

Análisis comparativo de las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana, 2006-2014. Una revisión a partir de la metodología de clases latentes

COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION CAPABILITIES IN THE COLOMBIAN MANUFACTURING INDUSTRY, 2006-2014. A REVIEW BASED ON THE LATENT CLASS ANALYSIS METHOD

ABSTRACT: This work presents a latent class analysis for understanding the evolution of innovation capabilities in the Colombian manufacturing industry, following the premises of the resource-based approach. This analysis used data from the Technological Innovation and Development Survey (EDIT, in Spanish) for the period 2006-2014, provided by Colombian companies within this sector. Findings show a trend of low levels in the acquisition of capabilities for the five capabilities studied. Based on these results, the need to establish strategies that allow the manufacturing industry to improve its capabilities becomes clear. Similarly, it is suggested to review the frameworks that underlie existing measurement instruments in order to strengthen the information required for strategic decision-making regarding innovation within the business and government sphere.

KEYWORDS: Colombia, latent class analysis, manufacturing industry, technological innovation capabilities.

ANÁLISE COMPARATIVA DAS CAPACIDADES DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DA INDÚSTRIA MANUFATUREIRA COLOMBIANA, 2006-2014. UMA REVISÃO A PARTIR DA METODOLOGIA DE CLASSES LATENTES

RESUMO: neste trabalho, é realizada uma análise de classes latentes, com o objetivo de contribuir para a compreensão da evolução das capacidades de inovação da indústria manufatureira colombiana, seguindo os princípios da visão baseada em recursos. Esta análise foi aplicada sobre os dados das Pesquisas de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica, no período 2006-2014, realizada com as empresas da indústria manufatureira colombiana. Entre os resultados encontrados, destaca-se uma tendência de empresas que apresentam baixos níveis na aquisição de capacidades, comportamento similar para as cinco capacidades analisadas. Com base nesses resultados, é evidenciada a necessidade de estabelecer estratégias que permitam a indústria manufatureira melhorar suas capacidades; além disso, sugere-se a revisão dos referenciais que fundamentam os instrumentos de medição para fortalecer a informação que permita a tomada de decisão estratégica em inovação no âmbito empresarial e governamental.

PALAVRAS-CHAVE: análise de classes latentes, capacidades de inovação tecnológica, Colômbia, indústria manufatureira.

ANALYSE COMPARATIVE DES CAPACITÉS D'INNOVATION TECHNOLOGIQUE DE L'INDUSTRIE MANUFACTURIÈRE COLOMBIENNE, 2006-2014. UNE REVUE BASÉE SUR LA MÉTHODOLOGIE DES CLASSES LATENTES

RÉSUMÉ: Dans ce travail on conduit une analyse des classes latentes, afin de contribuer à la compréhension de l'évolution des capacités d'innovation de l'industrie manufacturière colombienne, tout en suivant les prémisses de la vision basée sur les ressources. Cette analyse a été appliquée aux données de l'Enquête sur le Développement et l'Innovation Technologiques (EDIT), sur la période 2006-2014, et menée auprès des entreprises de l'industrie manufacturière colombienne. Parmi les résultats constatés, on vérifie une tendance des entreprises qui présentent de faibles niveaux d'acquisition de capacités, un comportement qui est semblable pour les cinq (5) capacités analysées. Sur la base de ces résultats, la nécessité d'établir des stratégies permettant à l'industrie manufacturière d'améliorer ses capacités est évidente; de même, on a suggéré de revoir les cadres qui sous-tendent les instruments de mesure pour renforcer les informations qui permettent la prise de décision stratégique en matière d'innovation dans le domaine des entreprises et du gouvernement.

MOTS-CLÉ: analyse de classes latentes, capacités d'innovation technologique, Colombie, industrie manufacturière.

CITACIÓN: Gómez Rodríguez, M. E., Villalba, M. L., & Pérez Valencia, D. M. (2020). Análisis comparativo de las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana, 2006-2014. Una revisión a partir de la metodología de clases latentes. *Innovar*, 30(77), 93-106. <https://doi.org/10.15446/innovar.v30n77.87451>

CLASIFICACIÓN JEL: D21, O14, O32

RECIBIDO: 11 de abril de 2018. **APROBADO:** 31 de enero de 2019.

DIRECCIÓN DE CORRESPONDENCIA: María Luisa Villalba. Calle 31 # 81 A 51 Apto 412, Medellín. Colombia.

María Elisa Gómez Rodríguez

Ph.D. (c) en Estudios Organizacionales

Docente Ocasional, Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Medellín, Colombia.

Grupo de investigación de ciencias administrativas

Rol de la autora: intelectual

elisagomez@itm.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-6770-4924>

María Luisa Villalba Morales

Ph.D. (c) en Ingeniería – Industrial y Organizaciones

Docente Hora Cátedra, Instituto Tecnológico Metropolitano
Medellín, Colombia.

Grupo de investigación de ciencias administrativas

Rol de la autora: intelectual

malu25@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9612-2445>

Diana Marcela Pérez Valencia

Ph.D.(c) Matemáticas y Estadística

Docente Ocasional, Universidad de Antioquia

Medellín, Colombia.

Grupo de Investigación Analítica e investigación para la toma de decisiones

dimapeva@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9053-2929>

RESUMEN: En el presente trabajo se realiza un análisis de clases latentes, con el fin de aportar a la comprensión de la evolución de las capacidades de innovación de la industria manufacturera Colombiana, siguiendo las premisas de la visión basada en recursos. Este análisis fue aplicado sobre los datos de las Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT), en el periodo 2006-2014, realizada a las empresas de la industria manufacturera Colombiana. Entre los resultados encontrados, se destaca una tendencia de empresas que presentan bajos niveles en la adquisición de capacidades, comportamiento similar para las cinco (5) capacidades analizadas. Con base en estos resultados se evidencia la necesidad de establecer estrategias que permitan a la industria manufacturera mejorar sus capacidades; de igual forma, se sugiere la revisión de los marcos que fundamentan los instrumentos de medición para fortalecer la información que permita la toma de decisión estratégica en innovación en el ámbito empresarial y gubernamental.

PALABRAS CLAVE: análisis de clases latentes, capacidades de innovación tecnológica, Colombia, industria manufacturera.

* Este artículo fue financiado por el Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM).

Introducción

La globalización y el cambio tecnológico son características que definen la dinámica económica mundial y moldean el comportamiento de las organizaciones que buscan ser innovadoras para así aumentar su competitividad. Esto no significa que innovar sea el único factor de éxito, pero sí un factor de gran importancia, e ignorarlo puede acelerar la salida del mercado (Flor & Oltra, 2005). En ese sentido, y teniendo presente la importancia conferida a la innovación, coexisten diferentes corrientes teóricas que intentan explicar el fenómeno. Aunque aspectos relevantes como la complejidad y el enfoque en capacidades son comunes en las diferentes corrientes, no es posible identificar posiciones unificadas en cuanto a las perspectivas de análisis (Villalba, Robledo, & Builes, 2016).

Una de dichas perspectivas corresponde a la basada en los recursos, que considera las organizaciones como un grupo de recursos tangibles, intangibles y humanos que, unidos a un conjunto de rutinas y habilidades denominadas capacidades (Liu, Baskaran, & Li, 2009), son fuente directa de ventajas competitivas sostenibles (Coombs & Bierly, 2006; Gammeltoft, 2004; Isobe, Makino, & Montgomery, 2008). Esta perspectiva permite el análisis de las denominadas capacidades de innovación tecnológica, las cuales posibilitan que las empresas puedan adaptarse a tecnologías inesperadas, cambiar, desarrollar nuevos productos y utilizar nuevos procesos tecnológicos para satisfacer las necesidades actuales y futuras (Ince, Zeki, & Turkcan, 2016).

Bajo este enfoque se han realizado diferentes análisis a nivel país, como los casos de China (Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Guan & Ma, 2003), México (Domínguez & Brown, 2004), Indonesia (Gammeltoft, 2004), Venezuela (Testa, 2007), Vietnam (Lang, Hsiang, & Nguyen, 2012), Malasia (Taju, 2015), entre otros. Cada uno de estos trabajos pretende aportar al entendimiento de las capacidades de innovación tecnológica y su relación con el desempeño innovador de las empresas manufactureras de dichos países, permitiendo así identificar el nivel general de capacidades de innovación tecnológica de las empresas, sus puntos fuertes y sus debilidades. Estos trabajos fueron realizados a partir de diferentes fuentes de datos de acuerdo con el país. Mientras que algunos aplicaron cuestionarios específicos para el estudio, otros se basaron en las encuestas realizadas a nivel país. Una particularidad de dichos aportes es que se realizaron como máximo en un periodo de tres (3) años, lo que impide poder obtener mayor detalle sobre el comportamiento evolutivo de las capacidades de innovación tecnológica.

No obstante, estas iniciativas han generado contribuciones relevantes que favorecen la identificación de variables

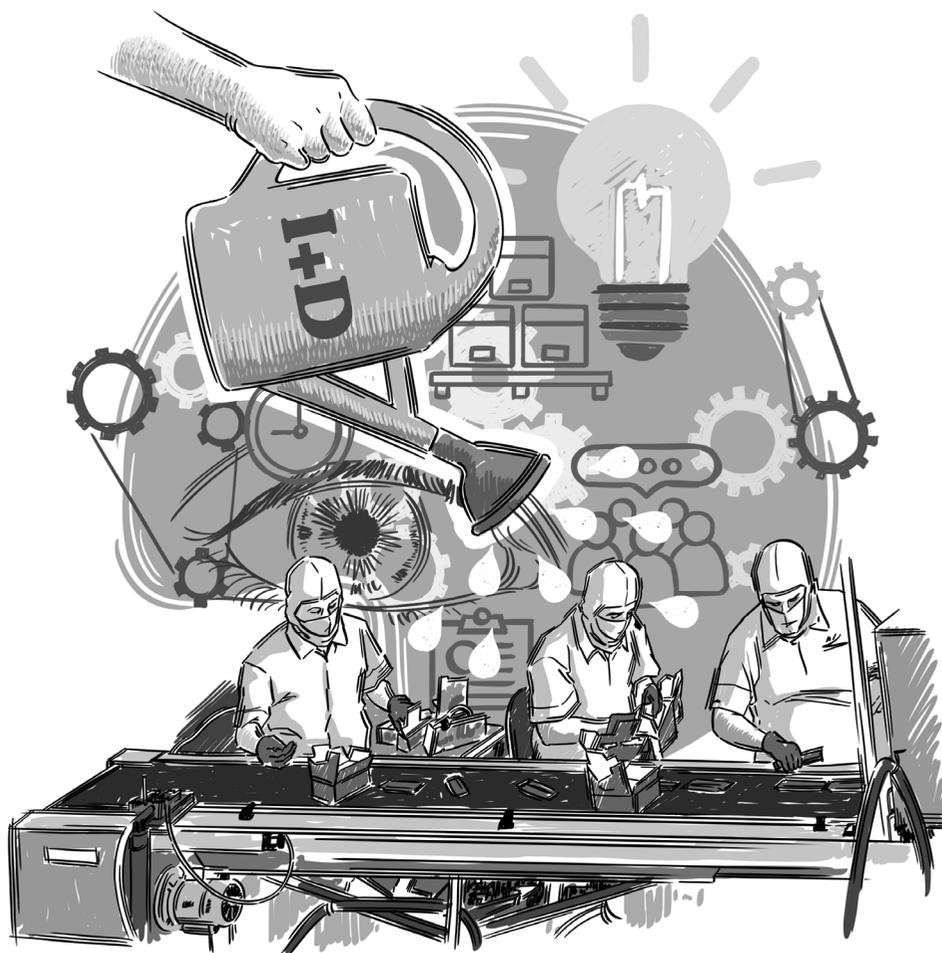
relacionadas con la innovación y la importancia de la perspectiva basada en recursos para la caracterización de capacidades. Por lo tanto, son referentes para realizar estudios en contextos de economías emergentes como el caso de la industria manufacturera colombiana, que ha sido objeto de estudio para algunos investigadores nacionales (Gómez, 2011; Hurtado & Mejía, 2014; Hurtado & Gonzalez, 2015; Gallego & Taborda, 2015), utilizando como máximo dos periodos de análisis.

En el 2014, Manrique, Ardila y Castillo realizaron un estudio que permitió conocer las condiciones de la industria manufacturera colombiana para el 2012, resaltando su composición dada por 22 subsectores, de los cuales 11 tenían una estructura de mercado competitiva, con mejoras en algunos indicadores de competitividad, así como disminución en otros indicadores, tales como el número de empresas. Esta información está por fuera del alcance de los informes emitidos por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) con base en las Encuestas de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT). Dichos informes, posteriores al 2012, indican el aumento de subsectores a más de 50 subsectores (DANE, 2015), pero no otorgan el análisis de competitividad ofrecido por Manrique, Ardila y Castillo (2014).

El pronóstico que tiene la industria es que a futuro no contará con un desarrollo sostenible, producto de la falta de políticas claras, los altos costos por desplazamientos y las altas barreras de entradas (Manrique, Ardila, & Castillo, 2014), ante lo cual se precisa establecer estrategias orientadas a mejorar la competitividad de las organizaciones, y una forma de lograrlo es a través de la innovación, específicamente mejorando la capacidad de las empresas para introducir nuevos productos.

Ante esta situación, se torna relevante realizar estudios que permitan conocer las capacidades de innovación con las que cuenta la industria, de tal manera que se pueda comprender el proceso evolutivo de dichas capacidades. Lo expuesto devela el objetivo del presente trabajo, que consiste en analizar comparativamente las capacidades de innovación de las empresas manufactureras colombianas con base en los resultados de las EDIT entre el 2006 y el 2014, con el ánimo de identificar la dinámica innovadora del sector industrial en el país durante el dicho periodo. El lapso para el estudio se definió de acuerdo a la disponibilidad de información, siendo la encuesta correspondiente al 2014 la más reciente al momento de realizar este trabajo.

En ese sentido, en primer lugar se realiza la conceptualización sobre la perspectiva basada en los recursos y las capacidades de innovación tecnológica como ejes centrales de la investigación; posteriormente, se describe la



metodología utilizada para el análisis de los registros (microdatos) de las encuestas de innovación en Colombia entre el 2006 y el 2014; seguidamente, se realiza el análisis de los resultados encontrados, teniendo en cuenta las bases teóricas y, finalmente, se exponen las conclusiones más sobresalientes con relación al comportamiento de las capacidades de innovación tecnológica.

Capacidades de innovación tecnológica

Las capacidades de innovación se caracterizan por contar con diferentes sustentos teóricos, al igual que diferentes formas de clasificación. En este trabajo, se toma como base la definición y clasificación de las capacidades de innovación siguiendo la perspectiva de los recursos.

La perspectiva de los recursos y capacidades

La perspectiva basada en recursos (RBV, por las siglas del inglés *resource-based view of the firm*) considera las organizaciones como un grupo de recursos tangibles, intangibles y humanos (Wernerfelt, 1984; Grant, 1991), que deben

transformarse en rutinas y habilidades denominadas capacidades (Urueña, Hidalgo, & Arenas, 2016; Liu, Baskaran, & Li, 2009), y son justamente estas las que permiten generar ventaja competitiva sostenible (Coombs & Bierly, 2006; Gammeltoft, 2004; Isobe, Makino, & Montgomery, 2008), gracias a que proporcionan el uso del conocimiento tácito de la organización.

Entre los atributos que caracterizan los recursos se encuentran la dificultad para diagnosticar y replicar por los competidores (Teece, 2014), la heterogeneidad (Barney, 1991) y la dificultad de transferir entre organizaciones (Wu, Chen, & Jiao, 2016). Por lo tanto, las decisiones estratégicas se toman sobre el aprovechamiento de ellos, teniendo en cuenta la existencia o no de estos en la organización y cómo pueden generar capacidades de innovación (Wang & Dass, 2016).

Aunque para algunos autores puede entenderse *recursos* y *capacidades* como equivalentes (Newbert, 2008), existe una inclinación a considerar que la existencia de capacidades se da solo con aquellos recursos que están orientados a mejorar la competitividad y el logro de las metas organizacionales (Makadok, 2001).

Adicionalmente, se puede encontrar en la literatura diversas posiciones sobre el análisis de las capacidades (Villalba, Robledo, & Builes, 2016). Las capacidades de mayor interés son las siguientes: dinámicas (Wu et al., 2016; Lin, Sua, & Higgins, 2016), tecnológicas (Lall, 1992), organizacionales (Serrano, Acevedo, Castelblanco, & Arbeláez, 2017; Urueña, Hidalgo, & Arenas, 2016), de innovación (Wang & Dass, 2016) y de innovación tecnológica (Ince et al., 2016; Cheng, Yam, Mok, & Ma, 2006; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, 2009).

Una vez se profundiza en los diferentes enfoques, se identifican relaciones inherentes entre ellos. Una de ellas corresponde a que un tipo de capacidad se encuentra inmerso en otro. Por ejemplo, las capacidades de innovación tecnológica corresponden a un tipo de capacidad organizacional (Serrano et al., 2017), de las cuales se destacan aspectos como el aprendizaje organizacional y la gestión de recursos. A su vez, las capacidades dinámicas se centran en la integración, el aprendizaje y la reconfiguración de los elementos que componen una organización (Wu et al., 2016). Ante esta discusión, cabe resaltar la importancia que tiene la acumulación de capacidades para lograr la competitividad y la necesidad de definir puntos de análisis claros y coherentes que permitan la adecuada toma de decisiones.

En el caso particular de esta investigación, se trabaja bajo la perspectiva basada en recursos, que puede relacionarse con las capacidades de innovación tecnológica para su posterior medición. Esto es posible por medio de la definición de variables que relacionan los recursos de la organización con dichas capacidades (Camisón & Villar-López, 2014).

Definición y clasificación de las capacidades de innovación tecnológica

De acuerdo con Yam et al. (2010), las capacidades de innovación tecnológica hacen referencia al conjunto de características especiales de una empresa que facilita y soporta la implementación de sus estrategias de innovación tecnológica. En concordancia con su importancia, las capacidades se manifiestan a través de habilidades y conocimientos adquiridos deliberadamente para obtener un mejor desempeño innovador y económico (Yam et al., 2004).

Este enfoque es seguido por autores como Guan y Ma (2003) y Wang et al. (2009), quienes han sido referentes para la realización de estudios específicos y de mayor profundidad, asociados a los tipos de innovación (Camisón & Villar-López, 2014) o la acumulación de capacidades (Villalba et al., 2016).

En la tabla 1 se relacionan algunos trabajos en los que se analizan las capacidades de innovación; algunos de ellos se encuentran alineados con la perspectiva basada en los recursos, tal como se señala en la columna 3. En este sentido, se evidencia el surgimiento de investigaciones basadas en esta perspectiva, que facilita la relación entre los recursos de la organización y las capacidades de innovación.

Como se resalta en la tabla 1, existen algunas clasificaciones para las capacidades de innovación tecnológica que en su mayoría se encuentran alineadas con aspectos funcionales de la organización (Capaldo, Iandoli, Raffa, & Zollo, 2003). Las propuestas de Yam et al. (2004), Guan y Ma (2003), Wang et al. (2009) y Cheng et al. (2006) son

Tabla 1.
Trabajos que contribuyen al entendimiento de capacidades de innovación tecnológica.

Autores	País/Industria	Perspectiva basada en los recursos	Enfoque de capacidades de innovación tecnológica
Cheng y Lin (2012)	NA	No	Propone una clasificación de siete capacidades, teniendo como bases a Yam et al. (2004) y a Guan y Ma (2003), entre otros autores.
Camisón y Villar-López (2014)	España	Sí	Ofrece variables asociadas a las capacidades para generar productos y procesos según Camisón (2004).
Domínguez y Brown (2004)	México	No	Taxonomía de Lall (1992) capacidades de inversión, de producción y de vinculación.
Taju (2015)	Malasia/Industria automotriz	Sí	Clasificación de las capacidades de innovación tecnológica en siete subcapacidades según Yam et al. (2004), Guan y Ma (2003) y Wang et al. (2009).
Lang et al. (2012)	Vietnam	No	
Serrano et al. (2017)	Colombia/Instituciones de Educación Superior	No	
(Gómez, 2011)	Colombia	Sí	
Ince et al. (2016)	NA	No	

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes citadas.

las de mayor relevancia para el presente ejercicio, puesto que permiten relacionar las capacidades de innovación tecnológica con aspectos y recursos concretos de la organización, de tal manera que estos puedan ser medibles y observables a través de variables cualitativas y cuantitativas presentes en las EDIT, fuente vital de información para el presente ejercicio.

Las siete capacidades mencionadas previamente son las siguientes:

1. **Capacidad de aprendizaje.** Está en la habilidad de una organización para identificar, asimilar y explotar el conocimiento del entorno (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2010).
2. **Capacidad de I+D.** Se refiere a la habilidad de una organización para integrar la estrategia de I+D, implementar proyectos, gestionar el portafolio de proyectos y adquirir experiencia en I+D (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).
3. **Capacidad de gestión de recursos.** Es la habilidad para adquirir y asignar apropiadamente capital, experiencia y tecnología en procesos de innovación (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).
4. **Capacidad de producción.** Se refiere a la habilidad para transformar los resultados de I+D en productos o mejoras en la calidad de estos, de tal manera que cumplan con las necesidades del mercado y que puedan ser fabricados de acuerdo con los requerimientos de diseño (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).
5. **Capacidad de mercadeo.** Son las habilidades de la empresa para publicitar y vender los productos sobre la base del entendimiento de las necesidades de los consumidores, la posición de la competencia, los costos, los beneficios y la aceptación de la innovación (Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).
6. **Capacidad de organización.** Se refiere a la capacidad de una empresa para asegurar mecanismos de organización y armonía, cultivando la cultura organizacional y la adopción de buenas prácticas de gestión (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).
7. **Capacidad de planeación estratégica.** Es la capacidad de una empresa de identificar las fortalezas y debilidades internas y externas, oportunidades y amenazas, formular planes de acuerdo con la visión y misión empresarial, así como ajustar el plan para su implementación (Cheng et al., 2006; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004).

La innovación de la industria manufacturera colombiana

El DANE, en el marco de su función misional, ha venido aportando al entendimiento de la actividad innovadora de la industria manufacturera colombiana, a través de la producción y divulgación de información relevante que permite la caracterización de las actividades de desarrollo tecnológico e innovación en la economía del país. Esto lo hace desde 1996, mediante la aplicación de la EDIT a nivel nacional, que recoge información de un número relevante de empresas.

Generalidades de la EDIT

La EDIT se realiza en Colombia con el objetivo de "Caracterizar la dinámica tecnológica y las actividades de innovación y desarrollo tecnológico en las empresas del sector industrial colombiano" (DANE, 2015, p. 5) con un periodo de estudio de dos años. El diseño, aplicación y análisis de la encuesta se encuentra bajo la responsabilidad del DANE. La primera encuesta fue realizada en 1996 y para, el 2015, se han realizado siete (7) aplicaciones. En la tabla 2 se muestran los detalles de las encuestas.

La primera y segunda encuesta están separadas por nueve años y, a partir de la segunda, se ha venido aplicado periódicamente, con el fin de cubrir el espectro entre el 2003 y el 2014. De acuerdo con las preguntas realizadas y las modificaciones en las diferentes versiones de la encuesta, se dispone de información comparable a partir de la tercera encuesta, lo que cubre el periodo 2006-2014, que es el objeto de análisis para este artículo. No obstante, es necesario especificar que existen modificaciones entre las diferentes versiones de las encuestas, tal como se especifica en la columna 5 de la tabla 2, lo que hace posible la existencia de algunas preguntas (variables) para unos periodos, inexistentes en otros.

Tabla 2.
Detalles de las encuestas EDIT.

N.º	Año de aplicación	Periodo de estudio	N.º de empresas encuestadas	Rediseño	Fuente
1	1996	1994-1996	885	NA	DANE (2005)
2	2005	2003-2004	6.172	Sí	DANE (2005)
3	2007	2005-2006	6.080	No	DANE (2010)
4	2010	2007-2008	7.683	Sí	DANE (2011)
5	2011	2009-2010	8.643	No	DANE (2012)
6	2012	2011-2012	9.137	Sí	DANE (2013)
7	2015	2013-2014	8.835	Sí	DANE (2015)

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la estructura de las encuestas, estas se encuentran divididas en seis capítulos: 1) Innovación y su impacto en la empresa, 2) Inversión en actividades científicas, tecnológicas y de innovación, 3) Financiamiento de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, 4) Personal ocupado promedio en las actividades científicas, tecnológicas y de innovación, 5) Relaciones con los actores del sistema nacional de CTel, y 6) Propiedad Intelectual, certificaciones de calidad, normas técnicas y reglamentos técnicos (DANE, 2017).

Análisis a partir de la EDIT

El principal resultado de la aplicación de las EDIT en Colombia corresponde a los informes que emite el DANE posteriores a la aplicación de cada una de sus versiones. Estos informes, algunos a modo de boletín de prensa, muestran los resultados aglomerados de las empresas encuestadas. Dichos resultados, al igual que los detalles del diseño de la operación estadística, son de acceso público conservando los respectivos mecanismos que garanticen la confidencialidad de los datos.

De los informes generados por el DANE, se obtiene una caracterización de la industria manufacturera a través del análisis de 15 indicadores (DANE, 2017) en relación con:

- 1) La actividad de desarrollo e innovación tecnológica;
- 2) El monto invertido en el período de referencia;
- 3) El personal ocupado en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (ACTI) por tipo de vinculación, por área o departamento, por nivel educativo y por tipo de capacitación;
- 4) Los objetivos y resultados de la innovación;
- 5) Las fuentes de ideas de la innovación;
- 6) La fuente y valor de la financiación de la innovación;
- 7) Los registros de propiedad de la empresa y certificaciones de producto y proceso. (DANE, 2017, p. 12)

Para el último periodo analizado (2013-2014), se encontró lo siguiente:

0,1% de las empresas se clasificaron como innovadoras en sentido estricto, 19,3% como innovadoras en sentido amplio, 3,8% como potencialmente innovadoras y 76,8% se clasificaron como no innovadoras. La inversión en Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación (ACTI) de las empresas encuestadas fue \$1,7 billones en 2013 y \$2,2 billones en 2014." (DANE, 2015, p. 2)

Como se puede observar, los análisis estadísticos realizados son a nivel de agregados, lo que permite la caracterización de las variables, mas no ofrece análisis de mayor profundidad. Sin embargo, los datos se encuentran disponibles para ser analizados por investigadores interesados

en el tema de la innovación. Por ello, es posible encontrar diferentes estudios que hacen aportes significativos al entendimiento de la dinámica de la innovación en la industria colombiana (e. g., Hurtado & Mejía, 2014; Hurtado & Gonzalez, 2015; Gallego & Taborda, 2015; Gómez, 2011).

De los trabajos anteriores, los de mayor relación con el eje de este trabajo son los realizados por Gallego & Taborda (2015) y Gómez (2011). Ambos estudios utilizan como bases la información de las encuestas de innovación; sin embargo, el primero realiza un análisis comparativo entre la industria manufacturera y la de servicios, tomando como base la encuesta EDIT 2007-2008 para manufactura y la encuesta EDIT 2008-2009 para servicios; mientras que el segundo trabajo, con un mayor enfoque en capacidades de innovación tecnológica, se limita al estudio de las encuestas EDIT 1996 y EDIT 2003-2004.

Metodología

El estudio del comportamiento de las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana es posible gracias a la aplicación del análisis de clases latentes, metodología que fue formalizada y extendida a variables nominales por Goodman (1974).

El análisis de clases latentes permite crear subgrupos o segmentos no observables (latentes), que para el caso de este trabajo están representados por los tipos de capacidades de innovación tecnológica. Estos cumplen los criterios de homogeneidad interna y conservan diferencias importantes entre cada capacidad. En este sentido, las clases latentes están conformadas por R categorías distintas, cuyo comportamiento será analizado a partir de variables observadas o manifiestas de tipo categórico (Vermunt & Magidson, 2005). Dicha metodología fue aplicada a los datos obtenidos por el DANE a través de las encuestas EDIT, con el propósito de identificar las diferentes características en cuanto a la adquisición de capacidades de innovación tecnológica por parte de las empresas manufactureras colombianas.

Determinación de las variables observables o manifiestas

Para determinar las variables manifiestas se tomaron como bases las definiciones aportadas por Guan y Ma (2003), Yam et al. (2004), Cheng et al. (2006) y Wang et al. (2009) sobre las variables que componen cada una de las capacidades de innovación tecnológica. El número de variables oscila entre 10 y 15. Con base en dichas variables se realizó la revisión de los cuestionarios de las EDIT para identificar la relación entre las preguntas realizadas y las variables propuestas por la literatura, para a partir de allí procesar

información presente en las mencionadas encuestas. Los hallazgos de mayor relevancia al realizar esta comparación fueron los siguientes: 1) la estructura de las encuestas EDIT no necesariamente coincide con el enfoque por capacidades, por lo cual es necesario recurrir a la totalidad del cuestionario y, con ello, asociar cada pregunta con la variable correspondiente; 2) los cuestionarios están compuestos por más de 30 preguntas (simples o compuestas) que permiten obtener información relevante para caracterizar algunas decisiones empresariales en cuanto a innovación; sin embargo, el número de preguntas que pueden ser relacionadas con las capacidades de innovación es relativamente bajo, puesto que se identificaron máximo tres variables por capacidad, y para algunas capacidades no fue posible encontrar preguntas que las representaran; y 3) el análisis de clases latentes posibilita procesar la información para este estudio, debido a la estructura de la información y las variables que componen el objeto de investigación.

Con base en lo anterior, se muestra en la tabla 3 la relación entre preguntas de las encuestas del 2006 al 2014, con las capacidades de innovación. Se identificaron 5 capacidades, y un total de 11 variables, de las cuales 4 de ellas solo permiten análisis hasta el 2010, puesto que las preguntas respectivas desaparecen con las nuevas versiones de la encuesta.

Generalidades y tratamiento de los datos

Los datos se obtuvieron de las encuestas EDIT del 2006, 2008, 2010, 2012 y 2014. Cada una de estas encuestas se encuentra en archivos diferentes y presentan datos faltantes; el estudio se realiza sobre los datos de la población total para así tener una mayor representatividad. Una vez identificadas las variables, los datos fueron ajustados para que pudieran ser tratados adecuadamente. Entre los ajustes realizados estuvo la unificación de las bases de datos, la depuración de los datos, considerando los faltantes, y la normalización de algunas variables, para poderlas comparar entre periodos y entre empresas de diferente tamaño (como se muestra en la columna 3 de la tabla 3, todas las variables fueron convertidas a porcentajes o razones). Por lo tanto, no se miden valores absolutos, sino relativos. Finalmente, debido a la naturaleza de los datos, se decidió convertirlos a variables cualitativas politómicas en escala ordinal, razón por la cual se escoge el modelo de clases latentes para realizar el análisis.

Para la construcción de las variables cualitativas en escala ordinal, se determinaron 5 categorías que permiten ubicar los datos en diferentes intensidades de las variables (bajo, medio bajo, medio, medio alto, alto), en aras de permitir una mayor discriminación de los indicadores que representan las variables observables o manifiestas.

Tabla 3.
Variables identificadas en la encuesta según las capacidades.

Capacidad	Variable	Unidad de medida	Existencia en la encuesta				
			2006	2008	2010	2012	2014
Capacidad de I+D	% de personal según nivel de formación en actividades de I+D	%	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	\$ Recursos de I+D (miles de pesos)	Miles de pesos/ Número de empleados	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	Solicitud de propiedad intelectual (PI)	Número de solicitudes/ Número de empleados	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de Gestión de recursos	Colaboración externa	Número de alianzas	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Recursos de financiación	Miles de pesos/ Número de empleados	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de aprendizaje Organizacional	% de personas capacitadas	%	No	Sí	Sí	Sí	Sí
	Inversión en capacitación (miles de pesos)	Miles de pesos/ Número de empleados	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de producción	% Empleo calificado en producción (posgraduados y profesionales)	%	Sí	Sí	Sí	No	No
	Certificaciones de proceso y producto	Número de certificaciones/ Número de empleados	Sí	Sí	Sí	No	No
Capacidad de mercadeo	Porcentaje de posgraduados en ventas	%	Sí	Sí	Sí	No	No
	Porcentaje de profesionales en ventas	%	Sí	Sí	Sí	No	No

Fuente: elaboración propia.

Los criterios para definir los valores que tomaría cada categoría se determinaron a través de la mediana de los percentiles de los diferentes años. Este proceso se realizó para cada variable. En la tabla 4 se muestra el ejemplo de la variable % de personal dedicado a actividades de I+D.

El modelo de clases latentes y el análisis estadístico

El modelo de clases latentes para las capacidades de innovación se representa en la gráfica 1 y se construyó bajo los lineamientos definidos por Linzer y Lewis (2011). Este esquema representa la relación entre las capacidades de innovación y las diferentes variables existentes en la EDIT de acuerdo con la tabla 3. Es así como las capacidades de innovación hacen referencia a las variables latentes, es decir, que no pueden ser medidas de manera directa, ubicadas al lado izquierdo de la gráfica; y las variables observables

existentes en las encuestas, que representan los recursos de las organizaciones, localizadas al lado derecho.

Usando la definición de parámetros de la tabla 5, se puede calcular la probabilidad de que la *i*-ésima empresa, en la clase *r*-ésima produzca un conjunto particular de *J* resultados en las variables manifiestas, asumiendo independencia condicional de los resultados *Y* dada la membresía a la clase, como el producto de la ecuación 1.

$$f(Y_i; \pi_r) = \prod_{j=1}^J \prod_{k=1}^{K_j} \pi_{jrk}^{Y_{ijk}} \tag{1}$$

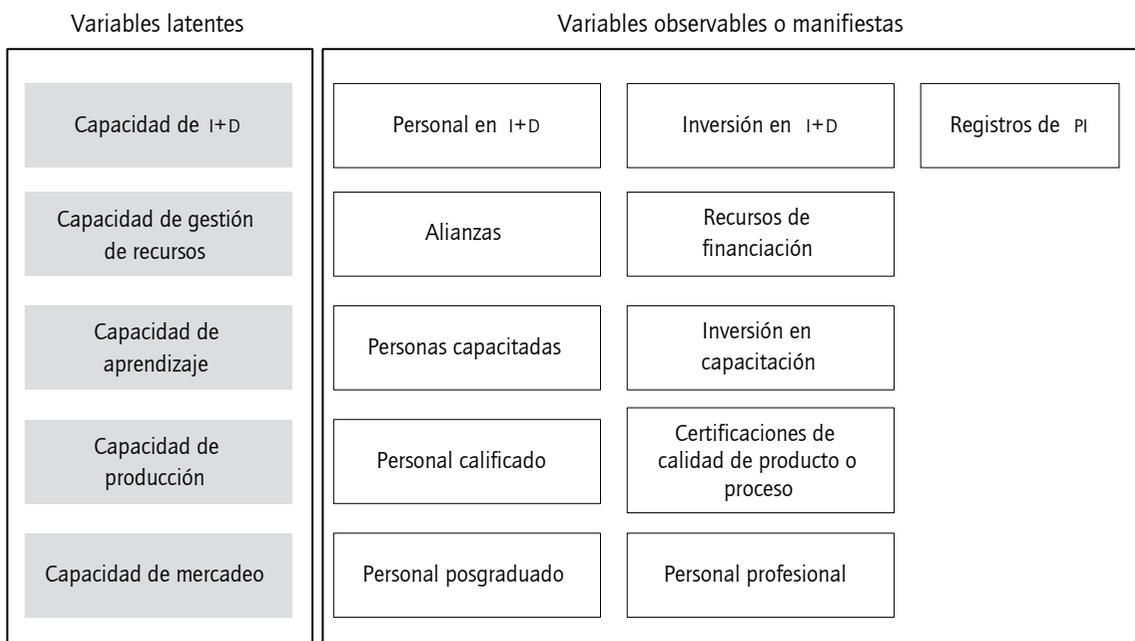
Finalmente, la función de densidad de probabilidad se calcula a través de la ecuación 2.

$$P(Y_i | \pi, p) = \sum_{r=1}^R p_r \prod_{j=1}^J \prod_{k=1}^{K_j} \pi_{jrk}^{Y_{ijk}} \tag{2}$$

Tabla 4.
Determinación de categorías para la variable % de personal dedicado a actividades de I+D.

Categoría	2014	2012	2010	2008	2006	mediana	percentil
Bajo	3%	3%	3%	3%	3%	3%	20%
Medio Bajo	6%	6%	7%	6%	7%	6%	40%
Medio	10%	11%	13%	12%	13%	12%	60%
Medio Alto	19%	21%	27%	28%	26%	26%	80%
Alto	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 1. Modelo de clases latentes para evaluación de capacidades de innovación. Fuente: elaboración propia.

Los parámetros a estimar en el modelo son p_r y π_{jrk} , que se hallan por medio del algoritmo de maximización esperada (EM), de tal forma que la probabilidad posterior de que cada empresa pertenezca a cada clase, condicionado en los valores observados de las variables manifiesta, pueda ser calculada usando la fórmula de Bayes, ecuación 3.

$$\hat{P}(r_i | Y_i) = \frac{\hat{p}_r f(Y_i; \hat{\pi}_r)}{\sum_{q=1}^R \hat{p}_q f(Y_i; \hat{\pi}_q)} \quad (3)$$

Un aspecto importante en la modelación con clases latentes es definir el número apropiado de clases, R . Para esto, se usaron dos mediciones: el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC). En los dos casos se elige el modelo que minimice los dos criterios, o al menos uno. Para cada variable latente se corrió el modelo con $R = 1, \dots, 4$, obteniendo en la mayoría de los casos un mejor ajuste con $R = 3$; es decir, cada una de las variables latentes finalmente es medida en una escala cualitativa ordinal de tres (3) categorías: alta, media y baja. En la sección 5 se presentan los resultados de cómo ha venido evolucionando en el tiempo la probabilidad de pertenencia a cada una de las clases encontradas a partir del modelo, para cada una de las variables latentes.

Dicho de otra forma, para cada conjunto de variables que definen cada capacidad se aplica la metodología de análisis de clases latentes, lo que permite la obtención de probabilidades condicionales, interpretadas como la probabilidad de que un establecimiento tenga alto, medio o bajo nivel en cada capacidad, tal como se refleja en las gráficas 3 a 7, de la sección de resultados.

Resultados

El análisis de clases latentes arrojó información relevante sobre el comportamiento de cinco (5) capacidades de

innovación de la industria manufacturera colombiana. Esta información está representada por una tendencia generalizada en el nivel bajo de capacidad, puesto que para cada año analizado (2006-2014) más del 60% de las empresas se ubicaron en dicho nivel y para algunos casos el valor alcanzado llegó a ser superior al 90%, tal como se muestra en la gráfica 2.

Estos resultados arrojan una alarma, tanto para empresarios como para promotores de la inversión en innovación a nivel nacional, para dirigir la mirada a las condiciones en las que se están desarrollando las empresas manufactureras y profundizar en la identificación de causas, orientándose en aquellas capacidades con los resultados más desfavorables: capacidad de aprendizaje organizacional, capacidad de gestión de recursos y la capacidad de I+D.

Comportamiento de la capacidad de I+D 2006-2014

Respecto al comportamiento de la capacidad de I+D, en la industria manufacturera puede apreciarse cómo se viene presentando un decrecimiento en la adquisición de dicha habilidad durante el periodo 2006-2014, lo que se manifiesta en los siguientes resultados: durante el 2006, las empresas que poseían un bajo desempeño en la capacidad de I+D conformaron el 68,88%, hasta llegar a un 90,30% en el 2014. Cabe anotar que las bajas evaluaciones en esta capacidad implican una reducida o nula destinación de personal capacitado para el desarrollo de I+D, así como una mínima o inexistente inversión de recursos financieros para el mismo propósito y, como consecuencia, también una baja obtención de patentes basada en el ejercicio de la investigación y desarrollo de las empresas manufactureras colombianas. En contraste, puede observarse que las empresas con un desempeño medio y alto en la adquisición de la capacidad de I+D no excede el 10% en su gran mayoría (gráfica 3).

Tabla 5.
Definición de parámetros del modelo de clases latentes.

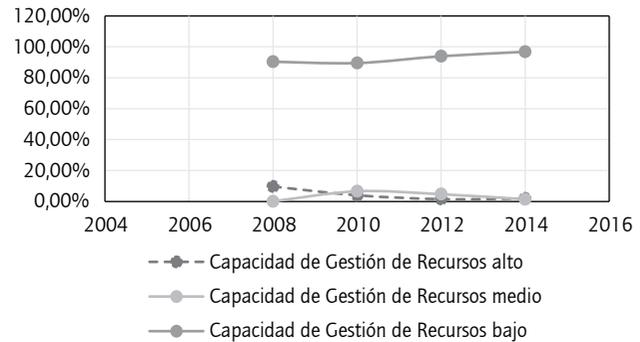
Parámetro	Definición
J	VARIABLES observadas o manifiestas.
K_j	Posibles resultados o categorías de la j -ésima variable manifiesta. El modelo permite que cada variable tenga diferente número de categorías, sin embargo, en nuestro caso $K_j = 5, \forall j$.
Y_{ijk}	Valor observado de la j -ésima variable manifiesta ($j = 1, \dots, J$) en la k -ésima categoría ($k = 1, \dots, K_j$) de la i -ésima empresa ($i = 1, \dots, N$). Donde, $Y_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si la empresa } i \text{ da la } k\text{-ésima respuesta a la } j\text{-ésima variable} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$
R	Clase en la que queda categorizada cada empresa.
π_{jrk}	Probabilidad condicional de que una empresa en la clase $r = 1, \dots, R$ produzca el k -ésimo resultado de la j -ésima variable manifiesta. Siempre se debe cumplir que: $\sum_{k=1}^{K_j} \pi_{jrk} = 1$
p_r	Probabilidad a priori de membresía a la clase latente. También debe cumplirse que $\sum_r p_r = 1$

Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de la capacidad de gestión de recursos 2008-2014

Para el análisis de esta capacidad, no se contó con información para estudiar lo sucedido durante el 2006. No obstante, el desempeño obtenido por las empresas manufactureras colombianas en la capacidad de gestión de recursos durante el periodo 2008-2014 presenta una tendencia según la cual alrededor del 90% de las organizaciones tiene un bajo desempeño en la gestión de recursos; es así como para el 2008 el 90,37% pertenecía a este grupo, mientras que en el 2010 fue del 89,48%, en el 2012 del 93,89% y del 96,77% en el 2014 (gráfica 4). Dichos resultados implican que la habilidad de las organizaciones para realizar ejercicios de cooperación con otras empresas o entidades y potencializar sus escasos recursos para investigación es mínimo; asimismo, la gestión para

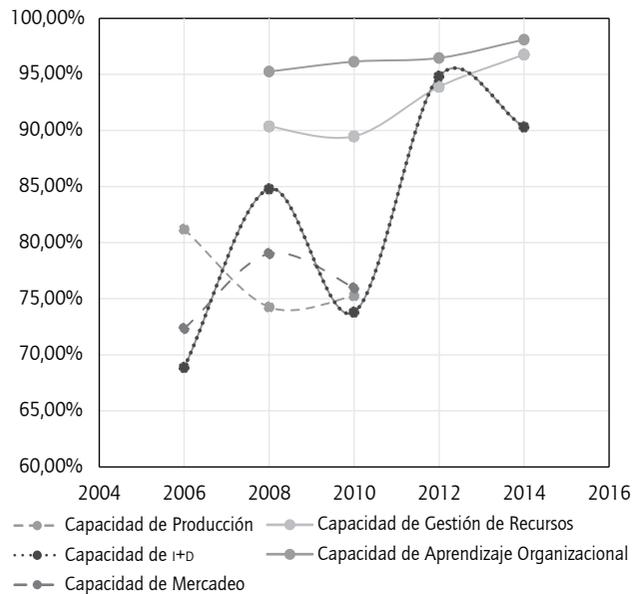
obtener recursos de entidades externas destinados al desarrollo de I+D también es bastante limitada.



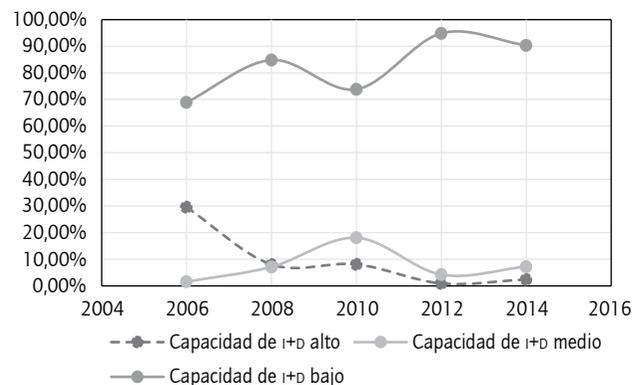
Gráfica 4. Evolución capacidad de gestión de recursos en la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de la capacidad de aprendizaje organizacional 2008-2014

Al igual que en la capacidad anterior, para el análisis de la capacidad de aprendizaje organizacional no se contó con información necesaria para estudiar lo sucedido en el 2006; sin embargo, para el periodo 2008-2014 se observa un comportamiento en el que más del 95% de las organizaciones tuvo una baja adquisición de la capacidad de aprendizaje organizacional, tal como se muestra en la gráfica 5. Lo anterior indicaría una escasa preocupación de las organizaciones manufactureras por capacitar su mano de obra, así como ínfimos recursos invertidos en la cualificación de los empleados, hechos que se reflejan directamente en la mejora y tecnificación de los procesos productivos.



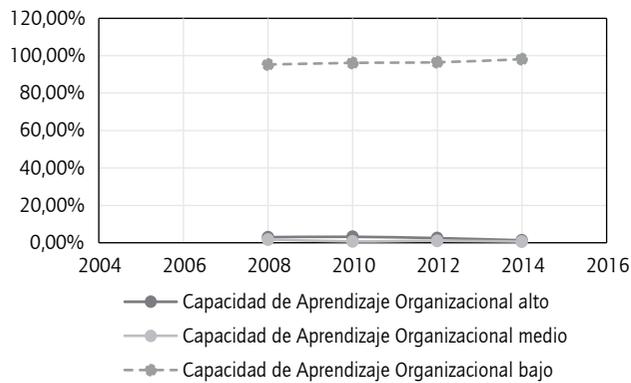
Gráfica 2. Comportamiento del nivel bajo de las capacidades de innovación de la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.



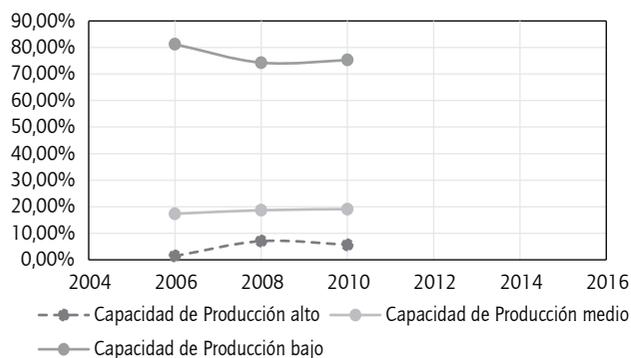
Gráfica 3. Evolución capacidad de I+D en la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de la capacidad de producción 2006-2010

Durante el periodo 2006-2010, la capacidad de producción experimentó un comportamiento relativamente estable al ubicarse en el nivel bajo de desempeño de dicha habilidad (gráfica 6); de esta manera, el 81,19% de las empresas estuvo en esta clasificación en el 2006, el 74,25%, para el 2008, y el 75,26%, en el 2010, lo que indicaría que más del 70% de las empresas estudiadas no adquirió habilidades para mejorar su producción a través de la contratación de personal altamente cualificado y de la obtención de certificaciones de calidad en el desarrollo de sus procesos y productos. No obstante, a diferencia de las otras capacidades, se observa una mejoría por cuanto el 17% de las empresas se ubicó en el nivel medio de adquisición de la capacidad de producción, durante el periodo estudiado. Finalmente, cabe anotar que, a partir del 2010, no se encontraron registros que permitieran deducir el comportamiento para los periodos siguientes, debido a los rediseños de las encuestas.



Gráfica 5. Evolución de la capacidad de aprendizaje organizacional en la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.



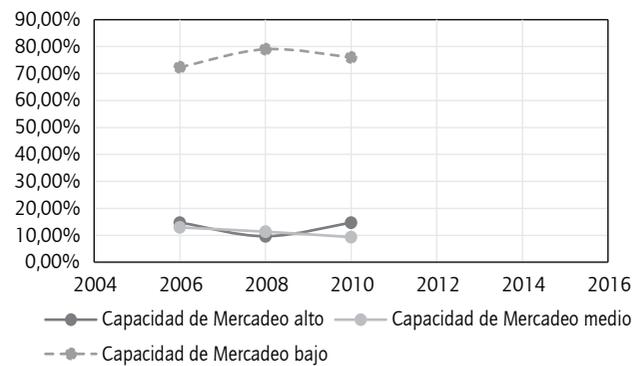
Gráfica 6. Evolución de la capacidad de producción en la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.

Comportamiento de la capacidad de mercadeo 2006-2010

La distribución observada durante el periodo 2006-2010 evidencia un comportamiento similar al de las demás capacidades, por lo que más del 70% de las organizaciones estudiadas se ubicaron en la clasificación baja en cuanto a su desempeño en la capacidad de mercadeo (gráfica 7). Lo expuesto evidenciaría falencias en cuanto a la cualificación y capacitación de los empleados del área de ventas, lo que incide en la tecnificación de los procesos de salida de los productos. Sin embargo, se observa una reducida mejora en la distribución de las demás organizaciones estudiadas, ya que en las valoraciones medias y altas se agruparon segmentos cercanos al 10%, lo que indicaría un leve comportamiento positivo. Finalmente, cabe anotar que, al igual que en la capacidad de producción, en la capacidad de mercadeo no se pudieron obtener datos que permitirán concluir su comportamiento a partir del 2010.

Discusión

La realización de esta investigación ha permitido profundizar en dos aspectos importantes en cuanto a los procesos de medición y los resultados sobre capacidades de



Gráfica 7. Evolución de la capacidad de mercadeo en la industria manufacturera colombiana. Fuente: elaboración propia.

innovación. Estos aspectos son los siguientes: 1) la ausencia de alineación de los instrumentos de recolección de información sobre innovación empresarial en Colombia con las líneas temáticas de capacidades que ofrece la literatura y 2) el comportamiento de los niveles de cinco capacidades de innovación de la industria manufacturera colombiana en un periodo de ocho (8) años; por eso, se tiene una medición parcial con 5 de 7 capacidades, debido a la inexistencia de información en las encuestas EDIT utilizadas para el presente estudio.

Ante el primer aspecto, se evidenció que los lineamientos que rigen la elaboración de los cuestionarios con los cuales se recolecta información sobre innovación de las empresas colombianas se caracterizan por un nivel bajo de concordancia con la identificación de capacidades, por lo que solo fue posible recoger información de cinco (5) capacidades y no de las siete (7) posibles, tal como lo proponen Yam et al. (2004); Guan y Ma (2003) y Wang et al. (2009). Esta condición puede representar para los responsables del diseño de los instrumentos de recolección una oportunidad de mejora, considerando que las réplicas de los estudios de capacidades en otros países, también realizados bajo la perspectiva basada en los recursos, dan evidencia de la pertinencia de este enfoque —Malasia (Taju, 2015), Vietnam (Lang et al., 2012)—. No obstante, es importante mencionar que el instrumento de medición EDIT ha sido diseñado basado en los lineamientos del *Manual de Oslo* (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2005), que no tiene como objetivo la medición de capacidades; sin embargo, debido a las particularidades de la economía emergente analizada y las potencialidades de la medición de capacidades, valdría la pena revisar su potencial como marco en la construcción de las encuestas.

En cuanto al segundo aspecto, y el de mayor impacto, se despierta el interés por estudiar más a fondo las causales de los comportamientos encontrados. Según Liu et al. (2009), para hablar de capacidades las empresas deben

lograr que sus recursos se unan a un conjunto de rutinas y habilidades, cuya existencia en la industria manufacturera colombiana no es posible deducir. Aunque se presentan altos porcentajes de empresas que tienen niveles bajos de capacidad y en tendencia decreciente, surge así la duda de cómo estas empresas están creando sus ventajas competitivas y, con ello, su sostenibilidad, tal como lo han demostrado Coombs y Bierly (2006), Gammeltoft (2004) e Isobe et al. (2008) en el caso de otros países.

Considerando los hallazgos encontrados por Gómez (2011) sobre las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana para 1996 y 2005, en estos años el comportamiento innovador de la industria, sustentado en las capacidades de innovación tecnológica, era alentador, al menos para tres capacidades (aprendizaje organizacional, mercadeo y producción), como resultado del aumento de empresas con mejores niveles de capacidad (medio y alto). Sin embargo, los resultados del presente trabajo evidencian que el ritmo en la adquisición de habilidades de esta industria es lento, ritmo que se desacelera entre el 2006 y el 2014, al menos para las capacidades analizadas. Lo anterior se convierte en una de las razones que justifican los altos porcentajes de empresas en la categoría de empresas no innovadoras que se muestran en los diferentes boletines de los resultados de las encuestas.

Mirando el panorama de los países o sectores que han realizado estudios de sus capacidades de innovación tecnológica, es posible identificar aspectos en común con el caso de la industria manufacturera colombiana. Por ejemplo, en Vietnam también se identificó un ritmo lento para la realización de innovación tecnológica, y las capacidades de innovación no han sido explotadas completamente para mejorar la competitividad de las empresas (Lang et al., 2012).

Con base en lo anterior, el reto colombiano para la mejora de la competitividad de las empresas de la industria manufacturera radica en la definición de estrategias que promuevan el desarrollo de capacidades y, al mismo tiempo, mejorar el sistema de evaluación, de tal modo que se avance hacia la definición de un mayor número de variables que aporten a la comprensión de las capacidades de innovación que tienen las empresas.

Conclusiones

Las conclusiones presentadas a continuación corresponden a un análisis parcial en cuanto al número de capacidades estudiadas, debido a la disponibilidad de información ofrecida por las encuestas. Bajo este alcance, los hallazgos encontrados sitúan a la industria manufacturera colombiana ante el inicio de un camino por recorrer hacia la mejora de los niveles de capacidad de innovación. De forma general,

pudo observarse un comportamiento no favorable similar en las cinco capacidades de innovación analizadas. De esta forma, se aprecia que alrededor del 70% de las empresas estudiadas tiene una valoración baja en las capacidades, hecho que se refleja en reducidos esfuerzos para la generación de I+D, escasa generación de vínculos con entidades externas para la construcción de sinergias, limitada gestión de recursos externos, mínimo interés en formalizar el conocimiento desarrollado por las mismas organizaciones y reducida cualificación de los procesos productivos y de ventas.

Pese al panorama planteado previamente, se observó que las empresas analizadas presentan un comportamiento particular en cuanto a la capacidad de mercadeo, por lo que más del 20% de las empresas tienen personal cualificado en el área de ventas. Este evento indicaría un interés particular de las empresas en dicho proceso.

Adicionalmente, respecto a la capacidad de producción, se observó un comportamiento similar en el que cerca del 20% de las empresas se ubicó en valores medios y altos, lo que evidenciaría un énfasis en la gestión de las organizaciones orientadas a mejorar lo relacionado con el proceso productivo.

Con base en lo anterior, no es posible afirmar que exista fortaleza o debilidad en alguna capacidad específica. En general, las empresas se ven obligadas a definir estrategias que conlleven la mejora de todas las capacidades. En este mismo sentido, también se evidenció la necesidad de realizar ajustes a los instrumentos de medición de las actividades de innovación empresarial, en caso de validarse el enfoque aquí planteado para la medición de las capacidades de innovación.

Finalmente, podría decirse que el aporte realizado por el presente ejercicio ha sido la construcción de un diagnóstico que posibilite dilucidar la evolución de la industria manufacturera colombiana en la adquisición de capacidades para la innovación.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no manifiesta conflictos de intereses institucionales ni personales.

Referencias bibliográficas

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Camisón, C. (2004). On how to measure managerial and organizational capabilities. *Management Research*, 3(1), 27-48. <https://doi.org/10.1108/15365430580001312>

- Camisón, C., & Villar-López, A. (2014). Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance. *Journal of Business Research*, 67(1), 2891-2902. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.06.004>
- Capaldo, G., Iandoli, L., Raffa, M., & Zollo, G. (2003). The evaluation of innovation capabilities in small software firms: a methodological approach. *Small Business Economics*, 21, 343-354. <https://doi.org/10.1023/A:1026158904245>
- Cheng, G., Yam, R., Mok, C., & Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 971-986. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.054>
- Cheng, Y.-L., & Lin, Y.-H. (2012). Performance evaluation of technological innovation capabilities in uncertainty. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 287-314. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.193>
- Coombs, J., & Bierly, P. (2006). Measuring technological capability and performance. *RyD Management*, 36(4), 421-438. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2006.00444.x>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2005). *Innovación y Desarrollo Tecnológico en la Industria Manufacturera. Colombia 2003-2004*. http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD_9240_2003-2004-EJ3.PDF
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2010). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera - EDIT III 2005-2006*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2011). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera - EDIT IV 2007-2008*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera_2008.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2012). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera - EDIT V 2009-2010*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera_2009.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2013). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera_2011_2012.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2015). *Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria Manufacturera - EDIT VII 2013-2014*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/boletin_EDIT_Manufacturera_2013_2014.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2017). *Metodología General Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en la Industria Manufacturera - EDIT*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/DSO-EDIT-MET-01.pdf>
- Domínguez, L., & Brown, F. (2004). Medición de capacidades tecnológicas en la industria mexicana. *Revista de la Cepal*, 83, 135-151.
- Flor, M., & Oltra, M. (2005). The influence of firms' technological capabilities on export performance in supplier-dominated industries: the case of ceramic tiles firms. *RyD Management*, 35(3), 333-347. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9310.2005.00393.x>
- Gallego, J. M., & Tabora, R. (2015). Innovation and productivity in the colombian service and manufacturing industries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 612-634. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2015.1026698>
- Gammeltoft, P. (2004). Development of firm-level technological capabilities: The case of the Indonesian electronics industry. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 9(1), 49-69. <https://doi.org/10.1080/13547860310001628294>
- Gómez, E. (2011). *Evolución de las capacidades de innovación en la industria colombiana: Un análisis comparativo de los resultados de las encuestas de innovación de 1996 y 2005*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de http://bdigital.unal.edu.co/5284/1/Gomez%26Robledo.2011.Capacidades_de_innovacion%20C3%B3n_en_la_industria_colombiana.pdf
- Goodman, L. (1974). Exploratory latent structure analysis using both identifiable and unidentifiable models. *Biometrika*, 61(2), 215-231. <https://doi.org/10.1093/biomet/61.2.215>
- Grant, R. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), 114-135. <https://doi.org/10.2307/41166664>
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, 23(9), 737-747. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5)
- Hurtado, A., & Gonzalez, C. (2015). Measurement of knowledge absorptive capacity: An estimated indicator for the manufacturing and service sector in Colombia. *Journal of Globalization, Competitiveness & Governability*, 9(2), 16-42. <https://doi.org/10.3232/GCG.2015.V9.N2.01>
- Hurtado, R., & Mejía, J. E. (2014). Estructura de la inversión de la industria manufacturera colombiana en actividades de innovación y desarrollo tecnológico. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 24(15), 33-40. <https://doi.org/10.15446/inovar.v24n1spe.47540>
- Ince, H., Zeki, S., & Turkcan, H. (2016). The effect of technological innovation capabilities and absorptive capacity on firm innovativeness: a conceptual framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 235, 764-770. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.078>
- Isobe, T., Makino, S., & Montgomery, D. (2008). Technological capabilities and firm performance: The case of small manufacturing firms in Japan. *Asia Pacific Journal of Management*, 25, 413-428. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1077436>
- 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)
- Lang, M., Hsiang, S., & Nguyen, T. (2012). Mediate effect of technology innovation capabilities investment capability and firm performance in Vietnam. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 817-829. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.267>
- Lin, H.-F., Sua, J.-Q., & Higgins, A. (2016). How dynamic capabilities affect adoption of management innovations. *Journal of Business Research*, 69(2), 862-876. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.07.004>
- Linzer, D. A., & Lewis, J. B. (2011). polCA: an R package for polytomous variable latent class analysis. *Journal of Statistical Software*, 42(10), 1-29. <https://doi.org/10.18637/jss.v042.i10>
- Liu, J., Baskaran, A., & Li, S. (2009). Building technological-innovation-based strategic capabilities at firm level in China: a dynamic resource-based-view case study. *Industry and Innovation*, 16(4-5), 411-434. <https://doi.org/10.1080/13662710903053706>
- Makadok, R. (2001). Toward a synthesis of the resource-based and dynamic-capability views of rent creation. *Strategic Management Journal*, 22(1), 387-401. <https://doi.org/10.1002/smj.158>
- Manrique, K., Ardila, S., & Castillo, C. (2014). Colombian manufacturing sector: industrial structures 2000 – 2012. En Wseas LLC Staff (Ed.), *Recent Advances in Mathematical Methods in Applied Sciences* (pp. 238-251). Saint Petersburg. <http://www.inase.org/library/2014/russia/MEAS.pdf>
- Newbert, S. (2008). Value, rareness, competitive advantage, and performance: A conceptual-level empirical investigation of the resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 29, 745-768. <https://doi.org/10.1002/smj.686>

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2005). *Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. http://www.euskadinnova.net/opencms/export/sites/default/web_euskadi_innova/es/euskadi_innova/Documentacion/Manual_de_Oslo_es.pdf
- Serrano, J., Acevedo, C., Castelblanco, J., & Arbeláez, J. (2017). Measuring organizational capabilities for technological innovation through a fuzzy inference system. *Technology in Society*, 50, 93-109. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.05.005>
- Taju, F. (2015). Study on the impact of technological innovation capabilities on competitive advantage and firm performance in the automotive industry in Malaysia: a conceptual framework. *Journal of Scientific Research and Development*, 2(13), 194-202. <https://doi.org/10.1063/1.5085973>
- Teece, D. J. (2014). A dynamic capabilities-based entrepreneurial theory of the multinational enterprise. *Journal of International Business Studies*, 45(1), 8-37. <https://doi.org/10.1057/jibs.2013.54>
- Testa, P. (2007). *Capacidades tecnológicas e innovadoras en la Industria Venezolana*. <http://virtual2.unalmed.edu.co/moodle/mod/resource/view.php?id=3565>
- Urueña, A., Hidalgo, A., & Arenas, A. (2016). Identifying capabilities in innovation projects: Evidences from eHealth. *Journal of Business Research*, 69(11), 4843-4848. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.041>
- Vermunt, J., & Magidson, J. (2005). *Latent GOLD 4.0. User Guide*. Massachusetts: statistical innovations Inc. <http://www.statisticalinnovations.com/wp-content/uploads/LGusersguide.pdf>
- Villalba, M. L., Robledo, J., & Builes, C. (2016). Análisis estratégico de la colaboración entre empresas nacionales y multinacionales de software en Colombia utilizando dinámica de sistemas. *International Journal of Psychological Research*, 9(1), 83-97. <https://doi.org/10.21500/20112084.2104>
- Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28(6), 349-363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>
- Wang, X., & Dass, M. (2016). Building innovation capability: The role of top management innovativeness and relative-exploration orientation. *Journal of Business Research*, 76, 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.03.019>
- Wernerfelt, B. (1984). A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171-180. <https://doi.org/10.1002/smj.4250050207>
- Wu, H., Chen, J., & Jiao, H. (2016). Dynamic capabilities as a mediator linking international diversification and innovation performance of firms in an emerging economy. *Journal of Business Research*, 69(8), 2678-2686. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.11.003>
- Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An audit of technological innovation capabilities in chinese firms: some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33(8), 1123-1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>
- Yam, R., Lo, W., Tang, E. P., & Lau, A. K. (2010). Technological innovation capabilities and firm performance. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 42, 1009-1017. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1077239>