elementos de una tecnología deben acompañarse por un número de elementos tácitos, que tienen que ser enseñados y aprendidos.

Identificar aquellas capacidades que son cruciales es el paso más importante. El proceso de identificación puede implicar la evaluación comparativa interna de las funciones clave, como se detalla en la tabla 1, en este caso de las funciones esenciales para la cadena productiva. Las capacidades clave se definen como aquellas que ayudan a generar altos márgenes de beneficio y son los claros ganadores del mercado, las cuales deben cumplir con tres atributos esenciales: i) deben ser valiosas, ii) deben ser raras y iii) deben ser difíciles de imitar (Hafeez *et al.*, 2002).

Tabla 1. Capacidades clave de las organizaciones

Áreas funcionales	Capacidades clave
Compras	Definición de especificaciones Aceleración Análisis de información
Producción	Ingeniería de herramientas Proceso tecnológico Montaje Pruebas Economías de escala

Áreas funcionales	Capacidades clave
Ventas y Marketing	Gestión de productos Promoción Distribución Servicio al cliente Precios
I+D	Investigación Desarrollo de productos Experimentación
Gestión	Revisión Monitoreo Establecimiento de objetivos Sistema de recompensas

Fuente: elaborado por el autor, adaptado de (Hafeez *et al.*, 2002).

Las capacidades clave en la cadena productiva del fique abarcan las habilidades, recursos y conocimientos necesarios para llevar a cabo eficientemente las actividades que conforman el proceso de producción. Estas capacidades son esenciales para asegurar la calidad de los productos y para mejorar la competitividad de la empresa en el mercado. Las capacidades clave pueden variar según el sector y la naturaleza de la cadena productiva, pero en general incluyen:

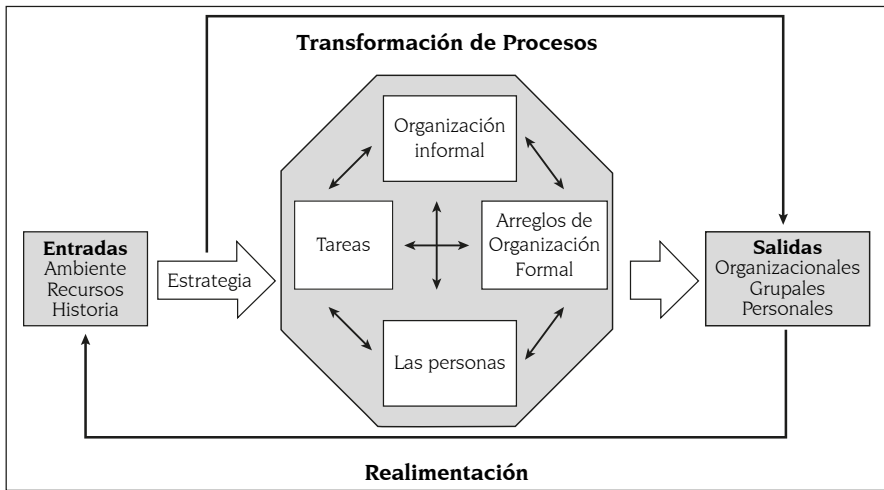
- Diseño y desarrollo de productos: habilidades en ingeniería, diseño industrial y tecnología de la información para desarrollar productos innovadores que cumplan con las necesidades y expectativas de los clientes.
- Producción y operaciones: conocimientos en procesos productivos, tecnología de la maquinaria, logística y gestión de la calidad para garantizar la eficiencia y efectividad en la producción.
- Gestión de la cadena de suministro: habilidades en gestión de proveedores, adquisiciones, inventario y logística para asegurar la disponibilidad de materias primas y componentes en el momento y lugar adecuado.
- Marketing y ventas: habilidades en investigación de mercado, análisis de datos, *branding*, publicidad y promoción para identificar las necesidades de los clientes y desarrollar estrategias de venta efectivas.
- Gestión de recursos humanos: habilidades en selección, entrenamiento y desarrollo de personal, así como en la gestión del clima laboral y la motivación para asegurar un ambiente laboral saludable y productivo.

- Gestión financiera: habilidades en finanzas, contabilidad, presupuesto y análisis de inversiones para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad financiera de la empresa.
- Innovación y desarrollo tecnológico: habilidades en investigación y desarrollo para identificar oportunidades de mejora en la cadena productiva y aplicar tecnologías avanzadas que permitan incrementar la eficiencia y calidad de los procesos y productos.

1.4. Modelo de congruencia del comportamiento organizacional

El modelo de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1980) es una teoría que sostiene que para que una organización sea efectiva, es necesario que exista un equilibrio o congruencia entre los distintos componentes que conforman la organización. Según este modelo, una organización efectiva se caracteriza por una serie de elementos que están en armonía entre sí, tales como la estrategia, la estructura, los procesos y las personas (véase la figura 1).

Figura 1. Modelo de congruencia organizacional



Fuente: Nadler y Tushman (1980).

En primer lugar, la estrategia se refiere a la dirección y el enfoque que la organización ha definido para alcanzar sus objetivos. Esta estrategia debe ser coherente con la estructura de la organización, que se refiere a cómo se organiza la empresa y cómo se distribuyen las tareas y responsabilidades. Además, la estrategia y la

estructura deben estar en línea con los procesos de la organización, que se refieren a las actividades que se realizan para producir bienes o servicios. Por último, todos estos elementos deben estar en consonancia con las personas que trabajan en la organización, incluyendo su cultura, valores y habilidades.

El modelo de congruencia organizacional sostiene que la efectividad de una organización depende de la alineación adecuada entre estos cuatro elementos, y que cualquier desalineación o falta de congruencia puede tener consecuencias negativas para la organización. Por ejemplo, una estrategia mal diseñada puede no estar en línea con la estructura de la organización, lo que puede generar conflictos y confusiones en cuanto a las responsabilidades de cada persona o departamento. De igual manera, una cultura organizacional que no esté alineada con la estrategia o la estructura puede generar resistencias al cambio y dificultar la implementación de nuevas iniciativas.

En resumen, el modelo de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1980) sostiene que para que una organización sea efectiva, es necesario que exista un equilibrio o congruencia entre los distintos componentes que conforman la organización. Estos elementos incluyen la estrategia, la estructura, los procesos y las personas, y deben estar en armonía para garantizar la eficacia y el éxito de la organización.

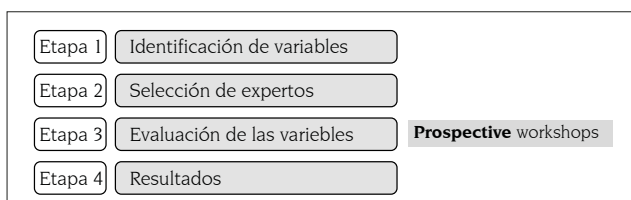
La investigación y el desarrollo son fundamentales para la innovación en las cadenas productivas, ya que permiten la identificación de nuevas oportunidades de negocio, la optimización de los procesos productivos, la mejora de la calidad de los productos y servicios, y la reducción de costos, entre otros aspectos clave para la competitividad de una empresa o sector productivo. En Colombia, la inversión en investigación y desarrollo ha venido creciendo en los últimos años, aunque aún se encuentra por debajo de los niveles de otros países de la región y del mundo (OCDE, 2005).

En resumen, la inversión en investigación y desarrollo es fundamental para la innovación en las cadenas productivas en Colombia y puede ser una herramienta clave para superar las dificultades que enfrentan las empresas en cualquier sector. Es necesario que se siga fomentando y promoviendo la inversión en investigación y desarrollo en el país, para fortalecer la competitividad de las empresas y contribuir al desarrollo económico y social de Colombia.

2. METODOLOGÍA

Entendiendo que las cadenas productivas en Colombia deben adaptarse a nuevas formas productivas más eficientes, este artículo propone una metodología de selección de las variables para la medición de las capacidades de innovación tecnológica compuesta por cuatro etapas, en donde a partir de la formulación de los desafíos de las cadenas productivas se busca determinar aquellas variables con mayor nivel de importancia para la medición de sus capacidades en cualquier entorno productivo (véase la figura 2).

Figura 2. Metodología



Fuente: elaboración propia (2023).

Etapa 1: Identificación de las variables. En esta etapa se definieron las variables para la medición de las capacidades tecnológicas de acuerdo con lo propuesto por (Hafeez *et al.*, 2002), donde se definen las capacidades clave de cualquier organización, definiendo así seis dimensiones: capacidades de investigación, capacidades de desarrollo, capacidades de difusión, capacidades de intermediación, capacidades de producción y capacidades de mercadeo. Y las variables de cada una de las dimensiones se definieron a partir del modelo de congruencia organizacional de Nadler y Tushman (1980) aplicado a las organizaciones productivas colombianas.

Etapa 2: Selección de expertos. Teniendo en cuenta las dimensiones planteadas y las variables identificadas en la etapa anterior, se seleccionaron cinco personas expertas vinculadas con la gestión organizacional en el sector productivo colombiano, quienes a partir de su conocimiento, experiencia y trabajo tenían la capacidad de emitir juicios de valor respecto a las variables identificadas.

Etapa 3: Evaluación de las variables. Los expertos evaluaron cada una de las variables de las seis dimensiones. Para esto se utilizó una herramienta de trabajo colaborativo, llamada Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015). A través de esta herramienta cada uno de los expertos pudo evaluar la relevancia, coherencia y pertinencia de cada una de las variables a fin de medir las capacidades tecnológicas para la innovación en cadenas productivas colombianas, en una escala de 1 a 5, donde 5 representaba la mayor calificación posible.

Etapa 4: Resultados. En la etapa final se revisaron las opiniones emitidas por cada uno de los expertos y se eliminaron las ideas que no presentaban relevancia, coherencia o pertinencia para medir las capacidades tecnológicas, es decir, aquellas variables que luego de la evaluación de los expertos lograron una calificación promedio menor a 4.

3. RESULTADOS

Las cadenas productivas en Colombia representan un desafío para la medición de sus capacidades. Los resultados de la evaluación de las variables identificadas por cada una de las dimensiones por parte de los expertos evidencia las necesidades del sector productivo en cuanto a la medición de sus capacidades para investigar y desarrollar nuevos productos, generar nuevo conocimiento que pueda ser difundido y transmitido a sus empleados y a la comunidad en general, producir y vender sus productos innovadores en el mercado, facilitando oportunidades para la industria.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los expertos en cuanto a la relevancia, coherencia y pertinencia de cada una de las variables en sus dimensiones. Luego se detallan aquellas variables que representan mayor oportunidad y pueden servir como fundamento para la definición de las variables que permiten la medición de las capacidades tecnológicas en cualquier sector productivo del país.

3.1. Variables para la medición de las capacidades de investigación

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de investigación en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 3.

Figura 3. Evaluación de variables para la medición de capacidades de investigación

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Desarrollo de actividades de investigación	5	5	5
2 - Espacios para la generación de nuevas ideas	5	5	5
3 - Área de investigación	4	4	4,5
4 - Inversión en investigación	5	5	5
5 - Generación de ideas con agentes externos	4,5	4,5	4,5
6 - Nivel académico de los investigadores	5	4,5	5
7 - Identificación de oportunidades y amenazas del sector	5	5	5
8 - Herramientas para realizar investigaciones	4,5	5	4,5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de las capacidades de investigación son el desarrollo de actividades de investigación, la disposición de espacios para la generación de nuevas ideas, el porcentaje de inversión de las empresas en actividades de investigación y la identificación de oportunidades y amenazas del sector productivo. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de investigación (véase la tabla 2).

Tabla 2. Variables para la medición de capacidades de investigación

Variable	Criterio de medición
Desarrollo de las actividades de investigación	Número de actividades enfocadas en la investigación para la generación de nuevo conocimiento.
Espacios para la generación de nuevas ideas	Número de espacios físicos o virtuales determinados para la generación de ideas por parte de los colaboradores y el equipo de investigación.
Área de investigación	Existe un área/equipo/departamento encargado de llevar a cabo las actividades de investigación.
Inversión en investigación	Porcentaje del presupuesto invertido en actividades de investigación.
Generación de ideas con agentes externos	Número de colaboraciones externas para el desarrollo de actividades de investigación.
Nivel académico de los investigadores	Nivel de estudios de las personas encargadas de desarrollar las actividades de investigación.
Identificación de oportunidades y amenazas del sector	Definición de procesos para la identificación y constante vigilancia de las oportunidades y amenazas del sector productivo.
Herramientas para realizar investigaciones	Número de herramientas (equipos y <i>software</i>) utilizados para llevar a cabo las actividades de investigación.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

3.2. Variables para la medición de las capacidades de desarrollo

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de desarrollo en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 4.

Figura 4. Evaluación de variables para la medición de las capacidades de desarrollo

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Criterios para el desarrollo de productos/servicios	5	5	5
2 - Área para el desarrollo de nuevos productos/servicios	5	5	5
3 - Técnicas y herramientas para el desarrollo de nuevos productos/servicios	5	5	5
4 - Criterios para la evaluación de los desarrollos	5	5	5
5 - Participación de la dirección en el desarrollo de nuevos productos/servicios	4.5	4.5	5
6 - Inversión en desarrollo experimental	5	5	5
7 - Frecuencia de nuevos desarrollos	5	5	4.5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de capacidades de desarrollo son los criterios para el desarrollo de nuevos productos o servicios. A partir de ideas investigadas, el área o departamento encargado del desarrollo de nuevos productos, las técnicas y herramientas utilizadas en las actividades de desarrollo, los criterios con los que se evalúan los desarrollos y el porcentaje de inversión de las empresas en el desarrollo experimental. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de desarrollo (véase la tabla 3).

Tabla 3. Variables para la medición de capacidades de desarrollo

Variable	Criterio de medición
Criterios para el desarrollo de productos/servicios	Definición de procesos para la evaluación de la viabilidad del desarrollo de productos/servicios.
Área para el desarrollo de nuevos productos/servicios	Existe un área/equipo/departamento encargado de llevar a cabo las actividades de desarrollo de los productos/servicios.
Técnicas y herramientas para el desarrollo de nuevos productos/servicios	Número de técnicas y herramientas (equipos, procesos, <i>software</i>) utilizados para llevar a cabo las actividades de desarrollo.
Criterios para la evaluación de los desarrollos	Definición de procesos para la evaluación de los desarrollos realizados.
Participación de la dirección en el desarrollo de nuevos productos/servicios	Nivel de participación de líderes, directores, gerentes y propietarios en el desarrollo de nuevos productos/servicios.
Inversión en desarrollo experimental	Porcentaje del presupuesto invertido en actividades de desarrollo experimental.
Frecuencia de nuevos desarrollos	Número de desarrollos realizados en un año de operación.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

3.3. Variables para la medición de las capacidades de difusión

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de difusión en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 5.

Figura 5. Evaluación de variables para la medición de capacidades de difusión

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Identificación del conocimiento existente	5	5	5
2 - Herramientas y técnicas para el almacenamiento de la información	5	5	5
3 - Mecanismos para difundir la información	5	5	5
4 - Área para la difusión de la información	3.5	4	4.5
5 - Adquisición de conocimiento externo	4.5	5	4.5
6 - Análisis y vigilancia del sector	5	5	5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de las capacidades de difusión son la identificación del conocimiento existente, las herramientas y técnicas para almacenar la información y el conocimiento, los mecanismos utilizados para difundir la información y el análisis y vigilancia del sector productivo. En cuanto a la relevancia de tener un área o departamento encargado de difundir la información, no se evidencia como una variable determinante para medir la capacidad de difusión y por esta razón no se toma en cuenta. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de difusión (véase la tabla 4).

Tabla 4. Variables para la medición de capacidades de difusión

Variable	Criterio de medición
Identificación del conocimiento existente	Definición de procesos para la gestión del conocimiento existente, donde se puedan encontrar investigaciones y desarrollos de la empresa.
Herramientas y técnicas para el almacenamiento de la información	Número de herramientas y técnicas (equipos, procesos, <i>software</i>) utilizados para llevar a cabo las actividades de almacenamiento de información.
Mecanismos para difundir la información	Definición de procesos y herramientas (equipos y programas) para difundir la información de forma interna y externa a la empresa.
Área para la difusión de la información	Existe un área/equipo/departamento encargado de llevar a cabo las actividades de difusión de la información.

Variable	Criterio de medición
Adquisición de conocimiento externo	Porcentaje del presupuesto invertido en adquisición de conocimiento externo, no generado en el interior de la empresa.
Análisis y vigilancia del sector	Definición de procesos para el análisis y la vigilancia a los competidores del sector productivo al cual pertenece la empresa.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

3.4. Variables para la medición de las capacidades de intermediación

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de intermediación en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 6.

Figura 6. Evaluación de variables para la medición de las capacidades de intermediación

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Mecanismos para el desarrollo de actividades de colaboración	4.5	4.5	4.5
2 - Actividades de colaboración internas	5	5	5
3 - Actividades de colaboración externas	5	5	5
4 - Personas encargadas de desarrollar actividades de colaboración	5	5	5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de capacidades de intermediación son las actividades de colaboración internas y externas de las empresas, y las personas encargadas de llevar a cabo todas las actividades de colaboración para la generación de nuevo conocimiento. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de intermediación (véase la tabla 5).

Tabla 5. Variables para la medición de las capacidades de intermediación

Variable	Criterio de medición
Mecanismos para el desarrollo de actividades de colaboración	Definición de procesos para el desarrollo colaborativo de investigación y desarrollo de productos (incluyendo proveedores, agentes de la cadena productiva, gobierno, particulares y universidades).
Actividades de colaboración internas	Número de actividades de investigación y desarrollo en colaboración con diferentes equipos de la empresa.

Variable	Criterio de medición
Actividades de colaboración externas	Número de actividades de investigación y desarrollo en colaboración con entidades gubernamentales, entidades particulares y universidades.
Personas encargadas de desarrollar actividades de colaboración	Número de personas encargadas de desarrollar actividades de colaboración al interior de la empresa.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

3.5. Variables para la medición de las capacidades de producción

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de producción en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 7.

Figura 7. Evaluación de variables para la medición de las capacidades de producción

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Área de producción	5	5	5
2 - Número de personas en el área de producción	4	5	5
3 - Nivel académico de las personas del área de producción	4	4.5	4.5
4 - Capacitaciones y actualizaciones	5	5	5
5 - Normas técnicas del proceso de producción	5	5	5
6 - Colaboración externa en procesos de mejora	4.5	5	5
7 - Mantenimiento de maquinaria y equipos	5	5	5
8 - Análisis de tecnologías de producción de los competidores	5	5	5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de capacidades de producción son el área o departamento encargado de la producción, las capacitaciones que se entreguen a las personas encargadas de la producción, las normas técnicas de los procesos de producción, el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y el análisis de las tecnologías de producción de los competidores. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de producción (véase la tabla 6).

Tabla 6. Variables para la medición de capacidades de producción

Variable	Criterio de medición
Área de producción	Existe un área/equipo/departamento encargado de llevar a cabo las actividades de producción.
Número de personas en el área de producción	Número de personas encargadas de desarrollar las actividades de producción.
Nivel académico de las personas en el área de producción	Nivel de estudios de las personas encargadas de la producción.
Capacitaciones y actualizaciones	Número de capacitaciones y estudios realizado en el periodo de un año por parte de las personas encargadas de la producción de la empresa.
Normas técnicas del proceso de producción	Definición de las normas técnicas del proceso de producción de la empresa.
Colaboración externa en procesos de mejora	Número de colaboraciones con agentes externos a la empresa enfocadas en mejorar los procesos de producción.
Mantenimiento de maquinaria y equipos	Número de mantenimientos preventivos y correctivos realizados en el periodo de un año a las máquinas y equipos utilizados en los procesos de producción.
Análisis de tecnologías de producción de los competidores	Definición de procesos de análisis y vigilancia de las tecnologías de producción utilizadas por los competidores del sector productivo.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

3.6. Variables para la medición de las capacidades de mercadeo

La evaluación de los expertos respecto a las variables para la medición de las capacidades de mercadeo en cadenas productivas se puede evidenciar en la figura 8.

Figura 8. Evaluación de variables para la medición de las capacidades de mercadeo

	Relevancia	Coherencia	Pertinencia
1 - Plan de mercadeo y ventas	5	5	5
2 - Análisis de competidores para el desarrollo de nuevos mercados	5	5	5
3 - Área de mercadeo y ventas	4.5	5	5
4 - Actividades de promoción	5	5	5
5 - Actividades de comercialización	5	5	5
6 - Productos innovadores	5	5	5
7 - Trabajo conjunto con los clientes	4.5	5	4.5

Fuente: Prospective Workshops (Bourse y Godet, 2015).

De acuerdo con los resultados de la evaluación, las variables que mayor peso de relevancia, coherencia y pertinencia tienen para la medición de capacidades de mercadeo son el plan de mercadeo y ventas de la empresa, el análisis de los competidores para el desarrollo de nuevos mercados con oportunidad, las actividades de promoción de productos innovadores para la industria, las actividades de comercialización para la difusión de los productos, y el número de productos innovadores desarrollados y aceptados por el mercado. A continuación, se definen las variables que se deben tener en cuenta para medir las capacidades de mercadeo (véase la tabla 7).

Tabla 7. Variables para la medición de las capacidades de mercadeo

Variable	Criterio de medición
Plan de mercadeo y ventas	Definición del plan de mercadeo donde se especifiquen los objetivos y estrategias que busca perseguir la empresa con la venta de sus productos/servicios.
Análisis de competidores para el desarrollo de nuevos mercados	Definición de los procesos de análisis y vigilancia de los competidores del sector en cuanto a productos/servicios ofrecidos en el mercado.
Área de mercadeo y ventas	Existe un área/equipo/departamento encargado de llevar a cabo las actividades de mercadeo y ventas.
Actividades de promoción	Número de actividades enfocadas en promocionar los productos/servicios indicados en el mercado adecuado.
Actividades de comercialización	Número de actividades enfocadas en comercializar y vender los productos/servicios indicados en el mercado adecuado.
Productos innovadores	Número de productos aceptados por el mercado.
Trabajo conjunto con los clientes	Definición de procesos enfocados en obtener información de los clientes respecto al uso de los productos/servicios adquiridos.

Fuente: elaborado por el autor (2023).

4. CONCLUSIONES

Los desafíos de las cadenas productivas en Colombia no solo se ven representados en las oportunidades de crecimiento y desarrollo económico, sino también en las dificultades que estas empresas pueden presentar a la hora de realizar un proceso de medición de sus capacidades tecnológicas para la innovación. Por lo tanto, el proceso de medición de las capacidades debe llevar implícito un proceso de contextualización y adaptación para cada una de las comunidades involucradas en los procesos productivos; en él se debe llevar el conocimiento técnico a un nivel

que facilite la comprensión por parte de los agentes, así como desarrollar un proceso de medición que resulte efectivo para las empresas y comunidades a su alrededor.

La medición de las capacidades de innovación tecnológica en las cadenas productivas de Colombia es crucial para identificar las fortalezas y debilidades de las empresas y sectores productivos en términos de innovación. Esta evaluación permite diseñar estrategias y políticas dirigidas a fortalecer las capacidades de innovación y mejorar la competitividad en el país. La innovación se ha reconocido como una herramienta fundamental para mejorar la productividad y el bienestar social, por lo que es necesario contar con indicadores y métricas que permitan evaluar y monitorizar el progreso en este ámbito.

La investigación y el desarrollo para la innovación en Colombia se enfrentan a limitaciones tanto formales como informales. Para superar estos obstáculos, es esencial contar con mediciones precisas y fiables de las capacidades de innovación tecnológica en las cadenas productivas. Estas mediciones proporcionan información valiosa para la toma de decisiones estratégicas y la asignación de recursos, así como para la identificación de oportunidades y amenazas en el entorno empresarial. La medición de las capacidades de innovación tecnológica es un paso fundamental para impulsar el crecimiento y desarrollo económico del país en un entorno globalizado y altamente competitivo.

Al considerar las particularidades de cada sector, se logra una evaluación más precisa y personalizada de las capacidades de innovación tecnológica. Esto permite identificar áreas de mejora específicas y diseñar estrategias y políticas adaptadas a las necesidades de cada sector. Además, contextualizar las variables de medición en cada sector facilita la identificación de oportunidades y amenazas específicas, lo que contribuye a la toma de decisiones informadas y al fortalecimiento de la competitividad en cada cadena productiva.

REFERENCIAS

- Adler, P. S., y Shenhar, A. (1990). Adapting Your Technological Base: The Organizational Challenge. *Sloan Management Review*, 32(1), 26-28.
- Álvarez, D. (2018). Innovación y desarrollo empresarial en Colombia: ¿Una relación sinérgica? Banco de la República, Documentos de trabajo sobre economía regional, No. 273. <https://repositorio.banrep.gov.co/collections/bdf4ae9a-77ab-41a9-ad07-5f5f9651ba77>
- Arrow, K. J. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economics Studies*, 29(3), 155-173. <https://www.jstor.org/stable/2295952>

- Bourse, F., y Godet, M. (2015). Prospective Workshops. <https://www.prospectiveworkshops.com/es/authentication/authentication/login>
- Cárdenas, M., Puentes, S., y Sánchez, F. (2017). La innovación en Colombia: Un análisis desde la encuesta de innovación. Documentos de trabajo sobre economía regional, No. 259. <https://www.banrep.gov.co/es/documentos-de-trabajo-economia-regional-y-urbana>
- Cilleruelo, E., Sánchez, F., y Etxebarria, M. B. (2008). Compendio de definiciones del concepto "innovación" realizadas por autores relevantes. Dirección y organización: Revista de Dirección, Organización y Administración de empresas, 61-68.
- Cooke, P. (2001). Sistemas de innovación regional: conceptos, análisis y tipología, Sistemas regionales de innovación. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Core competence for sustainable competitive advantage: A structured methodology for identifying core competence. IEEE Transactions on Engineering Management, 49(1), 28-35. <https://doi.org/10.1109/17.985745>
- Kim, L. (1998). Crisis Construction and Organizational Learning: Capability Building in Catching-up at Hyundai Motor. Organization Science, 9(4), 506-521. <http://www.jstor.org/stable/2640276>
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. World Development, 20(2), 165-186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)
- Lundvall, B.-A. (1992). National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London - Nueva York.
- Morales Rubiano, M. E. y Peláez Parada, N. S. (2002). El estudio de la cadena productiva del fique. Innovar, 1(20), 121-134. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/24367>
- Nadler, D., y Tushman, M. (1980). A model for diagnosing organizational behavior. Organizational Dynamics, 9(2), 35-51.
- Nelson, R., y Winter, S. (1982). An evolutionary theory of economic change. Cambridge: Harvard University Press.
- Ocampo, J. A., y Parra, M. (2018). Políticas de ciencia, tecnología e innovación en Colombia: ¿un cambio de rumbo? Ensayos Sobre Política Económica, 36(85), 1-24. <https://doi.org/10.32468/Espe>
- OCDE (2005). The measurement of scientific and technological Activities. Proposed guidelines for Collecting and interpreting technological innovation data. Oslo manual. European Commission. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5889925/OSLO-EN.PDF>
- Pavón, J., y Goodman, R. (1981). Proyecto Modeltec. La planificación del desarrollo tecnológico. Madrid: CDTI-CSIC.
- Quintero, S., Orjuela Garzón, W. A., & Escobar, J. F. (2022). Medición y evaluación de las capacidades de innovación tecnológica: una revisión crítica de la literatura. Revista CEA, 8(18), e2499. <https://doi.org/10.22430/24223182.2499>
- Rivera, M. A., & Caballero, R. (2003). Los sistemas de innovación nacionales y la teoría del desarrollo. Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, 34(134), 9-31. <https://www.redalyc.org/pdf/118/11825944002.pdf>

- Rosenberg, N. (1982). *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schumpeter, J. (1961). *The theory of economic development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Serrano, J., y Robledo, J. (2013). Variables para la medición de las capacidades de innovación tecnológica en instituciones universitarias. *Revista Ciencias Estratégicas*, 22(30), 267-284. <https://www.redalyc.org/pdf/1513/151331487006.pdf>
- Solé, F., y Martínez, J. J. (2003). La innovación tecnológica posible. El camino de las pymes hacia la competitividad. *Innovación tecnológica en las organizaciones*, 35-42.
- Viotti, E. (2002). National Learning Systems: A new approach on technological change in late industrializing economies and evidence from the cases of Brasil and South Korea. *Technological Forecasting y Social Change*. 69(7), 653-680.