

# Medición y evaluación de las capacidades de innovación tecnológica: una revisión crítica de la literatura\*

*Measuring and Assessing Technological Innovation Capabilities: A critical literature review*

Santiago Quintero 

PhD Ingeniería Industria y Organizaciones, Corporación Clúster Aeroespacial Colombiano, Medellín, Colombia, [santiago.quintero1972@gmail.com](mailto:santiago.quintero1972@gmail.com)

William Alejandro Orjuela Garzón 

PhD Ingeniería, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia, [waorjuelag@ut.edu.co](mailto:waorjuelag@ut.edu.co)

Jhon F. Escobar 

PhD en Administración, Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia, [jhon.escobar@uniremington.edu.co](mailto:jhon.escobar@uniremington.edu.co)

## Cómo citar / How to cite

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*, v. 8, n. 18, e2499. <https://doi.org/10.22430/24223182.2499>

Recibido: 18 de agosto de 2022

Aceptado: 7 de septiembre de 2022

## Resumen

El objetivo de esta revisión fue identificar aquellos estudios que mejor explican la medición y evaluación de las capacidades de innovación tecnológica a través de un análisis de la literatura especializada. Para ello, se recopiló una muestra final de 125 artículos empírico-causales de Scopus y WOS y se realizaron las cuatro etapas de la metodología PRISMA (identificación, cribado, elegibilidad e inclusión). Los resultados señalan cuatro vertientes que demarcan las tendencias de investigación en temáticas básicas, en declive, de nicho y tractoras. Se evidenció que, para el

---

\*Este artículo se deriva de la *Convocatoria de Vocaciones y Formación en CTel para la reactivación económica en el marco de la post-pandemia 2021 y al Clúster Aeroespacial Colombiano CAESCOL* como entidad receptora del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el marco del desarrollo de pasantías posdoctorales.



desarrollo del conocimiento, los trabajos que se acuñan en (1) modelación y (2) simulación como una estrategia metodológica para la medición, evaluación y comprensión de cómo se acumulan las CIT, y cuál es su efecto en el desempeño de las organizaciones, son tendencias tractoras que aportan a las teorías de la visión basada en los recursos, las capacidades y las competencias de la firma. Las temáticas encontradas demostraron una implicación práctica para los tomadores de decisiones. Finalmente, se concluye que la medición, evaluación y acumulación de las CIT es un instrumento de diagnóstico que ayuda en la orientación y construcción de política, entendiendo que la evaluación implica, además de un diagnóstico valorativo y comparativo, la toma de decisiones estratégicas que conlleva a una mejor comprensión del proceso de transición de las CIT que permita alcanzar desempeños esperados.

**Palabras clave:** capacidades de innovación tecnológica, medición de capacidades, evaluación de capacidades, acumulación de capacidades.

**Clasificación JEL:** L29

### *Highlights*

- La evaluación de las CIT implica la toma de decisiones estratégicas que promueven su transición.
- Los paradigmas de modelación y simulación facilitan la comprensión del fenómeno de acumulación de las CIT desde el diseño de escenarios de políticas y estrategias.
- La infraestructura tecnológica de la firma se convierte en un mecanismo clave para transitar desde capacidades básicas hacia capacidades avanzadas.
- Durante los últimos cinco años (2018-2022), economías en desarrollo como Corea, Brasil, China, España y Colombia han mostrado mucho interés en la medición y análisis de las TIC.

### **Abstract**

This literature review implemented a bibliometric analysis to identify the studies that best explain how to measure and assess Technological Innovation Capabilities (TICs). For this purpose, a final sample of 125 empirical-causal articles was collected from Scopus and Web of Science and processed following the four stages of the PRISMA methodology (identification, screening, eligibility, and inclusion). The results revealed four areas that cover the research trends in basic, declining, niche, and motor themes. The advancement of knowledge in this field is promoted by two motor themes: (1) modeling and (2) simulation as methodological strategies to measure, assess, and understand how TICs are accumulated and how they affect the performance of organizations. These motor themes contribute to theories of the resource-based view, as well as the capabilities and competencies of a firm. All the identified topics were found to have a practical implication for decision makers. Finally, it is concluded that the measurement, assessment, and accumulation of TICs is an excellent diagnostic tool that supports policy making. This is because, in addition to an evaluation and comparative diagnosis, such assessment implies strategic decision-making, which leads to a better understanding of the transition toward TICs to achieve the expected performances.

**Keywords:** technological innovation capabilities, measurement of capacities, assessment of capacities, accumulation of capacities.

**JEL classification:** L29

### Highlights

- The evaluation of TICs involves making strategic decisions that promote the transition toward them.
- Through the design of policy and strategy scenarios, modeling and simulation paradigms facilitate the understanding of TIC accumulation.
- The technological infrastructure of a firm becomes a key mechanism for transitioning from basic to advanced capabilities.
- There has been a high level of interest in the measurement and analysis of TICs in the last five years (2018-2022), from developing economies such as Korea, Brazil, China, Spain, and Colombia.

## 1. INTRODUCCIÓN

En años recientes, uno de los fenómenos más sobresalientes es la progresiva concentración y especialización territorial de las firmas (Cavaggioli et al., 2020), especialización que se exhibe a través del proceso de acumulación y transición de aquellas capacidades de innovación tecnológica (en adelante CIT) que ostentan características valiosas, raras y difíciles de imitar, para luego desencadenar en las ventajas competitivas de un territorio (Quintero et al., 2022). Diferentes enfoques y definiciones asociadas al concepto de CIT en el contexto de las organizaciones han sido abordados en la literatura especializada, con el objetivo de medir y evaluar el desempeño de la firma; entre los enfoques recientes más relevantes encuentran algunos estudios de capacidades de innovación (Pei et al., 2022; Hanaysha et al., 2022; Sultana et al., 2022; Jalil et al., 2022), además de aquellos trabajos seminales que consideran dichas capacidades como un factor clave de la ventaja competitiva, pues facilitan y respaldan la estrategia de innovación tecnológica en la firma (Ernst et al., 1998; Guan et al., 2006; Guan y Ma, 2003; Kim, 1997; Wang et al., 2008; Yam et al., 2004).

El concepto de CIT, su medición y evaluación, es un tema que ha sido ampliamente discutido en los últimos treinta años por dos corrientes teóricas de investigación. La primera, Dynamic Capabilities Literature (DCL, por su sigla en inglés), ha realizado desde los 80 investigaciones desde la perspectiva en la construcción y acumulación de las capacidades de firmas industriales que se incorporan tardíamente al mercado *latecomer firms* en países en vía de desarrollo (Bell, 1984; Bell y Pavitt, 1993, 1995; Dahlman y Westphal, 1982; Katz, 1986, 1987; Lall, 1987, 1992; Westphal et al., 1985; Gebremariyam et al., 2022), enfocándose en el proceso de aprendizaje (Tarighi et al., 2021), asociado a la construcción de una base mínima de conocimientos esenciales para ejercer la actividad innovadora. También, se han focalizado en asuntos técnicos del proceso de acumulación de las capacidades, específicamente, en los procesos de aprendizaje propios de las firmas en estudio. Además, se ha prestado escasa atención, por parte de esta corriente, a las dimensiones tecnológicas, formales, informales y organizacionales del proceso de acumulación de las capacidades (Dutrénit, 2000; Dutrénit et al., 2019), así como cuando las firmas alcanzan la frontera tecnológica internacional y buscan construir unas bases de conocimiento más complejas e integradas, las cuales son necesarias para hacer uso estratégico de dicho conocimiento.

La segunda corriente, Strategic Management literature (SML, por su sigla en inglés), es la corriente denominada de la literatura de gestión estratégica, centrada sobre el desarrollo de las competencias nucleares de firmas que interactúan en la frontera internacional de los países industrialmente desarrollados (Leonard-Barton, 1990; Pavitt, 1991; Prahalad y Hamel, 1990; Teece et al., 1997). Estos trabajos han presentado atención considerable en asuntos organizativos y referentes a la gestión del conocimiento, mantenimiento y renovación de las capacidades estratégicas de innovación ya existentes en la firma, además, se han interesado particularmente en cómo gestionar los bienes de conocimiento estratégico para trasladar un conocimiento simple a una base de conocimiento complejo, y así renovar las capacidades estratégicas, considerando, eso sí, que todas las unidades organizativas ya tienen una base mínima de conocimiento esencial para innovar.

En este contexto, los diferentes mecanismos que se vienen utilizando para medir y evaluar las CIT en las organizaciones, se han convertido en una valiosa herramienta (Gómez Cano y Valencia Arias, 2020). Ahora bien, cabe preguntarse ¿cuáles son los trabajos y métodos reportados por la literatura, que realizan, no solo el proceso de medición, sino también el de evaluación para analizar la acumulación de las CIT y así poder comprender mejor el desempeño de la firma? En este sentido, se debe hacer claridad que la medición admite establecer el grado de cantidad y calidad, mientras que la evaluación implica, además de una apreciación valorativa, la toma de decisiones (políticas y estrategias); la calidad de la medición condiciona los resultados de la acumulación de las CIT y la evaluación del desempeño de la firma, lo que podría generar efectos para la formulación de políticas que favorecen o no la especialización territorial de las organizaciones y el aprendizaje tecnológico. Desde tal perspectiva, el objetivo fundamental de este artículo fue identificar las tendencias en la medición y evaluación del desempeño desde la perspectiva de acumulación de las CIT de la firma, a través de un análisis bibliométrico, así: para comenzar, se describe un marco teórico breve que contextualiza la medición, evaluación y acumulación de las CIT; luego, se detalla la metodología utilizada (PRISMA) para la selección, clasificación y análisis de la data recopilada y se definen los criterios de inclusión y exclusión del proceso de búsqueda; seguido, se presentan los resultados y discusión; finalmente, se muestran las conclusiones obtenidas, así como futuros campos de investigación.

## 2. MARCO TEÓRICO

Las CIT fueron definidas a principios de los 80 como la habilidad de utilizar eficazmente los conocimientos tecnológicos para la innovación de la firma (Zawislak et al., 2018); no es inherente al conocimiento que se posee, sino al uso de ese conocimiento y a la competencia de su uso en la producción, la inversión y la innovación (Westphal et al., 1985, p. 171). Concepto que ha demostrado semejanza como es el esfuerzo tecnológico propuesto por Lall, (1987) y la capacidad tecnológica propuesta por Bell, (1984), Bell y Scott-Kemmis, (1985) y Katz, (1986, 1987). Actualmente, se consideran las CIT como aquellas habilidades y conocimientos que le facilitan a las organizaciones un mayor grado de adaptación y evolución frente a los cambios inesperados del entorno político, económico, social, tecnológico, ambiental y legal, para desarrollar nuevos y mejorados bienes/servicios y sus procesos para satisfacer las necesidades actuales y futuras del entorno (Adler y Shenhar, 1990; Lall, 1992).

El concepto de CIT ha hecho alusión al stock de conocimientos tecnológicos y el uso que se le dé a estos como una habilidad en el ámbito organizacional. Tal dimensión se declara mejor en los trabajos de Bell y Pavitt (1995) cuando se refieren a las capacidades tecnológicas como las «domestic capabilities to generate and manage change in technologies used in production, and these capabilities are based largely on specialized resources...[which] need to be accumulated through deliberate investment a management problem» (p.71). Este enfoque emerge con el argumento de mantener la competitividad en un entorno cambiante a través del cual las firmas construyen y acumulan sus CIT por medio de procesos de aprendizaje, puesto que el aprendizaje es aquel proceso dinámico por el cual se adquieren y acumulan las CIT (Quintero et al., 2022).

El enfoque de investigación de la literatura de las CIT de los DCL ha estado presente en los procesos de aprendizaje con el fin de establecer una base de conocimientos tecnológicos que no existía previamente, en oposición a la renovación de una base de conocimientos ya acumulados o para usar esa base de conocimientos de una manera diferente. También se observan algunos autores que analizan como es la transición de las CIT en las firmas y cómo van, desde un nivel de operación de conocimiento básico, a un nivel de operación intermedio-avanzado, llevando actividades de innovación. Estas actividades son observadas como un logro y madurez tecnológica de la firma para identificar el alcance de una especialización eficiente de sus actividades tecnológicas, para ampliarlas y profundizarlas con experiencia su esfuerzo y, además, para recurrir selectivamente a otras firmas que complementen sus propias capacidades (Lall, 1993).

Algunos autores observaron que la mayoría de las latecomer firms nunca alcanzaban la madurez debido a su fracaso para construir adecuadas CIT (Bell et al., 1984); sin embargo, el trabajo de Lall (1993) señala que las firmas antes de conseguir su madurez, varían en el dominio de las diversas funciones involucradas, por lo que es posible identificar diferentes etapas (p. 269). Basado en la idea de que las CIT son el dominio de las actividades tecnológicas, Lall (1992) aprovecha los trabajos de Dahlman y Westphal (1982), Katz (1984) y Dahlman et al. (1987), además de su estudio de adquisición de capacidades en India (Lall, 1987) para desarrollar una taxonomía de la firma de acuerdo con la función técnica y el grado de complejidad; años después, Bell y Pavitt (1995) desarrollaron el marco de las capacidades tecnológicas propuestas por Lall.

Es así como la literatura especializada reconoce que no es posible juzgar si una función técnica en particular es simple o compleja, tampoco si las etapas pueden mostrar una secuencia a realizar para el aprendizaje; no obstante, Lall (1993) señala que a pesar de la naturaleza misma del aprendizaje tecnológico parecería dictaminar que el dominio procede desde las actividades más simples a las actividades más complejas, donde las organizaciones adoptan diferentes secuencias (p. 267); por lo tanto, la propuesta de Lall (1992) orienta en cómo se podrían medir y evaluar las CIT sin evidenciar una secuencia necesaria de cómo se acumulan las capacidades. En el mismo sentido, Bell y Pavitt (1995) marcan algunas restricciones acerca de las etapas del proceso de acumulación tecnológica y recomiendan un mayor enfoque en las estrategias que permitan a la firma construir y acumular CIT. Además, son reiterativos en que los estudios deberían abordar dimensiones de país y sectores industriales y sus particularidades para determinar las diferencias y cambios en las tasas de acumulación y niveles de especialización de las diferentes áreas funcionales de la firma. Por último, Lall (1987) recomienda, no solo abordar las actividades y los procesos técnicos de una firma en particular, sino también las capacidades organizacionales, las cuales deben de acompañar a las CIT.

Con base en los trabajos previos de Lall (1992), Robledo et al. (2008) proponen una categorización y redefinición de las CIT y su evaluación acuñados en el concepto de capacidad organizacional de Renard y Saint-Amant (2003). Los autores definen las CIT como una capacidad organizacional que hace posible lograr los objetivos de la innovación tecnológica, además, conceptualizan y hacen énfasis en siete capacidades acuñados en los trabajos de (Guan y Ma, 2003; Wang et al., 2008; Yam et al., 2004; Salimi y Rezaei, 2018): 1) capacidad de planeación estratégica, 2) capacidad de investigación y desarrollo, 3) capacidad de producción, 4) capacidad de mercadeo, 5) capacidad de gestión de recursos, 6) capacidad de aprendizaje organizacional y 7) capacidad organizacional.

Se evidencia, entonces, que las CIT, junto con los recursos de la firma, son factores endógenos primordiales que proporcionan ventaja competitiva (Liu y Jiang, 2016), asimismo, permiten medir y evaluar las dinámicas de aprendizaje de la firma, particularmente, a través de aquellos patrones que proporcionan una mejor comprensión de las dinámicas de transición (acumulación o desacumulación) de las CIT. Esta perspectiva podría ayudar en una mejor comprensión del fenómeno de la especialización, la transferencia y el aprendizaje (barreras y habilitadores) de la(s) firma(s) en los territorios.

### 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proceso de revisión sistemática de literatura se siguió la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) planteada por Moher et al. (2009). Esta metodología plantea cuatro etapas: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. Para la etapa de identificación se emplearon las palabras clave según el objetivo del estudio y se realizó la búsqueda de registros en dos bases de datos, Scopus y WOS<sup>1</sup>. Estas fueron exploradas usando ecuaciones de búsqueda estructurada con base en operadores booleanos y códigos de campo (título – resumen – palabras clave) para una ventana de observación de diez años. A continuación, la Tabla 1 muestran las ecuaciones de búsqueda.

**Table 1. Criterios de búsqueda y resultados de cada base de datos utilizada en este estudio**

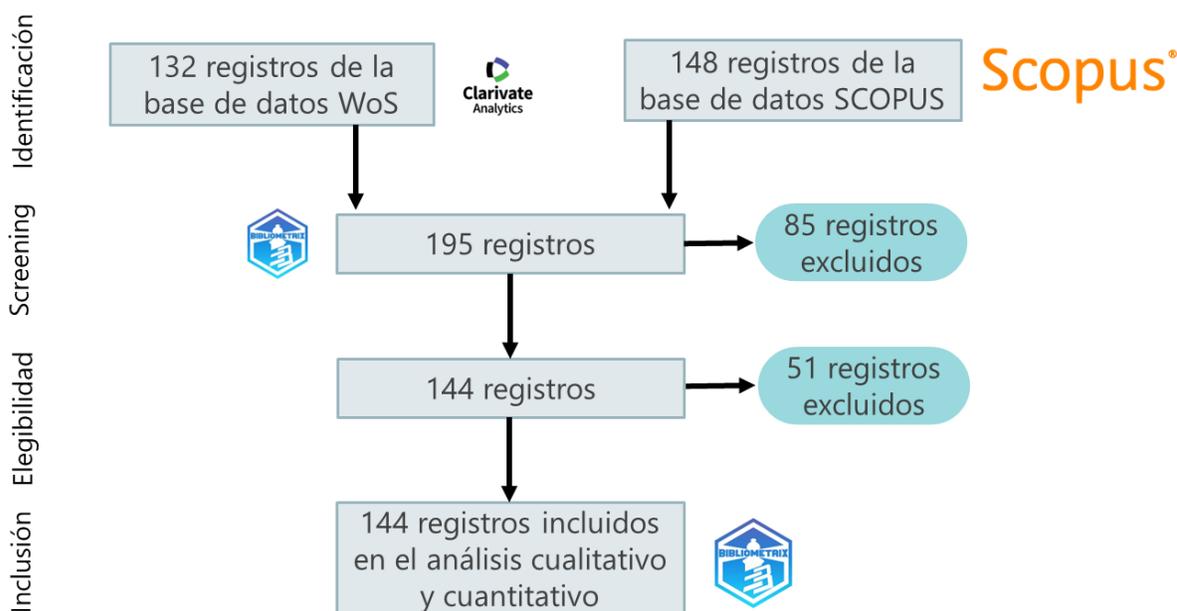
Table 1. Search criteria and results for each database used in this study

Palabras clave	Ecuación de búsqueda	# de resultados
Measurment Accumulation Assesing «technological innovation capabilities»	<b>WOS</b> (((TI=measur* OR AB=measur* OR AK=measur*) OR (TI=asses* OR AB=asses* OR AK=asses*)) OR (TI=accumul* OR AB=accumul* OR AK=accumul*)) AND (TI="technological innovation capa*" OR AB="technological innovation capa*" OR AK="technological innovation capa*") AND PY=(2011-2022)	89
	<b>Scopus</b> ( ( TITLE-ABS-KEY ( measur* ) OR TITLE-ABS-KEY ( asses* ) OR TITLE-ABS-KEY ( accumul* ) ) ) AND ( TITLE-ABS-KEY ( "technological innovation capa*" ) ) AND PUBYEAR > 2010	88

Fuente: elaboración propia.

<sup>1</sup> Se emplearon todas las colecciones disponibles para la búsqueda (Core Collection, que abarca los índices de Ciencias, Ciencias Sociales y Artes y Humanidades, además de los proceedings, tanto de Ciencias como de Ciencias Sociales y Humanidades), además de las bases de datos complementarias (Medline, Scielo y Korean Citation Index).

Para la segunda etapa de screening se eliminaron los registros duplicados empleando el método descrito por Caputo y Kargina (2022) en el software Bibliometrix, arrojando un total de 130 registros. Para la etapa de elegibilidad se establecieron dos criterios de exclusión: artículos que no mencionan métodos y herramientas para la medición, evaluación y acumulación de las CIT; y artículos que son retractados por los autores. Bajo este criterio, finalmente se excluyeron cinco documentos en la etapa de inclusión; el número de documentos elegidos para el análisis cualitativo y cuantitativo fue de 125 registros, dado que no se incluyeron registros que estuvieran por fuera de los registros obtenidos en las bases de datos consultadas. La Figura 1 señala el procedimiento de manera gráfica de los elementos de información preferidos para las revisiones sistemáticas y el metaanálisis:



**Figura 1. Metodología PRISMA**

Figure 1. PRISMA Methodology

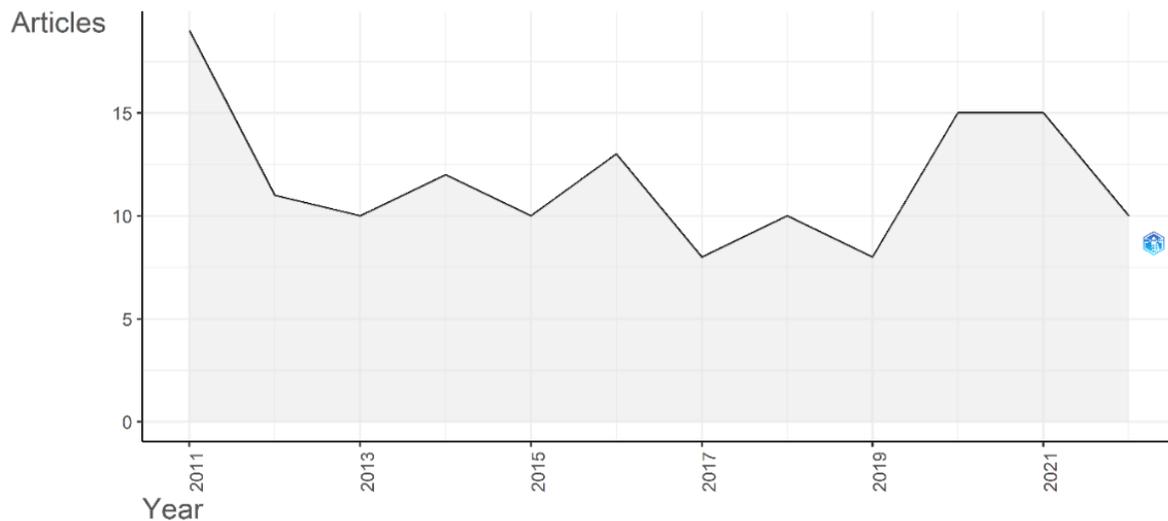
Fuente: adaptado de Moher et al., (2009).

## 4. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se empleó el software Bibliometrix 4.0, desarrollado por Aria y Cuccurullo (2017), que facilita el análisis cuantitativo de registros bibliográficos relacionados con un área específica del conocimiento a partir de diferentes técnicas bibliométricas y soportado en el lenguaje de programación R. El análisis fue conducido mediante dos niveles de métricas y un nivel de estructuras de conocimiento. El primero se relaciona principalmente con la producción científica anual, las principales fuentes, autores y documentos, mientras que el segundo se orienta a la identificación de las estructuras conceptuales, intelectuales y sociales de la temática estudiada.

### 4.1 Nivel de métricas

La producción científica relacionada con la medición, evaluación y acumulación de las CIT evidencia un interés permanente con un total de 144 registros para la ventana de observación (2011-2022)<sup>2</sup>, sin embargo, como señala la Figura 2, se observa una fluctuación en la producción científica, y es a partir del año 2019 donde la evolución de la temática evidencia un incremento de ocho a quince registros en el 2020. Es evidente que para el año 2022 se presenta un descenso en la producción científica de estudios indexados, debido a la fecha en que este análisis fue desarrollado.



**Figura 2. Producción científica (2011-2022)**

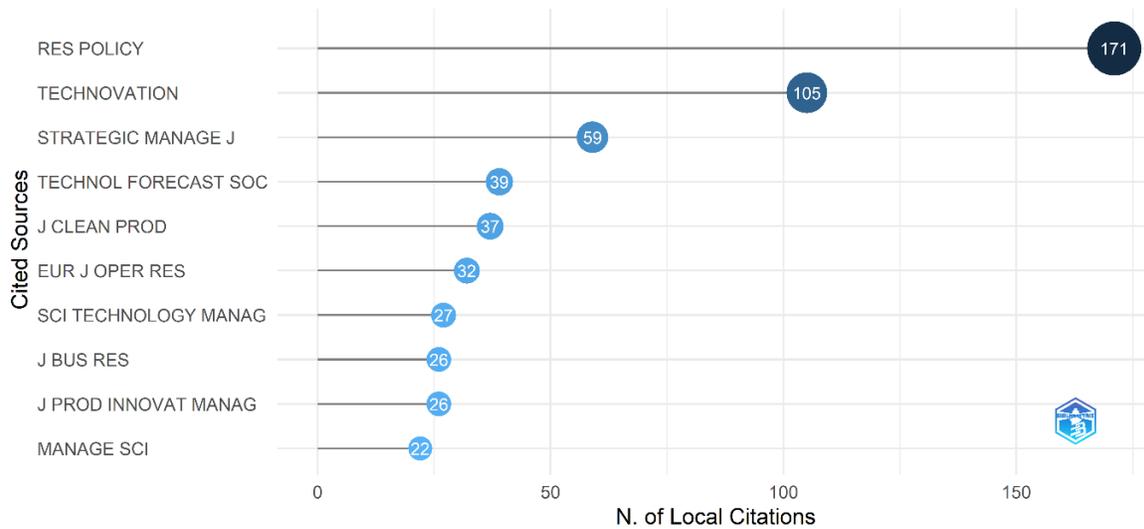
Figure 2. Scientific production in the field (2011–2022)

Fuente: elaborado por el autor con base en el software Bibliometrix

Entre las principales revistas que publican documentos relacionados con la temática de búsqueda, aparecen *Advances In Intelligent Systems And Computing*, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* y *Technology Analysis & Strategic Management* con tres artículos cada una. Entre otras revistas se destaca *Innovar* (revista colombiana), con dos artículos. Llama la atención que esta nueva base de conocimiento tiene sustento en revistas de alto impacto como son *Research Policy*, *Technovation*, *Strategic Management Journal* y *Technological Forecasting and Social Change* con cerca de 171, 105, 59 y 39 citas, respectivamente (ver Figura 3).

Entre los artículos más citados aparece *Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance*, investigación adelantada por Cesar Camisón de la Universidad de Valencia (España), con más de 165 citas en el corpus analizado. Esta publicación analiza la relación entre la innovación organizacional y las CIT, evaluando el efecto en el desempeño de la firma a partir de la teoría de recursos y capacidades, desarrollando un piloto en 144 firmas industriales españolas a partir de un sistema de ecuaciones estructurales y mínimos cuadrados (Camisón y Villar-López, 2014).

<sup>2</sup> La búsqueda fue conducida en septiembre de 2022.

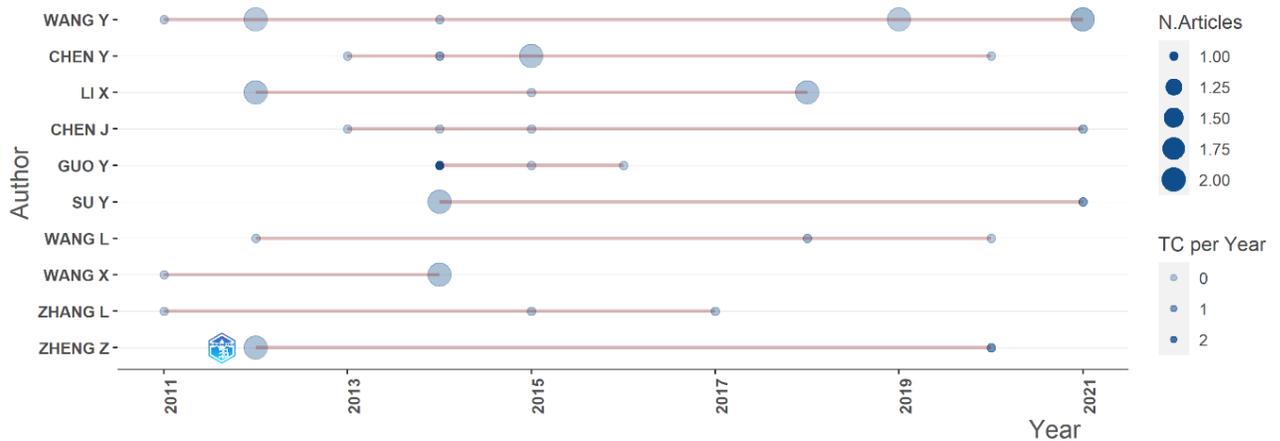


**Figura 3. Fuentes más citadas**

Figure 3. Most cited sources

Fuente: elaborado por el autor con base en el *software* Bibliometrix.

Entre los principales autores se destacan Wang Yanting, de la Chang'an University, con ocho documentos, seguido por Chen Y, de la Universidad de Nankai, en China, con cinco documentos y, finalmente, Xiaoli Li, de la Escuela de Administración del Instituto de Tecnología de Harbin, en China (ver Figura 4). Estos autores han venido desarrollando investigaciones de manera permanente en los últimos años en la temática de investigación, además, entre las principales áreas de interés se destacan la evaluación de las CIT a nivel regional y la evaluación de las CIT en SME (Small and medium-sized enterprises).



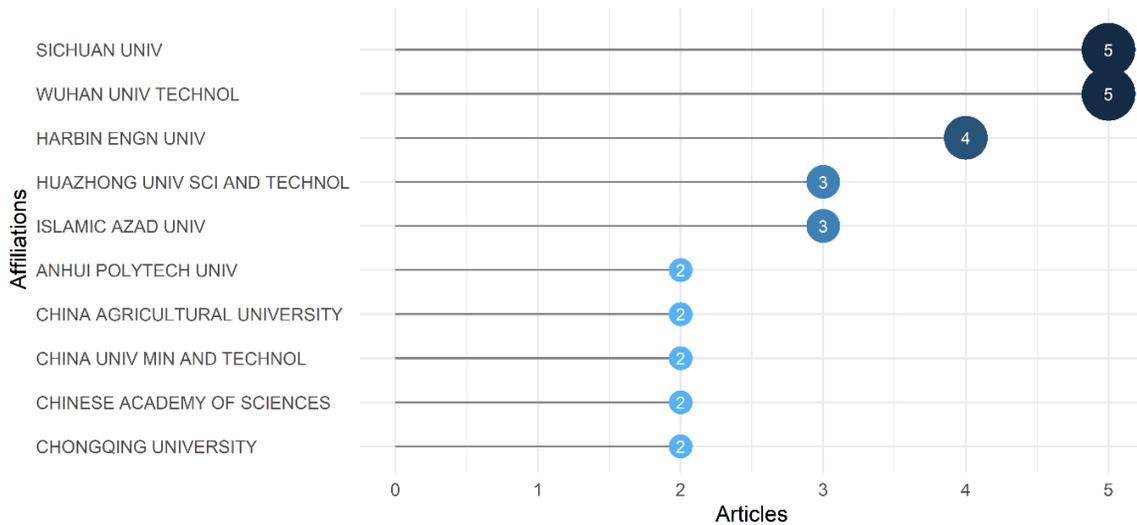
**Figura 4. Número de trabajos de autores referentes**

Figure 4. Number of studies published by the most productive authors

Fuente: elaborado por el autor con base en el *software* Bibliometrix

Las instituciones que acogen los investigadores en esta área se concentran principalmente en universidades de la República Popular China como Sichuan University, Wuhan University of Technology, Harbin Engineering University con cinco, cinco y cuatro documentos, respectivamente.

La única universidad por fuera de la China que se destaca dentro del top diez con mayor producción científica en esta área de conocimiento, es la Islamic Azad University, en Teherán, en Irán, con tres documentos, como lo evidencia la Figura 5.

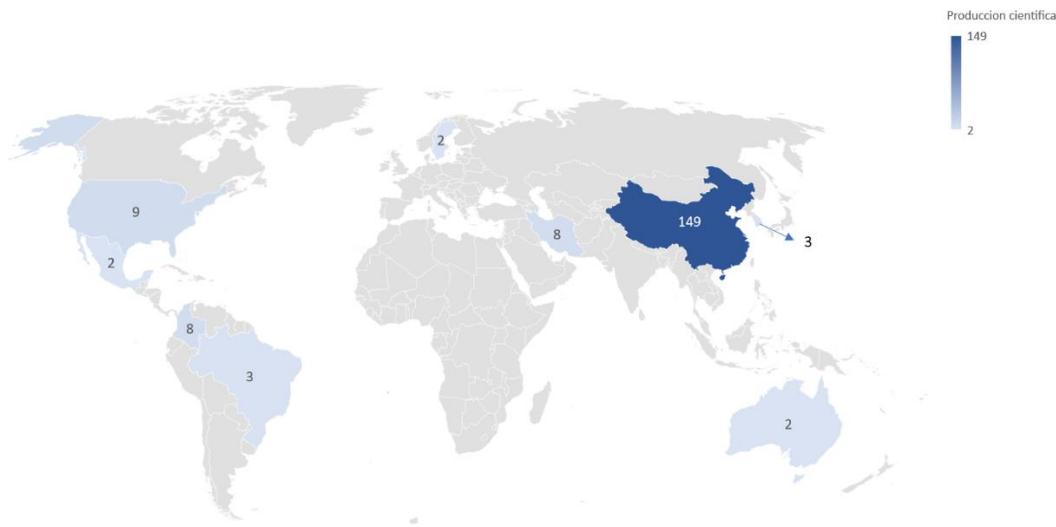


**Figura 5. Afiliaciones más relevantes**

Figure 5. Most productive affiliations

Fuente: elaborado por el autor con base en el software Bibliometrix.

Los países que vinculan mayor número de investigadores que vienen publicando en el área, como se mencionó anteriormente, son de la República Popular China, con cerca de 149 investigadores, seguido de Estados Unidos, con nueve, y Colombia, con nueve. En el top diez de América, aparecen Brasil, con tres investigadores, y México, con dos (ver Figura 6).



**Figura 6. Países más relevantes**

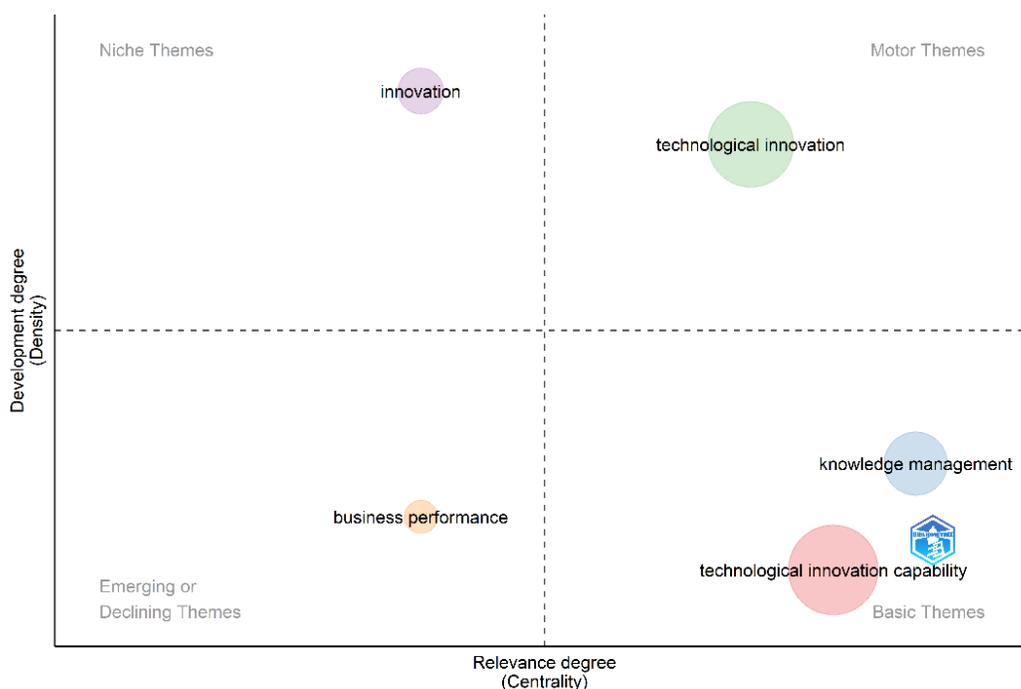
Figure 6. Most productive countries

Fuente: elaborado por el autor con base en el *software* Bibliometrix.

## 4.2 Nivel de estructuras de conocimiento

Para la selección de los temas emergentes o en declive se siguió la metodología planteada por Cobo et al. (2011), la cual establece dos argumentos, densidad y centralidad. En este caso se tiene en cuenta, tanto el número de documentos, como el número y promedio de citas, por lo cual la temática del cuadrante tres presenta una mayor centralidad y menor densidad, lo que lo califica como una temática emergente.

Desde el enfoque de la estructura conceptual de los registros analizados se evidencia que existen cuatro núcleos o dimensiones de temas que orientan las tendencias de investigación en este campo de acuerdo con la densidad (grado de desarrollo de la temática) con respecto a la centralidad (grado de relevancia), como se señala la Figura 7.



**Figura 7. Dimensiones de temas que orientan las tendencias**

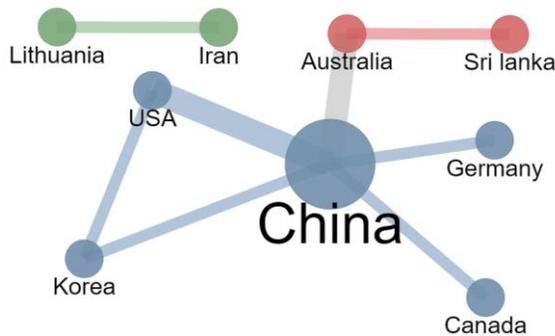
Figure 7. Thematic dimensions that guide the research trends in the field

Fuente: elaborado por el autor con base en el software Bibliometrix.

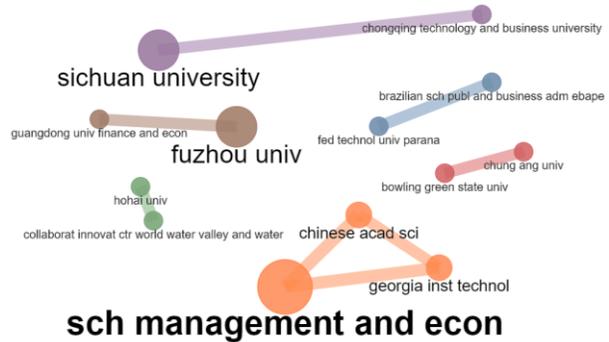
El primer núcleo evidencia las temáticas emergentes que se relacionan directamente con el efecto en el desempeño de la firma para el desarrollo de innovaciones a partir de las CIT; el segundo, referencia temas básicos, como son aquellos que relacionan la gestión del conocimiento y la innovación tecnológica con base en las CIT; luego aparece el tercer núcleo, que relaciona temas de nicho o de alta especificidad, como lo es el índice de Malmquist, que busca comparar el efecto del cambio tecnológico en la productividad de los países y sus industrias; y finalmente aparecen las temáticas tractoras o de tipo motor, es decir, aquellos temas que soportan el desarrollo del

conocimiento, como es el caso de la modelación como herramienta para mejorar la comprensión de los procesos de medición, evaluación y acumulación de las TIC y su efecto en el desempeño de las organizaciones.

En cuanto a las redes de colaboración entre países, es evidente que la República Popular China (nodo azul Figura 8) lidera entre los países con mayor producción y colaboración internacional, especialmente a través de las Universidades como Sichuan University, Wuhan University of Technology, Harbin Engineering University, mencionadas anteriormente.



**Figura 8. Redes de colaboración entre países**  
Figure 8. Collaboration networks between countries



**Figura 9. Redes de colaboración entre instituciones**  
Figure 9. Collaboration networks between institutions

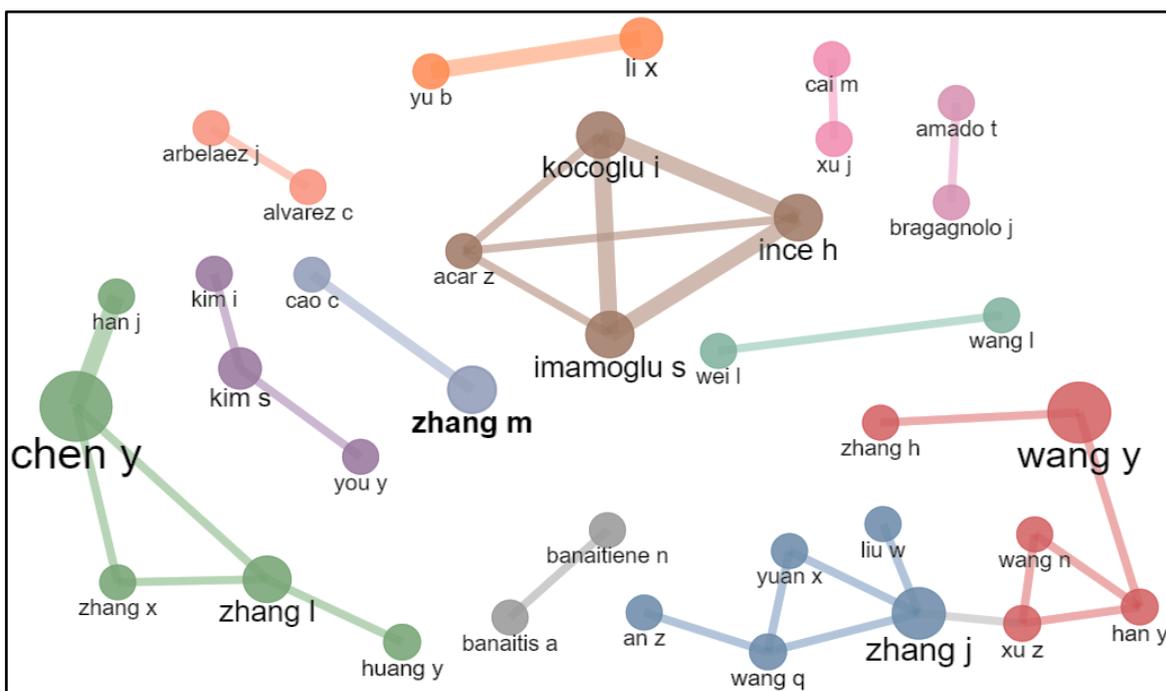
Fuente: elaborado por el autor con base en el software Bibliometrix

Los principales aliados de China para el desarrollo de estos estudios son Alemania, Canadá, Corea y Estados Unidos. China se vincula a un segundo nodo de color rojo con Australia, especialmente a través de la Universidad Melbourne, donde las investigaciones se orientan a la evaluación del efecto de la cultura corporativa sobre la CIT de las firmas. Finalmente, un tercer nodo totalmente autónomo, donde interactúan Irán y Lituania (ver Figura 8).

La colaboración entre instituciones se da principalmente entre las de la República Popular China, en donde se destacan cuatro nodos, como se señala en la Figura 9. El nodo naranja señala un liderazgo de la Universidad of Management and Economics, de Lituania, y se vincula con la Academia China de las Ciencias y con el Instituto Tecnológico de Georgia. Un segundo nodo de color violeta, donde lidera la Universidad de Sichuan, se vincula con la Universidad de Negocios y Tecnología, de Chongqing. Finalmente, se destaca el nodo de color azul donde interactúan dos universidades de Latinoamérica, como lo son la Universidad Tecnológica Federal de Paraná y la Escuela Brasileña de Administración Pública y de Empresas (EBAPE) (ver Figura 8).

La Figura 9 denota la colaboración entre autores, la cual destaca, principalmente, dos nodos que interactúan: nodo rojo y nodo azul, donde los autores líderes son Wang Y, de la Universidad de Chang'an, y Zhan J, que orientan sus investigaciones a la evolución de las CIT a nivel regional, pero, especialmente, a la evaluación del impacto de los resultados obtenidos en el desarrollo de estrategias reales que promuevan la innovación en las provincias de la República Popular China.

Aparece otro nodo verde, liderado por Chen Y, de la Universidad de Nankai, quien también enfoca sus investigaciones en la evaluación de las CIT de las regiones chinas, analizando, primordialmente, los factores que afectan la construcción y acumulación de las CIT. Tanto en los nodos antes descrito, como en este último, el método empleado es el del peso de entropía (ver Figura 10).



**Figura 10. Redes de colaboración entre autores**

Figure 10. Collaboration networks between authors

Fuente: elaborado por el autor con base en el software Bibliometrix

## 5. DISCUSIÓN

Al realizar una revisión a profundidad de los registros identificados, se observa que la mayoría de estos se orientan a la evaluación y análisis de las CIT en sectores y regiones de países en vía a de desarrollo, seguidores o entrantes tardíos «letcomers», como son Corea, Brasil, China, España y Colombia, lo anterior obedece principalmente a que la medición de las CIT en países europeos (escandinavos) han trascendido el foco de estudio en el campo de medición, evaluación y acumulación (Figueiredo y Piana, 2021), lo que señala que los países desarrollados vienen realizando, en su mayoría, estudios enfocados hacia construcción de competencias nucleares y ventaja competitiva, desde una perspectiva de la gestión estratégica (SML, por sus siglas en inglés).

A continuación, la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 muestra el análisis a profundidad de las investigaciones asociadas a las cuatro vertientes que demarcan las tendencias de investigación en temáticas emergentes, básicas, en declive, de nicho y tractoras.

**Tabla 2. Desempeño de la firma para el desarrollo de innovaciones a partir de las CIT (temática emergente)**

Table 2. Firm's performance in the development of innovations based on TICs (emerging theme)

Autor(es)	País/Sector	Modelo de acumulación de capacidades	Herramientas de evaluación de las CIT para la toma de decisiones
(Mortazavi Ravari et al., 2016)	Irán / Investigación	Lo señalan desde el aprendizaje colectivo mediante entrenamiento profesional y gestión del conocimiento.	La planeación estratégica es criterio clave para mejorar el desempeño y desarrollar las CIT en las organizaciones de investigación.
(Hu, 2012)	Japón – Corea – Taiwán / TFT-LCD	La ventaja revelada de patentes (RPA, por sus siglas en inglés) y la posición relativa de patentes (RPP, por sus siglas en inglés) evidencia como el desempeño de las firmas en el mercado depende de las CIT.	Evaluación de portafolios tecnológicos usando data de patentes como medida de evaluación de las CIT.
(Camisión y Villar-López, 2014)	España / Firms industriales	La innovación organizacional es un requisito para las CIT, evaluando tres dimensiones: las prácticas del negocio; las innovaciones en el lugar de trabajo; nuevos métodos organizacionales y su efecto sobre las innovaciones en productos y procesos.	Evalúa la relación entre la innovación organizativa y las CIT, y analiza su efecto en el rendimiento de las firmas utilizando un marco teórico de visión basada en los recursos.
(Chen et al., 2020)	China / Manufactura	La influencia positiva que tiene la innovación organizacional en el conjunto de dimensiones de las CIT de: aprendizaje, I+D, asignación de recursos, fabricación, capacidad de <i>marketing</i> y planificación estratégica para incrementar las ventajas competitivas.	Evalúa la influencia positiva que tiene la Innovación organizacional en el conjunto de dimensiones de las CIT de las firmas que implementan estrategias de innovación que soporten la acumulación de CIT para alcanzar los objetivos de innovación.
(Lau y Lo, 2019)	Hong Kong / Firms industriales	Los procesos de aprendizaje son cruciales para el desarrollo de las CIT, sin embargo, la adquisición y asimilación permite aumentar (acumular) el <i>stock</i> de conocimiento, mientras que la transformación y explotación permiten llevar el conocimiento al mercado mediante innovaciones.	Se evalúan los procesos de aprendizaje (adquisición, asimilación, transformación y explotación) asociados a las capacidades de absorción y su efecto en las CIT para mejorar el desempeño de las firmas.
(Ding et al., 2022)	China / Economía verde	Se miden las CIT a nivel regional (provincias chinas) con base en cuatro criterios: <i>technology input capacity</i> , <i>technology output capacity</i> , <i>technology diffusion capacity</i> , y <i>technology support capacity</i> , a través de fuentes secundarias para evaluar el efecto en el desarrollo económico verde.	Se establecen criterios asociados a: entradas de la capacidad tecnológica (inversión y empleados tiempo completo en I+D) y salidas (número de patentes, diseño de nuevos productos) que facilitan el crecimiento de nuevos sectores, además de criterios en los procesos de <i>feedback</i> para analizar los efectos de la ciencia en la economía.
(Yang y Huang, 2016)	Taiwán / Construcción	Se emplean tres constructos para medir las CIT en el sector construcción: habilidades del equipo en transformar la I+D, efectividad del equipo para aplicar métodos de construcción avanzada y capacidades del personal, desde el concepto del aprendizaje.	Evalúa la importancia de incorporar herramientas tecnológicas que faciliten los procesos de innovación en la industria de construcción.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3. Gestión del conocimiento y la innovación tecnológica con base en las CIT (temática básica)**

Table 3. Knowledge management and technological innovation based on the TIC (Basic theme)

Autor(es)	País/sector	Modelo de acumulación de capacidades	Herramientas de evaluación de las CIT para la toma de decisiones
(Yang y Liu, 2020)	China/ Tecnologías de la información y la comunicación	El mecanismo del ciclo de conocimiento promueve la evolución del sistema en el que las firmas construyen diferentes mecanismos de aprendizaje para absorber el conocimiento e incrementar la posibilidad de desarrollar innovaciones.	Se demuestra que la estrategia de innovación es la base para la formación de las CIT a través de un proceso que va desde «la capacidad de innovación de imitación - capacidad de innovación secundaria primaria - capacidad de innovación secundaria madura - capacidad de innovación integrada - capacidad de innovación original».
(Figueiredo y Piana, 2021)	Brasil / Minería	El proceso de construcción de CIT involucra diferentes formas de aprendizaje «doing, using and interacting».	Se desarrollan estrategias tecnológicas desde las estrategias imitativas y defensivas hacia las estrategias ofensivas con elementos que se superponen en el proceso de mejora de la tecnología.
(Cassia et al., 2022)	Brasil / Manufactura	A partir de la relación entre infraestructura y conocimiento, se establecen planes para insertar clientes en los procesos de innovación de la firma.	Mide la capacidad de compartir conocimientos (información, habilidades, conocimiento, competencias) mediados por la infraestructura tecnológica y su efecto en las CIT (específicamente la capacidad para insertar clientes en procesos de innovación).
(Dutrénit et al., 2019)	México – Brasil – Uruguay – Chile / Manufactura	Las esferas tecnoeconómicas y sociopolíticas influyen en el proceso de acumulación de capacidades; cuatro taxonomías que permiten la consolidación de las CIT en las firmas: capacidades rutinarias, básicas, intermedias y avanzadas.	Las propuestas de políticas de ciencia, tecnología e innovación (en adelante CTel) para el desarrollo de las CIT, considerando la esfera tecnoeconómicas y sociopolítica de forma diferente, lo que da lugar a distintos perfiles de desarrollo en Latino América y una recomendación de política.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 4. Modelación como herramienta para mejorar la comprensión de los procesos de medición, evaluación y acumulación de las CIT (temática de nicho)**

Table 4. Modeling as a tool to improve the understanding of the measurement, evaluation, and accumulation processes of the TIC (Niche theme)

Autor(es)	País/sector	Modelo de acumulación de capacidades	Herramientas de evaluación de las CIT para la toma de decisiones
(Quintero et al., 2021)	Colombia/ Agrícola	Acumulación de capacidades en el sistema a través de aprendizaje interactivo ( <i>doing interacting</i> ). Se asocian las capacidades de investigación, desarrollo tecnológico, difusión, vinculación, apropiación para la producción y mercadeo a través de un modelo de comportamiento organizacional desde la teoría de recursos – capacidades y competencias.	Modelación y simulación (bajo el paradigma de agentes) para la construcción de escenarios de política que permitan comprender el desempeño del sistema. Dinámicas de mercado: demanda «atributos de mercado y oferta a través de CIT de los agentes de un sistema de innovación agrícola».
(Marulanda-Grisales y Montoya-Restrepo, 2015)	Colombia / Textil	Modelo de gestión del conocimiento a partir del aprendizaje <i>learning by doing</i> (rutinas) y la teoría de recursos y capacidades para entender los procesos de acumulación de conocimiento.	Modelación y simulación bajo el paradigma de dinámica de sistemas para la construcción de escenarios que permitan analizar cómo evoluciona la acumulación de conocimiento y las CIT.
(Li y Yu, 2018)	China/no reporta	Se establece un modelo teórico de acumulación de capacidades y conocimiento a partir de las capacidades de absorción, integración e innovación en función de la adquisición de conocimiento externo y/o la creación de conocimiento interno.	Se emplea un modelo bajo el paradigma de dinámica de sistemas, en el que identifica que la CIT no aumenta por el acervo de conocimientos en sí mismo, sino por proceso estructurado de acumulación de conocimientos.
(Wang y Zhang, 2016)	China / Farmacéutico	Se desarrolló un modelo teórico para estudiar en profundidad la estructura de un sistema tecnológico de innovación y la realimentación entre varios elementos para medir su impacto en el avance de nuevos productos, la degradación del conocimiento, la inversión en I+D y las CIT.	Se emplea un modelo bajo el paradigma de simulación de dinámica de sistemas utilizando el <i>software</i> Vensim. Se evidencia que para mantener la CIT las compañías deben guardar una proporción entre el desarrollo de nuevos productos y el incremento de la acumulación de conocimiento técnico, donde la inversión en I+D no necesariamente mejora las CIT.

Fuente: elaboración propia.

Las tendencias analizadas evidencian la importancia de medir, evaluar, modelar y simular las CIT en las firmas que componen los sistemas de innovación. Las metodologías utilizadas en años anteriores a esta revisión no fueron replicadas en estudios posteriores, debido al grado de complejidad de los métodos. Es de gran ayuda estandarizar un método en las firmas que permita medir, evaluar, modelar y simular el comportamiento dinámico de las CIT con el propósito de

establecer y desarrollar estrategias de política que conlleven a mejorar el desempeño económico e innovador. En contraste con otras investigaciones, el análisis evidencia una tendencia clave de que los países en vía de desarrollo requieren aún consolidar el desempeño de sus CIT para fortalecer los procesos de innovación desde la adquisición, asimilación, transformación y explotación del conocimiento.

Es importante resaltar que las temáticas básicas evidencian cómo los modos de política podrían conducir en estrategias de aprendizaje tecnológico desde los ciclos de exploración y explotación. Los modelos de simulación que representan dinámicas de acumulación o des acumulación tienen un actor clave (agente catalizador/intermediario) para comprender la intermediación en el sistema, el cual juega un papel sobresaliente en las dinámicas de innovación desde la teoría de los costos de transacción. De igual forma, la infraestructura tecnológica de la firma se convierte en un instrumento importante para que las capacidades rutinarias transiten desde las capacidades básicas hacia capacidades avanzadas en cualquier firma o sector. Este último aspecto se relaciona con la temática de nicho, la cual se comulga con aquellos estudios que modelan y simulan dinámicas de acumulación a través de la medición y evaluación de las CIT, proporcionando una mejor comprensión de cómo es la transición de las capacidades en la firma.

Las implicaciones prácticas que evidencian los hallazgos para países en vía de desarrollo señalan la importancia de establecer estrategias más allá de la simple medición o evaluación, debido a que el proceso de acumulación de las CIT es dinámico e involucra diferentes agentes de los sistemas de innovación que interactúan, toman decisiones, y aprenden y desaprenden de manera permanente. Lo anterior conlleva a una mejor comprensión desde la modelación y la simulación de aquellas dinámicas emergentes propias de la interacción del nivel micro que deben ser tenidas en cuenta para establecer políticas y estrategias desde lo individual (firmas) y colectivo (sectores y cadenas productivas) en las regiones. De igual forma, es indiscutible que el proceso de transición de acumulación de las capacidades al interior de la firma debe estar soportado por una política y estrategia que imbriquen equipos de tarea, dedicados a promover dinámicas de acumulación mediante el aprendizaje interactivo (*doing-using-interacting*), facilitando la adaptación a nuevas circunstancias del entorno y del mercado (Londoño-Patiño y Acevedo-Álvarez, 2018), con el objetivo de crear y desarrollar nuevos y mejorados bienes y servicios sostenibles que generen ventaja competitiva (Pralhad y Hamel, 1990; Teece et al., 1997; Sudolska y Łapińska, 2020), más aún cuando las firmas se enfrentan a entornos de alta incertidumbre y complejidad que ponen en riesgo la permanencia de estas en el mercado.

## 6. CONCLUSIONES

La producción científica global entorno a la medición, evaluación y acumulación de capacidades en los últimos diez años muestra una dinámica creciente, especialmente en el periodo 2019-2020, pasando de ocho a quince documentos, respectivamente, con una tasa de crecimiento interanual promedio de 4.14%, enriqueciendo la teoría de los recursos y capacidades. Estos estudios se concentran principalmente en China, Colombia, Estados Unidos, Turquía, Corea del Sur y Brasil, lo que deja en manifiesto el interés de las instituciones de investigación y universidades de estos países en aportar elementos tanto teóricos como empíricos de la importancia que tienen los procesos de acumulación de capacidades para las regiones y sectores estratégicos. En este sentido, se analiza lo

indispensable de la gestión del conocimiento, el capital humano, la innovación organizacional en el desempeño de las firmas y regiones para la sofisticación de sus bienes-servicios y economías.

La revisión de literatura permitió evidenciar tres vertientes principales de tendencias que marcan la evolución de la temática de estudio en el mediano y largo plazo, y que jugarán un papel determinante en la comprensión de los procesos de acumulación de capacidades medulares (core competencies) desde la perspectiva de los recursos. Se destacan, particularmente, aproximaciones de las temáticas de tipo motor que emplean paradigmas de modelación y simulación de enfoques top-down, como la dinámica de sistemas y bottom-up desde la modelación basada en agentes, esta última modela y simula las dinámicas evolutivas de los procesos de acumulación de las CIT a partir de un conjunto de actores, reglas y procedimientos que facilitan la comprensión del fenómeno de acumulación desde el diseño de escenarios de políticas y estrategias.

Las dinámicas de construcción y evolución de las CIT permiten observar los procesos de aprendizaje de la firma-región-sector, donde la gestión de conocimiento es un proceso clave para evidenciar el desempeño de la firma a través de los modos de innovación y aprendizaje (learning by doing, using and interacting) para la adquisición, asimilación, transformación y explotación de conocimientos y tecnologías, evidenciándose cómo las firmas transitan de la construcción de una base de conocimiento (capacidades de operación, de innovación básicas y de innovación intermedias) a la construcción de capacidades centrales ordinarias (capacidades de innovación avanzadas). El proceso de acumulación que transitan las firmas-regiones-sectores evidencia cómo se podría mejorar el desempeño innovador a través de la medición y evaluación de las CIT en los territorios, con el objetivo de afrontar retos de productividad y competitividad que demarcan las dinámicas de incertidumbre y complejidad a la que actualmente se enfrentan, dando el salto a la construcción de capacidades centrales, permitiendo así, la construcción de competencias estratégicas, como lo señala en sus trabajos Dutrénit (2000).

Finalmente, se evidencia, desde una perspectiva general de las diferentes vertientes encontradas y analizadas, que el proceso de evaluación y medición no permite por sí mismo establecer estrategias que mejoren el desempeño de las firmas (sectores) y sus territorios; por el contrario, es clave considerar cómo transitan las firmas y sus territorios en la acumulación de CIT para un mejor diseño de estrategias y políticas que permitan un óptimo desempeño económico e innovador de los territorios. Esta condición generará efectos en los desempeños territoriales efectivos cuando se establezcan estrategias de política que proporcionen evidencias de la evolución longitudinal de aquellos actores que participan en el proceso de acumulación de las CIT en el campo territorial. Por lo anterior, los procesos de modelación y simulación han empezado a ganar interés en los últimos cuatro años, además, las evidencias encontradas en la literatura especializada sobre CIT resaltan cómo la inversión en CTel se concreta en el sistema como una inversión en aquellos países con altas capacidades, y en un gasto en países con bajas capacidades.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, en el marco del desarrollo de pasantías posdoctorales de la Convocatoria de Vocaciones y Formación en CTel para la reactivación económica

en el marco de la post-pandemia 2021 y al Clúster Aeroespacial Colombiano CAESCOL como entidad receptora.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no presentan conflictos de interés financiero, profesional o personal que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Para el desarrollo de este proyecto todos los autores han realizado una contribución significativa especificada a continuación:

Santiago Quintero: Diseño conceptual de la búsqueda y tratamiento de datos. Análisis de datos e identificación de tendencias. Redacción del borrador del manuscrito.

William Alejandro Orjuela Garzón: Diseño conceptual, definición metodológica, búsqueda tratamiento, y análisis de datos mediante software. Redacción del borrador del manuscrito, revisión y edición del manuscrito.

Jhon F. Escobar: Diseño conceptual de la búsqueda y tratamiento de datos. Redacción del borrador del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Adler, P. S., Shenhar, A. (1990). Adapting Your Technological Base: The Organizational Challenge. *Sloan Management Review*, v. 32, n. 1, 25-37.  
<http://faculty.marshall.usc.edu/Paul-Adler/research/TechBase%20SMR.pdf>
- Aria, M., Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Bell, M. (1984). 'Learning' and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. En M. Fransman, K. King (eds.), *Technological Capability in the Third World* (pp. 187-209). Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-17487-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-349-17487-4_10)
- Bell, M., Pavitt, K. (1993). Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n. 2, 157-210.  
<https://doi.org/10.1093/icc/2.2.157>
- Bell, M., Pavitt, K. (1995). The Development of Technological Capabilities. En I. ul Haque, M. Bell, C. Dahlman, S. Lall, K. Pavitt (eds.), *Trade, technology, and international competitiveness* (pp. 69--101). EDI Development Studies.

- Bell, M., Ross-Larson, B., Westphal, L. E. (1984). Assessing the performance of infant industries. *Journal of Development Economics*, v. 16, n. 1-2, 101-128. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(84\)90103-2](https://doi.org/10.1016/0304-3878(84)90103-2)
- Bell, M., Scott-Kemmis, D. (1985). Technological Capacity and Technical Change. *Draft Work: ing Paper*.
- Camisón, C., Villar-López, A. (2014). Organizational innovation as an enabler of technological innovation capabilities and firm performance. *Journal of Business Research*, v. 67, n. 1, 2891-2902. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.06.004>
- Caputo, A., Kargina, M. (2022). A user-friendly method to merge Scopus and Web of Science data during bibliometric analysis. *Journal of Marketing Analytics*, v. 10, 82-88. <https://doi.org/10.1057/s41270-021-00142-7>
- Cassia, A. R., Costa, I., de Oliveira Neto, G. C. (2022). Assessment of the effect of IT infrastructure on the relationship between knowledge sharing and technological innovation capability: survey in multinational companies. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2069005>
- Cavaggioli, F., Colombelli, A., De Marco, A., Scellato, G., Ughetto, E. (2022). Co-evolution patterns of university patenting and technological specialization in European regions. *The Journal of Technology Transfer*. <https://doi.org/10.1007/s10961-021-09910-0>
- Chen, Q., Wang, C.-H., Huang, S.-Z. (2020). Effects of organizational innovation and technological innovation capabilities on firm performance: evidence from firms in China's Pearl River Delta. *Asia Pacific Business Review*, v. 26, n. 1, 72-96. <https://doi.org/10.1080/13602381.2019.1592339>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Informetrics*, v. 5, n. 1, 146-166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>
- Dahlman, C. J., Ross-Larson, B., Westphal, L. E. (1987). Managing technological development: Lessons from the newly industrializing countries. *World Development*, v. 15, n. 6, 759-775. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(87\)90058-1](https://doi.org/10.1016/0305-750X(87)90058-1)
- Dahlman, C. J., Westphal, L. E. (1982). Technological Effort in Industrial Development An Interpretative Survey of Recent Research. In F. Stewart, J. James (eds.), *The Economics of new technology in developing countries*. Routledge
- Ding, G., Su, X., Wang, R., Gui, L. (2022). Measurement Research on the Influence of China's Provincial Technological Innovation Capacity upon Green Economy Development. *Environmental Modeling & Assessment*, v. 27, 747-757. <https://doi.org/10.1007/s10666-022-09837-2>

- Dutrénit, G. (2000). *Learning and Knowledge Management in the Firm: From Knowledge Accumulation to Strategic Capabilities*. Edward Elgar Publishing.
- Dutrénit, G., Natera, J. M., Puchet Anyul, M., Vera-Cruz, A. O. (2019). Development profiles and accumulation of technological capabilities in Latin America. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 145, 396-412. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.026>
- Ernst, D., Ganiatsos, T., Mytelka, L. (1998). *Technological Capabilities and Export Performance: Lessons from East Asia*.
- Figueiredo, P. N., Piana, J. (2021). Technological learning strategies and technology upgrading intensity in the mining industry: evidence from Brazil. *The Journal of Technology Transfer*, v. 46, 629-659. <https://doi.org/10.1007/s10961-020-09810-9>
- Gebremariyam, Y. G., Kitaw, D., & Ebinger, F. (2022). Reverse engineering as a driver to enhance productivity and technological capability of manufacturing firms in developing countries: a literature review. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, v. 14, n. 3, 221. <https://doi.org/10.1504/IJTLID.2022.125686>
- Gómez Cano, C. M., Valencia Arias, J. A. (2020). Mecanismos utilizados para medir capacidades de innovación tecnológica en las organizaciones: resultados desde un análisis bibliométrico. *Revista Guillermo de Ockham*, v. 18, n. 1, 69-79. <https://doi.org/10.21500/22563202.4550>
- Guan, J. C., Yam, R. C. M., Mok, C. K., Ma, N. (2006). A study of the relationship between competitiveness and technological innovation capability based on DEA models. *European Journal of Operational Research*, v. 170, n. 3, 971-986. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.054>
- Guan, J., Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation*, v. 23, n. 9, 737-747. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(02)00013-5)
- Hanaysha, J. R., Al-Shaikh, M. E., Joghee, S., Alzoubi, H. M. (2022). Impact of innovation capabilities on business sustainability in small and medium enterprises. *FIIIB Business Review*, v. 11, n. 1, 67-78. <https://doi.org/10.1177/23197145211042232>
- Hu, M.-C. (2012). Technological innovation capabilities in the thin film transistor-liquid crystal display industries of Japan, Korea, and Taiwan. *Research Policy*, v. 41, n. 3, 541-555. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.013>
- Jalil, M. F., Ali, A., Kamarulzaman, R. (2022). Does innovation capability improve SME performance in Malaysia? The mediating effect of technology adoption. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, v. 23, n. 4, 253-267. <https://doi.org/10.1177/14657503211048967>

- Katz, J. M. (1984). Domestic technological innovations and dynamic comparative advantage. *Journal of Development Economics*, v. 16, n. 1-2, 13-37.  
[https://doi.org/10.1016/0304-3878\(84\)90100-7](https://doi.org/10.1016/0304-3878(84)90100-7)
- Katz, J. M. (1986). *Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana: el caso de la industria metalmecánica*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.  
<http://hdl.handle.net/11362/28580>
- Katz, J. M. (Ed.). (1987). *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-07210-1>
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Harvard Business Review Press.
- Lall, S. (1987). *Learning to Industrialize: The Acquisition of Technological Capability by India*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-18798-0>
- Lall, S. (1992). Technological capabilities and industrialization. *World Development*, v. 20, n. 2, 165-186. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(92\)90097-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(92)90097-F)
- Lall, S. (1993). Understanding Technology Development. *Development and Change*, v. 24, n. 4, 719-753. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1993.tb00502.x>
- Lau, A. K. W., Lo, W. (2019). Absorptive capacity, technological innovation capability and innovation performance: an empirical study in Hong Kong. *International Journal of Technology Management*, v. 80, n. 1-2, 107-148. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2019.099750>
- Leonard-Barton, D. (1990). A Dual Methodology for Case Studies: Synergistic Use of a Longitudinal Single Site with Replicated Multiple Sites. *Organization Science*, v. 1, n. 3, 248-266.  
<https://doi.org/10.1287/orsc.1.3.248>
- Li, X., Yu, B. (2018). Dynamic interaction between knowledge accumulation and technologic innovation capability in catch-up cycle. In *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 399-403.  
<https://doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333983>
- Liu, L., Jiang, Z. (2016). Influence of technological innovation capabilities on product competitiveness. *Industrial Management & Data Systems*, v. 116, n. 5, 883-902.  
<https://doi.org/10.1108/IMDS-05-2015-0189>
- Marulanda-Grisales, N., Montoya-Restrepo, I.-A. (2015). Modelo para gestionar el conocimiento en el sector textil de Medellín, empleando dinámica de sistemas. *Semestre Económico*, v. 18, n. 38, 161-190. <https://doi.org/10.22395/seec.v18n38a6>

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, v. 6, n. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Mortazavi Ravari, S. S., Mehrabanfar, E., Banaitis, A., Banaitienė, N. (2016). Framework for assessing technological innovation capability in research and technology organizations. *Journal of Business Economics and Management*, v. 17, n. 6, 825-847. <https://doi.org/10.3846/16111699.2016.1253607>
- Pavitt, K. (1991). Key Characteristics of the Large Innovating Firm. *British Journal of Management*, v. 2, n. 1, 41-50. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1991.tb00014.x>
- Prahalad, C. K., Hamel, G. (1990). *The Core Competencies of the Corporation*. Harvard Business Review.
- Pei, J., Zhong, K., Li, J., Xu, J., Wang, X. (2022). ECNN: evaluating a cluster-neural network model for city innovation capability. *Neural Computing and Applications*, v. 34, 12331-12343. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06471-z>
- Quintero, S., Giraldo, D. P., Orjuela Garzon, W. (2022). Analysis of the Specialization Patterns of an Agricultural Innovation System: A Case Study on the Banana Production Chain (Colombia). *Sustainability*, v. 14, n. 14, 8550. <https://doi.org/10.3390/su14148550>
- Quintero, S., Ruíz-Castañeda, W., Cubillos Jiménez, S., Marín Sánchez, B. M., Giraldo, D. P., Vélez Acosta, L. M. (2021). Medición de las capacidades tecnológicas para la innovación en los sistemas de conocimiento e innovación agrícola. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, v. 22, n. 1, 1-22. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art:1896](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1896)
- Londoño-Patiño, J. A., Acevedo-Álvarez, C. A. (2018). El aprendizaje organizacional (AO) y el desempeño empresarial bajo el enfoque de las capacidades dinámicas de aprendizaje. *Revista CEA*, v. 4, n. 7, 103-118. <https://doi.org/10.22430/24223182.762>
- Renard, L., Saint-Amant, G. (2003). Capacité, capacité organisationnelle et capacité dynamique: une proposition de définitions. *Les Cahiers Du Management Technologique*, (43-65).
- Robledo, J., Gomez, F. A., Restrepo, J. F. (2008). Relación entre Capacidades de Innovación Tecnológica y Desempeño Empresarial en Colombia. *Primer Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Salimi, N., Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and program planning*, v. 66, 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2017.10.002>
- Sudolska, A., Łapińska, J. (2020). Exploring determinants of innovation capability in manufacturing companies operating in Poland. *Sustainability*, v. 12, n. 17, 7101. <https://doi.org/10.3390/su12177101>

- Sultana, S., Akter, S., Kyriazis, E. (2022). How data-driven innovation capability is shaping the future of market agility and competitive performance? *Technological Forecasting and Social Change*, v. 174, 121260. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121260>
- Tarighi, S., Shavvalpour, S., Sobhanifard, Y. (2021). The Impact of Technological Learning on Generating and Managing Technical Change Through Mediating Role of Technological Capabilities: The Case of EOR in Iran. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3111020>
- Teece, D. J., Pisano, G., Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, v. 18, n. 7, 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Wang, C., Lu, I., Chen, C. (2008). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, v. 28, n. 6, 349-363. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.10.007>
- Wang, H., Zhang, Z. (2016). Technological innovation system of pharmaceutical industry based on system dynamics. *Shanghai Ligong Daxue Xuebao/Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, v. 38, n.1, 48-54. <https://doi.org/10.13255/j.cnki.jusst.2016.01.009>
- Westphal, L. E., Kim, L., Dahlman, C. J. (1985). Reflections on the Republic of Korea's Acquisition of Technological Capability. In N. Rosenberg, C. Frischtak (eds.), *BT - International Technology Transfer* (167-221). Praeger
- Yam, R. C. M., Guan, J. C., Pun, K. F., Tang, E. P. Y. (2004). An audit of technological innovation capabilities in Chinese firms: Some empirical findings in Beijing, China. *Research Policy*, v. 33, n. 8, 1123-1140. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.05.004>
- Yang, L.-R., Huang, C.-F. (2016). Information platform to improve technological innovation capabilities: role of cloud platform. *Journal of Civil Engineering and Management*, v. 22, n. 7, 936-943. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.929023>
- Yang, L., Liu, H. (2020). How to improve the technological innovation capability of latecomer firms An integrated perspective. *E3S Web of Conferences*, v. 214, 02041. [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/74/e3sconf\\_eblm2020\\_02041/e3sconf\\_eblm2020\\_02041.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/74/e3sconf_eblm2020_02041/e3sconf_eblm2020_02041.html)
- Zawislak, P. A., Fracasso, E. M., Tello-Gamarra, J. (2018). Technological intensity and innovation capability in industrial firms. *Innovation & Management Review*, v. 15 n. 2, 189-207. <https://doi.org/10.1108/INMR-04-2018-012>