

Las capacidades de absorción en distintos contextos tecnológicos*

1. Marisela Vargas Pérez

Ph. D. en Ciencias Económicas
Profesora Asociada, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
Grupo de investigación Conocimiento, Innovación, Competitividad (CINNCO)
Rol de la autora: intelectual
marisela.vargas@javeriana.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-1032-8785>

2. Florentino Malaver Rodríguez

Ph. D. en Competitividad Empresarial y Desarrollo Económico
Profesor titular, Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia
Grupo de investigación Conocimiento, Innovación, Competitividad (CINNCO)
Rol del autor: intelectual
fmalaver@javeriana.edu.co
<https://orcid.org/0000-0001-8473-7875>

Resumen: Entender el lento dinamismo tecnológico que caracteriza contextos como el latinoamericano ayudará a superar su atraso tecnológico. El objetivo del presente artículo es identificar los factores que contribuyen a explicar la débil absorción tecnológica y la persistencia de la trampa del bajo aprendizaje tecnológico. Para facilitar la comparación de capacidades de absorción (CA) con distinto grado de desarrollo y la explicación de la persistencia del atraso tecnológico, se integran las literaturas de las capacidades dinámicas, las CA, y aquella que considera la absorción como un proceso. La estimación de un logit ordenado, con interacciones, en firmas industriales de la región-capital de Colombia, muestra varios aspectos: el potencial explicativo de integrar esa literatura; los rasgos de los procesos de absorción asociados a bajas CA y débiles desempeños absortivos; y una retroalimentación negativa entre las fases de dichos procesos que refuerzan los bajos aprendizajes y la persistencia del rezago tecnológico.

Palabras claves: absorción tecnológica, capacidades de absorción, capacidades dinámicas, procesos de absorción.

Citación sugerida: Vargas, P.M., & Malaver, R.F. (2022) Las capacidades de absorción en distintos contextos tecnológicos. *Innovar*, 32(84). En prensa. <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n84.100545>

Clasificación JEL: M10, O32, O33.

Recibido: 04/12/2020 **Aprobado:** 11/05/2021 **Preprint:** 01/01/2022

* Este artículo se elaboró a partir de la tesis doctoral de Vargas (2017), titulada “Un modelo integrado de capacidades de absorción al nivel de la firma”.

Introducción

La formulación de las capacidades de absorción (CA) como capacidades dinámicas (Zahra & George, 2002) se tornó imperante. En efecto, el 63% de los artículos sobre CA publicados (en Scopus) entre 2002 y 2015 asumió esta definición (Vargas, 2018). Sin embargo, Teece et al. (2016) han insistido en que la noción de capacidades dinámicas aplica principalmente a entornos volátiles, inciertos, cambiantes y ambiguos (VUCA, por sus siglas en inglés), que generan innovaciones frecuentes, inesperadas y disruptivas. Aplicarla en otros contextos –estables– resultaría costoso e inútil para las organizaciones, incluso en países desarrollados. El riesgo y costo de aplicar acríticamente la definición de CA como capacidades dinámicas es mayor en contextos como el latinoamericano (LATAM), caracterizados por un bajo y lento dinamismo tecnológico (BLDT), y por haber caído en “la trampa del bajo aprendizaje tecnológico” (Dini et al., 2014)¹.

Aquí se argumenta que dicha trampa está asociada al bajo desarrollo de las CA y, por tanto, considerar a las CA como dinámicas significaría excluir, *a priori*, al grueso de las firmas de contextos de BLDT. Para evitarlo, es necesaria una noción de CA amplia y flexible, aplicable a contextos y firmas con diferentes grados de desarrollo tecnológico y de sus CA. Desarrollar esa noción, comprensiva e incluyente –aplicable a entornos VUCA y BLDT–, desborda el alcance del artículo. Para suplir esta limitación, se hace una articulación teórica que facilita captar y comparar CA con distintos grados de desarrollo, y alcanzar los objetivos del artículo:

- I. Identificar los rasgos de los procesos de absorción (PA) de las firmas en un contexto –la industria de Bogotá y Cundinamarca (IByC)– de BLDT.
- II. Identificar los factores que más contribuyen a explicar la persistencia de las bajas CA, la trampa del bajo aprendizaje tecnológico, y el débil desempeño absortivo (DA).

La articulación teórica parte de la noción seminal de CA de Cohen y Levinthal (1990), quienes la definen como la habilidad de la firma para identificar, asimilar y explotar comercialmente el conocimiento externo, porque es aplicable a distintos contextos tecnológicos; porque facilita asumir el planteamiento de Helfat y Winter (2011) sobre el papel dual –ser operativas o ser dinámicas– que pueden jugar las capacidades; y porque facilita integrar las CA con las capacidades dinámicas. A partir de allí, se hace una doble articulación: primero de la literatura de las CA dinámicas con la de las capacidades

¹ Según Dini et al. (2014), esta noción se debe a pocos aprendizajes derivados de la incorporación tecnológica y a débiles vínculos con fabricantes de tecnología y compradores globales, que con sus parámetros y exigencias forjen esos aprendizajes; pero también a las características de los procesos de innovación que son informales y poco acumulativos.

dinámicas (Teece et al., 2016); luego, entre estas y la visión de Lane et al. (2006) sobre la absorción como un proceso de aprendizaje compuesto por fases interdependientes, de exploración, asimilación y explotación, que activan capacidades específicas, asociadas con distintos tipos y grados de aprendizaje.

Observar los PA en el tiempo es útil porque permite identificar los rasgos o prácticas imperantes que los caracterizan; porque esos rasgos revelan PA más explorativos-transformativos, o más explotativos, y esto es indicador de CA más o menos desarrolladas; y porque la interacción entre las fases genera retroalimentaciones positivas o negativas que potencian u obstaculizan los aprendizajes y el DA. También facilita superar el *trade off* entre exploración-explotación (Benner & Tushman, 2015; March, 1991) y, principalmente, diferenciar las CA de los DA.

Metodológicamente, la articulación teórica señalada se usa para establecer, al nivel analítico, los rasgos que tendrían los PA cuando activan CA dinámicas, como ocurre en contextos VUCA. Estos, por contraste, sirven para establecer al nivel empírico las particularidades de los PA en las firmas de la IBYC. Dentro de ese marco de comparación se especifica un modelo logit ordenado para establecer en qué medida diferentes grados de desarrollo de las CA se traducen en distintos DA. Adicionalmente, se estiman las interacciones entre las variables que miden las fases de los PA para establecer el sentido –positivo o negativo– de su retroalimentación. Los resultados muestran que en la IBYC esa retroalimentación es negativa, agudizando la trampa del bajo aprendizaje tecnológico y la persistencia de los bajos DA.

El artículo está estructurado así: después de esta introducción, se presentan el marco analítico e hipótesis que guiaron el trabajo; luego, se exponen la metodología y los resultados y, finalmente, se discuten los hallazgos, aportes e implicaciones.

Un marco para el análisis de los procesos de absorción: sus bases, fases e interacciones

Aplicar el concepto CA en LATAM plantea el enorme desafío de extenderlo a una realidad distinta a donde fue originado. Esto reclama una concepción amplia, que permita captar las CA en contextos con distintos grados y dinámicas de desarrollo tecnológico. Esto incidió en la construcción de las hipótesis. Primero se asumen los planteamientos de la literatura que considera a las CA como una capacidad dinámica, aplicable a entornos VUCA, típicos de países desarrollados (Teece et al., 2016; Zahra & George, 2002); luego, para formular las hipótesis, esos planteamientos se contrastan con la poca evidencia existente en LATAM, que corresponde a la de un contexto BL.

Un segundo desafío es demostrar que asumir la absorción tecnológica como un proceso compuesto por fases interdependientes facilita, por un lado, identificar el perfil de las CA, que da indicios de su grado de avance y, por otro, mostrar cómo esas interdependencias se refuerzan para explicar los DA

alcanzados. En efecto, aquí se argumenta que, cuando las fases específicas del PA –exploración, asimilación-transformación y explotación– se consideran interdependientes (Lane et al., 2006), el peso –importancia– relativo de cada fase facilita identificar el perfil –alto o bajo– de las CA. Adicionalmente, las retroalimentaciones generadas por el PA potencian o limitan los DA.

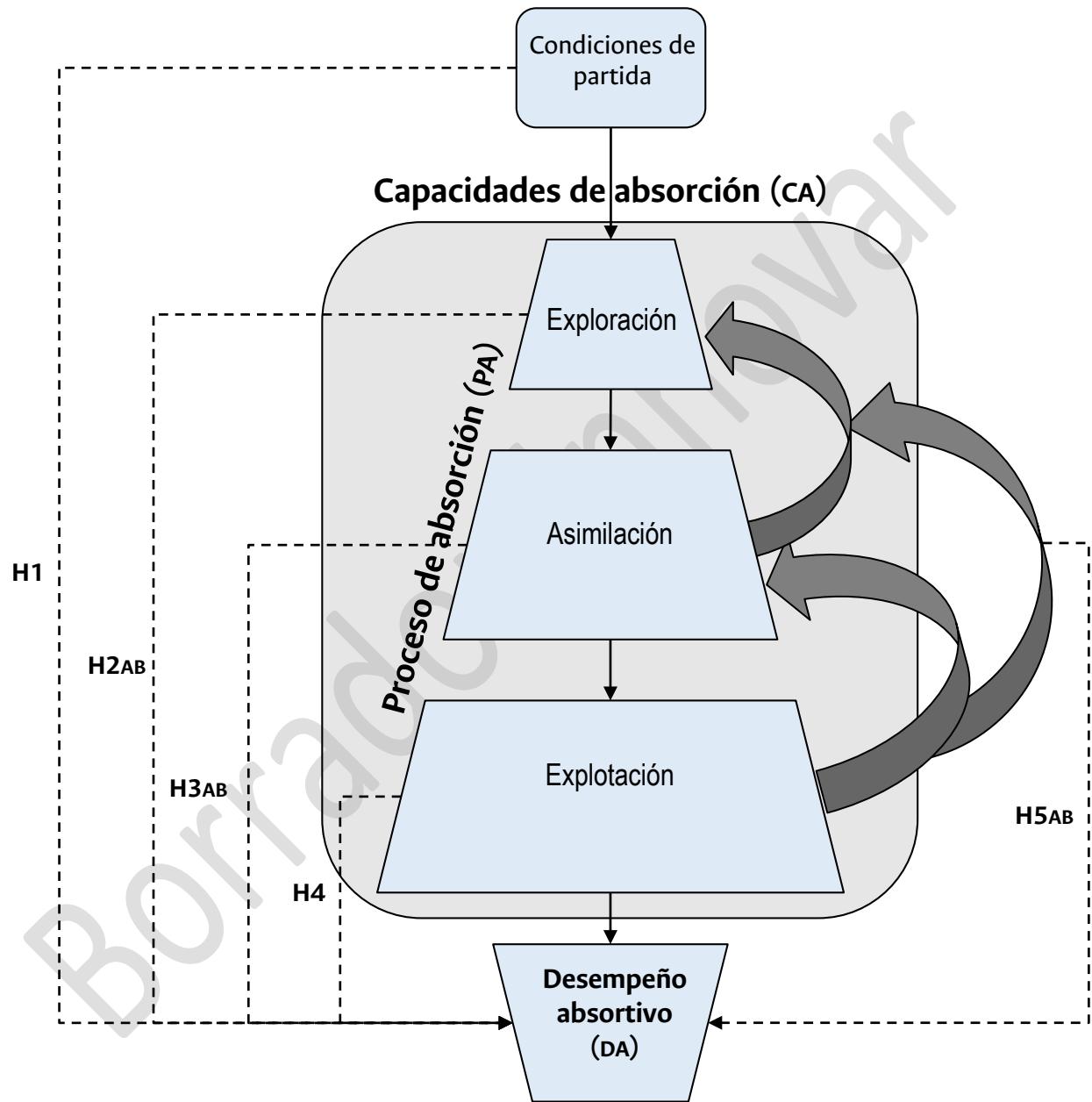


Figura 1. Fases e interacciones del proceso de absorción y su incidencia en el desempeño absorbivo.
Fuente: elaboración propia.

Acorde con lo expuesto, la figura 1 visualiza la lógica de construcción de las hipótesis. Se parte de analizar la base de conocimiento existente en la firma, que es la condición de partida para el despliegue de las CA (Cohen & Levinthal, 1990); después, se analizan las capacidades desplegadas en las distintas

fases del PA y su asociación con el DA (hipótesis en el lado izquierdo de la figura 1). Además, se analiza la incidencia de la interacción de las etapas sobre el DA (hipótesis del lado derecho de la figura 1).

Condiciones de partida

El conocimiento previo es el sustrato de las CA (Cohen & Levinthal, 1990) y el punto de partida de los PA de la firma, como ilustra la figura 1. Este conocimiento resulta de la diversidad de la educación formal de sus integrantes y de los aprendizajes producidos por la experiencia compartida, así como de saber quién tiene qué conocimiento, dónde se halla y para qué es útil (Lane et al., 2006; Zahra & George, 2002). La amplitud y profundidad de ese conocimiento determina qué tanto conocimiento externo nuevo se puede comprender e interpretar, aplicar y desarrollar, es decir, las CA. Así, una mayor base de conocimiento facilita una más amplia y eficiente acumulación futura de conocimiento –es *path dependent*–; además, incide en el nivel aspiracional y las expectativas (Nelson & Winter, 1982). Firmas con mayor base de conocimiento son más proactivas y tienen mayor capacidad para captar, dar sentido y aprovechar oportunidades (Cohen & Levinthal, 1990). Por el contrario, las firmas con menor base de conocimiento ven menos y son reactivas frente al nuevo conocimiento externo.

Los procesos de aprendizaje, formas y niveles de acumulación de conocimiento cambian según el contexto científico y tecnológico. En industrias *technology driven*, la base de conocimiento es resultado del dominio de la lógica y métodos de la ciencia y de la tecnología; además, está conformada por conocimiento explícito, codificado y transferible de manera impersonal. Esto facilita su acceso mediante bases de datos de publicaciones y patentes (Chen et al., 2011; Dosi & Nelson, 2010). Así, el desarrollo tecnológico requiere de infraestructuras (como departamentos de I+D) y de actividades de I+D endógenas en la firma que, por definición, son rutinarias, formales y sistemáticas (Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2015), y de las cuales son subproducto las CA, porque facilitan detectar las oportunidades que abren los avances científicos y tecnológicos (Cohen & Levinthal, 1990).

Por el contrario, en industrias no *technology driven*, su desarrollo tecnológico es más exógeno –generado en las *technology driven*–. Por ello, las firmas suelen innovar sin I+D y su base de conocimiento resulta de aprendizajes informales derivados de la experiencia; es más tácito e idiosincrático, y es más difícil de almacenar y acumular (Dosi & Nelson, 2010; Jensen et al., 2007).

En contextos BLDT, como como el latinoamericano, las condiciones de partida son muy diferentes. Algunas industrias pertenecen a las *technology driven* solo nominalmente, porque en rigor no hay industrias basadas en la ciencia (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2007; Pietrobelli & Rabellotti, 2008). Menos del 10% de las firmas hacen I+D (Yoguel et al., 2017); pero con poca investigación y predominio de actividades de desarrollo e ingeniería, obteniendo innovaciones de

carácter difusivo (Malaver & Vargas, 2011). Entonces, incluso entre estas firmas, imperan los aprendizajes resultantes de su experiencia específica sobre los conocimientos –generales– derivados del avance científico y tecnológico. Esto limita tanto la composición como el ritmo de acumulación de su base de conocimiento.

En consecuencia, aquí se plantea que, en contextos BLDT, el bajo desarrollo tecnológico se traduce en bajas condiciones de partida, que son poco propicias para desplegar y desarrollar las CA y lograr altos DA. Esto ocurre incluso en las firmas de industrias que nominalmente están basadas en la ciencia –como química, farmacéutica, cosmética, electrónica–, que tienen departamentos de I+D y que, por lo tanto, deberían acumular más conocimiento. Pero la escasa investigación y la lejanía de los núcleos del avance científico y tecnológico limitan sus aprendizajes, sus CA y sus DA. Esta situación empeora en las industrias que innovan de manera informal, episódica y poco acumulativa, y cuyos vínculos con el entorno son poco propicios al aprendizaje (Dini et al., 2014; Malaver & Vargas, 2013; Yoguel et al., 2017). Por ello, se proponer la primera hipótesis:

H1. En la IBYC, la base de conocimiento existente en las firmas –expresada en la infraestructura tecnológica, los recursos humanos y los esfuerzos en I+D– incide de manera significativa y positiva en el DA.

Fase de exploración

Después de Cohen y Levinthal (1990), se revalorizó el entorno como fuente de oportunidades de innovación y como apalancador de recursos y capacidades de las firmas para aprovecharlas². Así, la exploración no solo es la primera fase del PA (figura 1), sino la principal fuente de aprendizajes y transformaciones organizacionales y de CA dinámicas. En efecto, enfrentar entornos VUCA, plagados de innovaciones súbitas, disruptivas y cada vez más frecuentes, demanda capacidades dinámicas (Teece & Leih, 2016) para detectar oportunidades en señales todavía muy débiles y contradictorias –complejas–

² Esto ocurre mediante la innovación abierta (Chesbrough, 2006), los usuarios innovadores, los interpretadores, las comunidades de pares que cambian el locus de la innovación (Benner & Tushman, 2015). Analizar esto escapa al alcance del artículo.

y responder anticipadamente a ellas, con innovaciones transformativas. Aunque en la literatura la exploración tiene distintas denominaciones³, hay acuerdo sobre su importancia estratégica, su carácter dinámico, y la necesidad de arreglos organizacionales para implantarlas (como unidades de vigilancia tecnológica, departamentos de I+D o dependencias paralelas a las operativas). También hay acuerdo en que, en entornos con innovaciones disruptivas muy esporádicas, esos arreglos pueden ser costosos e inútiles (Teece et al., 2016).

Entonces, capacidades de exploración desarrolladas propician PA avanzados, porque permiten captar conocimientos nuevos, distantes de la base de conocimientos existente e inciertos impactos; ellas facilitan generar conjeturas que, abductivamente, se refinan hasta que una explicación satisfactoria del fenómeno observado y de su impacto en encontrada (Dong et al., 2016). Esos procesos generan aprendizajes tan novedosos que inducen transformaciones cognitivas, en rutinas y procesos de la firma. Por ello, la exploración es el componente más dinámico de los PA (Benner & Tushman, 2003); esta desencadena aprendizajes disruptivos y transformaciones organizacionales, para aprovechar el nuevo conocimiento. En las firmas y en los eventos en que esto ocurra, la exploración activa CA dinámicas.

La poca evidencia sugiere que en un contexto BLDT las dinámicas científicas y tecnológicas distan de las existentes en uno VUCA (da Silva et al., 2020). Como se dijo, es pequeño el núcleo de firmas con I+D; más pequeño aún lo es el que investiga (Malaver & Vargas, 2013; Yogui et al., 2017) y casi inexistente el que hace vigilancia científica y tecnológica (Malaver & Vargas, 2006). Los PA son episódicos e informales. De este modo, la búsqueda de conocimiento de frontera, así como los vínculos con actores del ámbito científico y tecnológico (universidades, grupos y centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico) son débiles (Arocena & Sutz, 2003; Malaver & Vargas, 2013).

Entonces, es lógico inferir que los bajos niveles de aprendizaje tecnológico en LATAM (CEPAL, 2007; Dini et al., 2014) están asociados con poca capacidad de exploración, bajo nivel aspiracional y mayor énfasis en la explotación que en la exploración (Acevedo & Díaz-Molina, 2019; Benner & Tushman, 2015; Levinthal & Marengo, 2020; March, 1991). De esta manera, surge la hipótesis 2a del estudio:

H2a. En la IBYC, la exploración en el entorno científico y tecnológico tiene baja incidencia en el DA.

La otra cara de esa realidad es que hay un mayor porcentaje de firmas que, para innovar, acude a fuentes y actores del mercado que el que acude al entorno científico y tecnológico (Malaver & Vargas, 2006, 2013; Ortigueira-Sánchez et al., 2020). Además, la exploración se hace en fuentes de información y conocimientos cercanas –cultural y geográficamente– a la firma y en tecnologías dominadas por ella,

³ Sensing generativo en la visión de Dong et al. (2016) y de Teece et al. (2016); capacidades de exploración en la perspectiva de la ambidestreza (Benner & Tushman, 2015); o aprendizaje explorativo en Lane et al. (2006).

para atender a consumidores más conocidos (March, 1991). Los conocimientos derivados de tal exploración serán muy cercanos a los existentes en las firmas y, por lo tanto, los aprendizajes y cambios requeridos para explotarlo serán mínimos y como máximo incrementales (Laursen, 2012). Esto concuerda con el modo DUI (acrónimo de *doing, using and interacting*) de innovar (Jensen et al., 2007). Así, surge la siguiente hipótesis:

H2b. En la IBYC la exploración en el ámbito del mercado tiene alta incidencia en el DA.

Fase de asimilación-transformación

Entendida como la habilidad para apropiar conocimiento externo incorporado, la capacidad de asimilación está presente en todos los PA. Pero los grados de aprendizaje, de creatividad y de cambios requeridos para aplicarlo varían. En algunos casos ese conocimiento se puede adoptar sin cambios o con modificaciones marginales; en otros, debe combinarse con los conocimientos existentes (van den Bosch et al., 1999), generando aprendizajes y cambios en procesos y prácticas en la firma (Levinthal & Marengo, 2020); y en otros más, dista tanto del existente que, para apropiarlo y explotarlo, se deben transformar las estructuras cognitivas, las prácticas y rutinas, bien sea por sustitución, reemplazo o creación de otras (Lavie, 2006; Todorova & Durisin, 2007). Esto podría significar rupturas con el *path dependent* y el inicio de nuevas trayectorias tecnológicas e innovativas en la firma. En los dos primeros escenarios, los aprendizajes y cambios son evolutivos; en el tercero, son transformativos a través de la configuración de CA dinámicas.

En consecuencia, es equívoco definir *a priori* a la CA como capacidad dinámica (Vargas, 2018). Esto depende de la novedad del conocimiento incorporado –en la exploración– y de la magnitud de los aprendizajes y cambios requeridos –evolutivos o transformativos– para aplicarlo y explotarlo –en la asimilación y la explotación–. Solo en eventos episódicos se generan transformaciones propias de capacidades dinámicas.

En los PA, la asimilación opera, entonces, como puente entre la exploración y la explotación. Esta despliega capacidades específicas que posibilitan los aprendizajes y transformaciones requeridas para apropiar y explotar el conocimiento incorporado. El grado de desarrollo de dichas capacidades remite a su nivel de formalización, en un doble sentido. Primero, mayor formalización significa más frecuencia, procesos repetitivos –rutinizados– y sistemáticos, que favorecen el aprendizaje y la acumulación de conocimiento; en síntesis, desarrollan las capacidades –CA aquí– (Feldman & Pentland, 2003; Nelson & Winter, 1982; Pentland, 2011). Segundo, la formalización cubre una amplia gama de formas (estructuras) organizacionales que varían según su grado de descentralización y flexibilidad. Estructuras específicas para la absorción revelan un mayor compromiso de la firma para buscar oportunidades de

innovación en los cambios del entorno (Benner & Tushman, 2015), y estructuras más descentralizadas y flexibles favorecen los cambios requeridos para aprovecharlas.

¿Qué tan fácil es cambiar para aprovechar el conocimiento captado –el *seizing* de Teece et al. (2016)– en la fase de exploración? ¿Qué tan fácil es transferirlo, y lograr los aprendizajes y cambios requeridos en los procesos –de producción, comercialización, etc.–, para innovar y explotar económicamente dicho conocimiento? Esto dependerá, no solo de la estructuración del PA, sino de condiciones organizacionales –formalizadas– que propician la divulgación, la interacción y la transferencia de nuevo conocimiento incorporado (como infraestructuras de TIC, equipos interfuncionales, rotación de puestos de trabajo, o participación en la toma de decisiones), que facilitan interpretarlo y comprenderlo, combinarlo con el existente en la firma, así como repensar y crear productos y procesos (Chan et al., 2004; Jensen et al., 2007; Simsek et al., 2009). Estas prácticas potencian las fases de exploración y asimilación, las más dinámicas de los PA; además, se complementan con espacios informales que también propician intercambios de experiencias y visiones –conocimientos tácitos– de los integrantes de la firma.

Esos planteamientos aplican en contextos dinámicos con altos niveles de formalización de los PA, como las industrias *science and technology driven*. En contraste, en las industrias *non technology driven*, donde los avances científicos y tecnológicos no son el motor del cambio y de la competencia, las innovaciones disruptivas son menos frecuentes, y también las estructuras mencionadas arriba. ¿Por qué? Por la menor presión del entorno por cambios para coevolucionar con él, y el elevado costo de desarrollar y mantener dichas estructuras, dada la poca frecuencia de las innovaciones disruptivas. Por ello, en estas –otras– industrias, los PA son más informales, la exploración está menos desarrollada y los conocimientos incorporados exigen menos aprendizajes –para apropiarlos–, y menores cambios en los procesos y rutinas para explotarlos.

En contextos BLDT –como la IBYC–, la escasez de I+D (Yoguel et al., 2017) revela procesos de innovación poco formalizados, incluso en industrias *technology driven*, y son casi inexistentes las estructuras avanzadas para explorar e incorporar conocimientos que requieran transformaciones para explotarlo. En las otras industrias, donde predomina la informalidad (Dini et al., 2014; Malaver & Vargas, 2011), las fuentes del nuevo conocimiento están ligadas a sus redes de valor, como proveedores de tecnología, y a mercados conocidos. Así, el conocimiento incorporado dista poco del existente en las firmas, y los aprendizajes e innovaciones para aplicarlo son incrementales, no transformativos. La cercanía de sus fuentes de información y la informalidad de los PA sugieren que el aprendizaje proviene del *learning by interacting* con dichas fuentes, y el *using and doing* con los conocimientos y tecnologías incorporados. Estos conocimientos, de carácter tácito, se transfieren informalmente (Chen et al., 2011; Jensen et al., 2007; Rammer et al., 2009). Por lo tanto, en ese escenario, es poco probable que los

cambios cognitivos, tecnológicos, productivos y comerciales generados por los conocimientos incorporados activen capacidades de asimilación dinámicas. Por ello, surge la siguiente hipótesis:

H3a. En la IBYC, la incidencia de los procesos y prácticas formales para asimilar el conocimiento externo no es significativa para el DA.

Al contrario, la informalidad imperante tiene una mayor incidencia en el DA, pero esta no expresa una apertura al aprendizaje de conocimiento lejano al existente en la firma, ni altos CA ni DA. De ese modo, se propone la siguiente hipótesis:

H3b. En la IBYC, la incidencia de procesos y prácticas informales para asimilar el conocimiento externo sobre el DA es significativa.

Fase de explotación

La fase final del PA es la explotación, donde se despliega la habilidad de la firma para aplicar el conocimiento externo en sus operaciones y explotarlo comercialmente (Lane et al., 2006; Zahra & George, 2002), luego de su conversión en la fase de asimilación. La capacidad de explotación es operativa, como se reitera desde la ambidestreza y las CA dinámicas. Para ambas, esta fase representa el componente estático, operativo y centrado en la eficiencia (O'Reilly & Tushman, 2008; Simsek et al., 2009; Zahra & George, 2002) del PA.

Esto es así porque se activa luego de la generación de innovación en las fases de exploración y asimilación, es decir, después de la ideación, I+D, desarrollo de prototipos, diseño –de producto y proceso– derivado del nuevo conocimiento incorporado, para su aprovechamiento. Por ello, este es el componente menos creativo del PA, sin desconocer que el learning by using de tecnologías incorporadas o desarrolladas en las fases anteriores en la explotación puede dar lugar a mejoras o innovaciones incrementales.

En contextos BLDT, la mayoría de las firmas incorpora el cambio tecnológico en la maquinaria y equipo importados (Dini & Stumpo, 2011); por ello, en los PA predomina la fase de explotación sobre la exploración y la asimilación-transformación. Las tecnologías, incorporadas a través de proveedores tecnológicos, son similares a las dominadas por la firma y se aplican a productos ofrecidos a mercados conocidos; por ello, distan poco de su base de conocimiento y demandan poco o ningún aprendizaje

tecnológico para su explotación (Dini et al., 2014; Malaver & Vargas, 2011; Vargas, 2018). En estos casos, el componente de explotación es, en rigor, el único que se activa, y la innovación es mínima. Cuando esta ocurre, es inducida por adaptaciones de esas tecnologías a las condiciones de la planta y del mercado, o por el *learning by using*. Por ello, se propone la siguiente hipótesis:

H4. La incidencia de la explotación sobre el DA en la IBYC es alta y significativa.

Interacción entre las fases del PA

La lógica del proceso permite identificar las dinámicas de aprendizaje que genera la interdependencia entre las fases del PA y su efecto en los DA (lado derecho de la figura 1). Por ejemplo, cuando una exploración es tan avanzada y preponderante en un PA, que se incorpora conocimiento externo tan novedoso y distante del existente en la firma; que apropiarlo y explotarlo demanda aprendizajes creativos que generan nuevos productos y procesos (y rutinas) durante la fase de asimilación-transformación, entonces, se activan CA dinámicas. ¿Por qué? Porque la exploración induce innovaciones transformativas en la fase de asimilación, y también transformaciones en las capacidades operativas de producción y comercialización –de primer orden– (Winter, 2003). Así, esas interdependencias facilitan visualizar el despliegue de CA dinámicas. Al contrario, cuando predominan las capacidades de explotación, y la intervención de las capacidades de exploración y asimilación es mínima o marginal, se despliegan únicamente CA operativas. Estos dos escenarios muestran la utilidad de concebir la CA como de naturaleza dual, pues en unos casos puede ser dinámica y en otros operativa (Helfat & Winter, 2011).

Empíricamente, la estructuración de las actividades de absorción, mediada por infraestructuras tecnológicas, revela una formalización –repetición– de los PA, que propicia el avance de las capacidades de la firma (Becker & Zirpoli, 2008; Feldman & Pentland, 2003; Pentland, 2011). Esta formalización se soportaría durante la exploración, por ejemplo, en unidades de vigilancia tecnológica, o departamentos de I+D, o laboratorios paralelos a las dependencias operativas (Benner & Tushman, 2015); además, por la interdependencia, tendría su correlato durante la asimilación en bases de datos, repositorios, o sistemas de información para transferir conocimiento.

En ese contexto organizacional, la informalidad se potencia (Dosi & Nelson, 2010). Los espacios para la interacción –compartir conocimientos e iniciativas, comunicar interpretaciones e intuiciones– facilitan comprender conocimientos nuevos, proponer conjeturas sobre ellos, idear y abrirse a propuestas disruptivas para aprovechar las oportunidades detectadas (Gupta et al., 2006; Nonaka & Takeuchi, 1994). Allí los aprendizajes y actividades desplegadas se retroalimentan positivamente y se potencian mutuamente.

Tal escenario, típico de industrias *technology driven*, es excepcional en contextos de BLDT. En LATAM, el cambio tecnológico es exógeno, es minoritario el núcleo de firmas que innovan con I+D (Yoguel et al., 2017) y predomina la informalidad en los PA. Esta es caracterizada por prácticas puntuales, aisladas y marginales, pero con amplia incidencia en el DA. La informalidad no hace parte de procesos de exploración creativos apoyados en el *sensing generativo* (Dong et al., 2016), que demanda intensa interacción; al contrario, esa informalidad expresa bajos niveles de desarrollo tecnológico y de CA, donde débiles procesos de exploración y asimilación se traducen en bajo aprendizaje y lento dinamismo tecnológico (da Silva et al., 2020). En consecuencia, se presentan las siguientes hipótesis:

H5a. En la IBYC, la interacción de prácticas formalizadas en las fases del PA no inciden significativamente en sus DA.

H5b. En la IBYC, la interacción de prácticas informales de las fases del PA inciden significativamente en el DA.

Metodología

Para aplicar –extender– la noción de CA a un contexto BLDT, se especifican variables categóricas y ordenadas que permiten comparar firmas e industrias con distintos niveles de desarrollo de las CA. Estas variables facilitan establecer el desarrollo específico de las capacidades desplegadas en cada fase del PA y, así, identificar los perfiles de dicho proceso. Igualmente, para establecer el sentido (positivo o negativo) en que se retroalimentan dichas capacidades se evalúa la interacción entre las variables que las estiman y su incidencia en el DA. Así, se diferencian las CA de los DA.

El ejercicio empírico utiliza la Segunda Encuesta de Innovación en la Industria de Bogotá y Cundinamarca (EIBYC II)⁴ aplicada por la Cámara de Comercio de Bogotá y la Pontificia Universidad Javeriana en el 2010 a una muestra aleatoria estratificada de 568 empresas manufactureras con más de diez empleados⁵, que es representativa de las 2.924 existentes en la IBYC en 2009, con un error estándar relativo de 2,4%⁶.

⁴ La EIBYC II es comparable con la Community Innovation Survey (CIS 8) y es la más reciente que incluye preguntas que intentan captar las especificidades de la innovación en la IBYC y las CA.

⁵ Para lograr mayor representatividad, la encuesta se estratificó por agrupaciones sectoriales a tres dígitos, según la Clasificación Industrial Uniforme (CIU), Revisión 3. Cada agrupación fue autorrepresentada.

⁶ Para evaluar eventuales sesgos de la muestra se indagó por las diferencias en entre las firmas que respondieron y las que no respondieron la Encuesta, a partir de la comparación de la distribución de los establecimientos en la Encuesta Anual Manufacturera del DANE —que es un censo— y la EIBYC II, según tamaño de las empresas y según

Variables e indicadores

La tabla 1 presenta las variables e indicadores utilizados para establecer la asociación entre las condiciones de partida y las CA (variables independientes), con los DA (variable dependiente).

Tabla 1.

Definición de variables e indicadores.

Condiciones de partida	Valores
Existencia de un departamento de I+D o sustituto (<i>depidsust</i>)	0: no existe; 1: existe
Porcentaje de recurso humano calificado (profesional, maestría o doctorado) (<i>rhcalif</i>)	Variable continua
Inversión en I+D como porcentaje de la inversión en actividades de innovación en 2009 (<i>idainn</i>)	Variable continua
Componentes del PA	Valores
Exploración	
Importancia de bases de datos científicas (patentes) y publicaciones científicas/técnicas (<i>bdprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 0,5; 0: ninguna importancia, 3: muy importante.
Importancia de fuentes y vínculos científicos y tecnológicos – universidades, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico, consultores– (<i>actcytprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 0,2; 0: ninguna importancia, 3: muy importante.
Importancia de asistir a ferias, conferencias, ruedas de negocio (<i>feriasprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 1; 0: ninguna importancia, 3: muy importante.
Importancia de fuentes y vínculos de mercado –proveedores, clientes/consumidores, competidores– (<i>actmdoprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 0,33; 0: ninguna importancia, 3: muy importante.
Asimilación	
Prácticas que propician compartir el conocimiento, principalmente tácito (<i>asimcomprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 0,1; 0: ninguna aplicación, 3: muy alta.
Prácticas y mecanismos formales para la interacción de empleados (<i>asimforprom</i>)	Entre 0 y 3, con intervalos de 0,1; 0: ninguna aplicación, 3: muy alta.
Explotación	

agrupación industrial, y se encontró que la EIBYC II refleja la estructura de la población empresarial y sectorial de la IBYC.

Novedad de la maquinaria y equipo incorporado (*meqinc*) 1: no invierte; 2: tecnología convencional; 3: nueva tecnología; 4: tecnología para innovar.

DA	Valores
Desempeño de las CA (<i>desabs</i>)	1: ninguno, o adopción; 2: adopción temprana; 3: adaptación; 4: creación.
Variables de control	Valores
Tamaño (<i>tam</i>)	1: firmas pequeñas –entre 10 y 49 empleados–; 2: medianas –entre 50 y 199–; 3: grandes –con más de 200–.
Sector industrial según la CIU a dos dígitos (<i>d15,...,d36</i>)	Variables dummy: 1: la firma pertenece a un sector; 0: de lo contrario.

Fuente: elaboración propia.

La base de conocimientos acumulada, componente fundamental de la condición de partida de los PA, se capta mediante el nivel de formación de los recursos humanos de la firma (Chan et al., 2004; Laursen & Foss, 2003) y la existencia de departamentos de I+D o sustitutos, que también revela el compromiso de la firma, junto con el porcentaje de gastos en I+D (Lazaric, 2011).

Con relación a las CA desplegadas en la exploración, estudios previos encontraron que las firmas de la IBYC carecen de infraestructuras específicas para realizarla (Malaver & Vargas, 2006; Vega-Jurado et al., 2017). Por ello, solo se indaga por fuentes de información, que permiten acceder a conocimientos de distinta naturaleza y complejidad, y a distintos tipos de aprendizaje (explícito o tácito), por ejemplo, si las firmas acuden a publicaciones o bases de datos para identificar conocimiento científico y tecnológico, o a ferias y eventos comerciales para identificar oportunidades de mercado, es decir, a fuentes que son abiertas y públicas, sin olvidar que los journals exigen capacidades cognitivas para evaluar las potencialidades tecnológicas y comerciales de ese conocimiento (OECD, 2005). También se indaga por los vínculos con actores del ámbito científico y tecnológico (universidades o centros de investigación), mediados por la comprensión de la racionalidad académica (Chen et al., 2011) o del mercado (de su red de valor) como proveedores de tecnología o clientes (Jensen et al., 2007).

Para la asimilación, se indaga por prácticas del management asociadas con la gestión del conocimiento (Easterby-Smith et al., 2009; Rammer et al., 2009), que facilitan apropiar y explotar el conocimiento incorporado (Nonaka & Takeuchi, 1994; Simsek et al., 2009). Estas están asociadas con mecanismos formales (repositorios de buenas prácticas, rotación de empleados, equipos interfuncionales, etc.) que facilitan divulgar y transferir conocimiento codificado, e identificar patrones y tendencias en la información distribuida en la firma, y con espacios informales que propician la

transferencia de conocimientos entre los integrantes de la firma mediante el intercambio de experiencias y visiones –conocimientos tácitos–.

Para la explotación, debido a que en contextos de BLDT como en industrias de baja y media intensidad tecnológica el cambio tecnológico es principalmente incorporado (von Tunzelmann & Acha, 2005), se usa como indicador –proxy– las características de la tecnología incorporada al capital (maquinaria y equipo) adquirida por la firma. Esto aporta evidencias sobre los aprendizajes requeridos para aplicar (explotar) dicha tecnología. Cuando esta es similar a la existente en la firma, se explota sin aprendizaje, y solo se activan capacidades de explotación.

Debido a que distintos grados de desarrollo de las CA se traducen en DA diferenciados, se aplica un indicador que capta distintos niveles de logro: adopción, adaptación o creación. En la *adopción* los conocimientos incorporados en tecnologías convencionales se aplican sin cambios o con modificaciones marginales. Pero una *adopción temprana* puede resultar novedosa en los contextos competitivos de aplicación; entonces, se adoptan tecnologías novedosas, aunque los productos o procesos resultantes pueden ser fácilmente imitables. Este desempeño revela mínimas CA. En la *adaptación*, productos o tecnologías desarrollados por otros se hacen más funcionales al contexto de aplicación (al mercado, procesos o productos de la firma) mediante modificaciones o mejoras que generan innovaciones incrementales, de carácter difusivo. Esta adaptación revela CA para usar creativamente las tecnologías incorporadas. La *creación* resulta de incorporar conocimientos que para su explotación generan productos o procesos nuevos. Este DA expresa CA que incrementan la competitividad (internacional).

En síntesis, diferentes DA revelan distintos niveles de desarrollo tecnológico de las firmas. Unos reflejan CA básicas (adopción y adopción temprana) y otros, CA desarrolladas que permiten absorber nuevas tecnologías y crear a partir de ellas. Estas generan una dinámica en que absorción e innovación se refuerzan.

La tabla 2 presenta estadísticas descriptivas de las variables⁷, que se retoman en el análisis de resultados.

Tabla 2.

Estadísticas descriptivas.

⁷ Por ser categóricas y ordinales, su distribución no es normal, sino asimétrica. Entonces, para evaluar su correlación y la presencia de multicolinealidad, se aplicaron pruebas no paramétricas. La correlación de Spearman indica que todas las variables están relacionadas al nivel de significancia de 0,05. El nivel de tolerancia a la colinealidad que el modelo puede soportar y el factor de inflación de varianza indican que el modelo no presenta problemas de multicolinealidad.

Variable dependiente (desabs)	Valores	N.º empresas	% del total
Adopción	1	237	41,7
Adopción temprana	2	90	15,9
Adaptación	3	209	36,8
Creación	4	32	5,6
		568	100
Desviación			
Variables independientes	Mínimo	Máximo	Media
rdsustdp	0	1	0,21
rhcalif	0	100	16,35
idainn	0	1	0,05
beprom	0	3	0,23
actcytprom	0	3	0,12
feriasprom	0	3	0,72
actmdoprom	0	3	0,55
asimcomprom	0	3	0,96
asimforprom	0	3	1,16
meqinc (ordinal)	0	3	1,39
Valores	N.º empresas	% del total	
0	215	37,9	
1	117	20,6	
2	36	6,3	
3	200	35,2	
	568	100	
Desviación			
Variables de control	Mínimo	Máximo	Media
tam (ordinal)	1	3	
Desviación			
Valores	N.º empresas	% del total	
1	350	61,6	
2	164	28,9	
3	54	9,5	
	568	100	
ciiu2 (dummy)	0	1 (17 dummies)	

Fuente: EIByC II (2010).

En cuanto a las técnicas econométricas, debido a que la variable dependiente (DA) es discreta y toma valores ordenados (1, 2, 3 o 4), se especificó el siguiente modelo logit ordenado (ecuación 1; Cameron & Trivedi, 2005)⁸:

$$\Pr(desabs_i = j) = \Pr(k_{j-1} < \beta_1 depidsust_i + \beta_2 rhcalif_i + \beta_3 idainn_i + \beta_4 bdprom_i + \beta_5 actcytpron_i + \beta_6 feriaspron_i + \beta_7 actmdoprom_i + \beta_8 asimcomprom_i + \beta_9 asimforpron_i + \beta_{10} meqinc_i + \beta_{11} tam_i + e_i \leq k_j) \quad (1)$$

Presentación de resultados

La tabla 3 muestra valores medios muy bajos en la mayoría de las variables frente al valor máximo (columna Escala), confirmando el bajo nivel de desarrollo tecnológico de la IBYC. La firma promedio dispone de recursos y capacidades poco desarrolladas para absorber avances científicos y tecnológicos. Así lo ilustran el bajo porcentaje (16,4%) de personal con formación profesional, la carencia de infraestructura (departamentos de I+D o sustitutos) para absorber conocimiento externo, y sus mínimos esfuerzos por invertir en I+D (5% de la inversión en actividades de innovación). Asociado con esto, dicha firma da poca importancia a la búsqueda de conocimiento en bases de datos y publicaciones científicas, así como al vínculo con actores del entorno científico y tecnológico.

El cambio técnico es exógeno y su absorción es de carácter difusivo. Esto lo expresa el mayor valor promedio relativo de la adquisición de maquinaria y equipo en el PA; pero ese valor sugiere que la firma promedio invierte en tecnología convencional (CEPAL, 2007; Malaver & Vargas, 2006). Además, está más orientada a obtener conocimientos para satisfacer su demanda local, como lo indica la importancia dada a fuentes comerciales y de mercado y al vínculo con agentes del mercado.

Tabla 3.

Valores medios de las variables.

⁸ El término error e_i incluye factores no medibles por la encuesta, como los asociados con el entorno. Para evaluar el modelo, se aplicaron pruebas de significancia individual y conjunta –test de Wald (Greene, 2007)– y pruebas de bondad de ajuste mediante el *pseudo R²* de Mc Fadden (Cameron & Trivedi, 2005).

Variable	Escala	Total	desabs1	desabs2	desab3	desabs4
N.º de firmas		568	237	90	209	32
desabs	1 a 4	2,06	1,00	2,00	3,00	4,00
depidsust	0 -1	0,21	0,05	0,19	0,35	0,63
rhcalif	Continua	16,35	14,64	13,67	18,49	22,62
idainn	Continua	0,05	0,01	0,01	0,07	0,24
bdprom	0-3, intervalos de 0,5	0,23	0,00	0,25	0,42	0,63
actcytprom	0-3, intervalos de 0,2	0,12	0,00	0,16	0,23	0,26
feriasprom	0-3	0,72	0,00	1,28	1,18	1,47
actmdoprom	0-3, intervalos de 0,33	0,55	0,00	0,91	0,95	0,92
asimcomprom	0-3, intervalos de 0,1	0,96	0,77	0,81	1,19	1,39
asimforprom	0-3, intervalos de 0,1	1,16	0,99	1,04	1,31	1,70
meqinc	0-3	1,39	0,45	2,19	2,01	2,06
tam	1 a 4	1,48	1,32	1,31	1,66	1,94

Fuente: EIBYC II (2010).

La segunda parte de la tabla 3 muestra que, con matices, las firmas que más valoran las fuentes y vínculos para acceder al conocimiento externo tienen mejores DA⁹. En efecto, es progresiva la concentración de firmas con departamentos de I+D en los DA más altos, pasando del 5% en el DA más bajo –adopción–, al 19% en la adopción temprana, al 35% en la adaptación y al 63% en la creación. Igualmente, las firmas con mayores esfuerzos en I+D tienen mejores DA. En el polo opuesto, explorar con los actores del mercado y la mera explotación de tecnologías exógenas generan pocos aprendizajes y mejoras en los DA.

Condiciones de partida, componentes del PA y DA

⁹ Las diferencias en los cuatro grupos de empresas –clasificadas por su DA– son estadísticamente significativas según el test no paramétrico Kruskal Wallis.

El modelo 1 es significativo (según el test de Wald) y el valor de 0,28 del *pseudo R²* revela un buen ajuste¹⁰. Esto indica que, en conjunto, las condiciones de partida y los componentes del PA explican el DA de la firma (tabla 4).

Tabla 4.

Modelos logit ordenado.

	Modelo1 b/p	Modelo2 b/p	Modelo3 b/p
desabs			
Condiciones de partida			
depidsust	0,845 0,001**	0,893 0,000***	0,844 0,002**
rhcalif	0,009 0,117		0,009 0,163
idainn	2,179 0,003**	2,286 0,001**	2,167 0,005**
Capacidades de exploración			
bdprom	0,131 0,503		0,106 0,569
actcytprom	-0,162 0,612		-0,11 0,719
feriasprom	0,325 0,000***	0,337 0,000***	0,322 0,001***
actmdoprom	0,985 0,000***	0,983 0,000***	1,011 0,000***
Capacidades de asimilación			
asimcomprom	0,519 0,009**	0,612 0,000***	0,434 0,031*
asimforprom	0,111 0,557		0,142 0,447
Capacidades de explotación			
meqinc	0,561 0,000***	0,557 0,000***	0,586 0,000***

¹⁰ Según Pando y San Martín (2004), el rango teórico de valores que puede tomar el *pseudo R²* es $0 \leq R_{Mf}^2 \leq 1$, pero raramente su valor se aproxima a 1, considerándose una buena calidad de ajuste cuando su valor se ubica en el rango $0,2 \leq R_{Mf}^2 \leq 0,4$.

Variables de control			
	tam	0,21	
		0,193	
Dummies sector		SI	
Observations	568	568	568
LL	-485,36	-487,01	-470,28
Wald chi2	255,21	247,99	285,6
Df	10	6	27
Prob>chi2	0,0	0,0	0,0
Pseudo_R2	0,28	0,28	0,30

Nota. * $p > 0,05$, ** $p > 0,01$, *** $p > 0,001$.

Fuente: EIBYC II (2010).

Al excluir las variables que no son significativas (modelo 2), ni la significancia conjunta ni la bondad de ajuste se afectan; el mínimo aumento del *log likelihood* (*ll*) confirma que las variables excluidas aportan poco al poder explicativo del modelo. Además, al introducir las variables de control *tamaño de la firma* y *sector industrial* (modelo 3), la significancia conjunta e individual de las variables y la bondad de ajuste cambian muy poco (tabla 4); es decir, no son significativas. Sin embargo, para testar las hipótesis, se analiza el modelo con todas las variables especificadas.

Los resultados confirman que las *condiciones de partida* –infraestructuras tecnológicas y esfuerzos (inversión en I+D)– inciden significativamente en el DA; por lo tanto, no se rechaza la hipótesis H1. Esto sucede pese al pequeño núcleo de firmas que han acumulado inversiones y aprendizajes materializados en dichas infraestructuras, ilustrando su importancia fundamental en los DA.

Con respecto al PA, también se confirma que las firmas no *exploran* en fuentes de ciencia y tecnología públicas; tampoco se vinculan con actores de los ámbitos científico y tecnológico. Por ello, no se rechaza H2a. Esto evidencia baja CA, típica de contextos BLDT. La búsqueda se centra en fuentes y actores del mercado, que resultan altamente significativas, no rechazándose H2b. En concordancia con la débil exploración, la *asimilación* está poco desarrollada. En efecto, los mecanismos formales no afectan significativamente el DA, mientras sí lo hacen los mecanismos informales –que propician la interacción entre los empleados, y facilitan compartir y transferir los conocimientos–. Por ello, no se rechazan H3a ni H3b. Al contrario, la *explotación* es altamente significativa, porque el conocimiento incorporado en la maquinaria y equipo adquirido, como los aprendizajes que demandan su uso o adaptación a las condiciones de la firma y del mercado, contribuyen significativamente al DA. Entonces, no se rechaza la H4 y se confirma que el cambio tecnológico exógeno juega un papel importante en la

IBYC. En síntesis, esas variables captan las capacidades desplegadas en el PA y son relevantes para explicar el DA.

En la tabla 5, los *efectos marginales* de los regresores sobre el DA indican que la firma representativa de la IBYC¹¹ tiene una probabilidad de:

- 34,9% de solo adoptar maquinaria y equipo, o imitar productos sin cambios o cambios apenas marginales que demandan poco o ningún aprendizaje;
- 29,8% de adoptar tempranamente (frente a sus competidores) maquinaria y equipo o productos que resultan novedosos en su contexto competitivo, pero para la firma no demandan cambios o aprendizajes significativos;
- 34,3% de adaptar o mejorar productos desarrollados por otros, o maquinaria y equipo adquiridos; y
- 1,03% de crear productos o procesos, a partir del conocimiento externo absorbido.

Tabla 5.

Efectos marginales de las variables que miden las CA.

Y	pr(desabs==1)	pr(desabs==2)	pr(desabs==3)	pr(desabs==4)	X
	0,3488	0,2975	0,3433	0,0103	
Variables	dy/dx	dy/dx	dy/dx	dy/dx	X
depidsust	-0,175	-0,027	0,190	0,011	0,213
rhcalif	-0,002	0,000	0,002	0,000	16,350
idainn	-0,492	-0,003	0,473	0,022	0,046
bdprom	-0,024	0,000	0,023	0,001	0,228
actcytpron	0,025	0,000	-0,024	-0,001	0,124
feriaspron	-0,073	0,000	0,070	0,003	0,720
actmdoprom	-0,230	-0,001	0,221	0,010	0,546
asimcomprom	-0,099	-0,001	0,095	0,004	0,964
asimforpron	-0,032	0,000	0,031	0,001	1,179
meqinc	-0,133	-0,001	0,128	0,006	1,389
tam	-0,048	0,000	0,046	0,002	1,479

¹¹ Aquella cuyos regresores toman el valor medio (Cameron & Trivedi, 2005; Greene, 2007).

Nota. * dy/dx es para cambios discretos de una variable dummy.

Fuente: EIBYC II (2010).

De ese modo, la probabilidad de una absorción poco o nada creativa (adoptar) es del 64,6%, mientras que de lograr un DA alto es apenas de 1%. Esos resultados señalan una firma representativa con pocas CA y un débil DA, consistentes con un contexto BLDT. Esto significa que el poco desarrollo de los componentes más dinámicos de los PA genera muy débiles DA, estableciéndose como límite superior de los PA la adaptación.

Interacción entre los componentes de las CA y el DA

El planteamiento subyacente a la visión de la absorción como un proceso es que conjuntos de prácticas que se retroalimentan tienen mayor impacto sobre el desempeño que prácticas individuales y aisladas (Chen et al., 2011; Feldman et al., 2016). Por ello, se indaga por la interacción entre las fases del PA y su incidencia sobre el DA. Para facilitar la interpretación de los resultados, se establecen perfiles de prácticas que captan maneras distintas de efectuar los PA. Entonces, para propósitos de contrastación, se define un perfil configurado por la interacción entre prácticas desplegadas en las fases del PA con algún grado de formalidad, esto es, la exploración en el ámbito científico y tecnológico y la asimilación a partir de mecanismos formales de interacción. Otro perfil capta la interacción entre prácticas más informales, esto es, la exploración en el mercado con la asimilación mediante mecanismos para compartir y transferir el conocimiento –tácito–.

Debido a que la interacción entre las prácticas más formales no es significativa para el DA¹², no se rechaza H5a. Esto ocurre por la ausencia de infraestructuras de I+D y de estructuras formalizadas para explorar en el entorno. Por ello, tampoco se requiere el desarrollo de repositorios y bases de datos para almacenar y transferir el nuevo conocimiento externo. De ese modo, la retroalimentación entre exploración y asimilación poco estimula el aprendizaje organizacional. La interacción entre la exploración y la explotación –incorporación de maquinaria y equipo– tampoco es significativa. Así, paradójicamente, aunque en la IBYC el cambio tecnológico es exógeno, sus PA están poco desarrollados.

En concordancia con un contexto donde predomina la informalidad en los PA, la interacción entre la exploración en el mercado, el uso de mecanismos informales para compartir y transferir conocimiento, y la incorporación de maquinaria y equipo, incide significativamente sobre el DA (tabla 6). De este modo, no se rechaza la H5b y se corrobora el predominio del perfil de PA dominados por la informalidad. Pero

¹² Debido a esto, no se muestra la tabla de resultados.

el signo –incidencia– negativo de esa interacción sobre el DA explica la persistencia de bajas CA y del atraso tecnológico.

Tabla 6.

Interacción entre los componentes de las CA más informales.

	Modelo1 b/p	Modelo2 b/p	Modelo3 b/p	Modelo4 b/p
desabs				
Condiciones de partida				
depidsust	0,789 0,003**	0,714 0,012*	0,849 0,001**	0,736 0,006**
rhcalif	0,01 0,134	0,009 0,25	0,009 0,174	0,008 0,22
idainn	2,33 0,002**	1,995 0,011*	2,134 0,005**	2,064 0,006**
Capacidades de exploración				
beprom	0,212 0,258	0,204 0,296	0,113 0,546	0,289 0,148
actcytprom	0,076 0,794	-0,115 0,689	-0,084 0,782	0,151 0,595
feriasprom	0,322 0,001***	0,229 0,027*	0,316 0,001***	0,277 0,006**
actmdoprom	1,935 0,000***	2,785 0,000***	1,016 0,000***	1,859 0,000***
Capacidades de asimilación				
asimcomprom	0,907 0,000***	0,542 0,007**	0,573 0,050*	0,986 0,000***
asimforprom	0,093 0,626	0,219 0,255	0,136 0,463	0,095 0,616
Capacidades de explotación				
meqinc	0,584 0,000***	1,141 0,000***	0,663 0,000***	0,812 0,000***
Interacciones				
c,actmdoprom#c,asimcomprom	-0,85 0,000***			
c,actmdoprom#c,meqinc		-0,893 0,000***		

c,asimcomprom#c,meqinc		-0,082		
		0,506		
c,actmdoprom#c,asimcomprom#c,meqinc			-0,371	
			0,000***	
Variables de control				
Tam	0,258 0,106	0,276 0,093	0,215 0,182	0,294 0,065
Dummies Sector	SI	SI	SI	SI
Observations	568	568	568	568
Ll	-463,17	-437,69	-470,08	-449,64
chi2	305,5	276,54	288,48	289,88
Df	28	28	28	28
Prob>chi2	0	0	0	0
Pseudo_R2	0,31	0,35	0,3	0,33

Nota. * $p > 0,05$, ** $p > 0,01$, *** $p > 0,001$.

Fuente: EIBYC II (2010).

Discusión e implicaciones

El desafío que plantea la definición de las CA como dinámicas, que es inaplicable al grueso de las firmas ubicadas en contextos BLDT, motivó este artículo. Para facilitar comparar CA con distintos niveles de desarrollo, se articuló la literatura de las capacidades dinámicas y de las CA. Esto permitió identificar, al nivel analítico, los rasgos que tendrían los PA cuando activan CA dinámicas, como ocurre en contextos VUCA de los países desarrollados. Al nivel empírico, los rasgos de los PA de las firmas de la IBYC, que son típicos de contextos BLDT y opuestos a los de contextos VUCA. Asumir la absorción como un proceso facilitó identificar factores que contribuyen a explicar la persistencia de la *trampa del bajo aprendizaje tecnológico*, los bajos DA y las brechas con los países desarrollados.

La articulación de la literatura facilitó identificar tanto los rasgos de los PA que despliegan CA dinámicas como interpretar los cambios y aprendizajes preponderantes en entornos VUCA. Allí, las capacidades de exploración (Lane et al., 2006), mediante el *sensing generativo*, originan aprendizaje explorativo que deriva en identificación/creación de oportunidades (Dong et al., 2016) y conocimientos tan novedosos que, para aprovecharlos, demandan aprendizajes –asimilativos– que transforman la base de conocimiento y estructuras cognitivas (Todorova & Durisin, 2007), y las rutinas y procesos (capacidades operativas). Esto propicia la ruptura del *path dependent* y de las trayectorias tecnológicas de las firmas. Así, las CA desplegadas no solo son dinámicas, sino que cambian el sentido del vínculo innovación-absorción planteado por Cohen y Levinthal (1990).

La evidencia corrobora que en la IBYC el contraste con ese escenario emerge desde las mismas condiciones de partida, que resultan clave (Cohen & Levinthal, 1990), porque signan los PA y los DA obtenidos. En efecto, en la IBYC –como en LATAM–, son escasas las infraestructuras y actividades de I+D (da Silva et al., 2020; Vega-Jurado et al., 2017; Yogui et al., 2017), lo que dificulta aprendizajes acumulativos, limita la base de conocimiento y signa los PA. Los rasgos de los PA, que afloran al observar sus fases, facilitan entenderlos. La exploración es muy débil, porque las firmas ni están organizadas ni cuentan con infraestructuras para hacerla (Malaver & Vargas, 2006, 2011); no acuden a fuentes de información o actores del entorno científico y tecnológico, lo que limita su aprendizaje cognitivo; por el contrario, la búsqueda se centra en fuentes y actores del mercado vinculados a sus cadenas de valor que proveen tecnologías –incorporadas en la maquinaria y equipo– muy cercanas a las conocidas, para atender sus mercados locales (Acevedo & Díaz-Molina, 2019; Dini & Stumpo, 2011). Para apropiar y aprovechar ese conocimiento incorporado, se requieren pocos esfuerzos y aprendizajes asimilativos. Por ello, son mínimos los cambios en los conocimientos y procesos existentes en las firmas, y las capacidades de explotación tienen la mayor incidencia en los DA.

En consecuencia, las prácticas desplegadas –en las fases– configuran PA cuyos rasgos característicos son el poco peso de la exploración y la asimilación, y el predominio de la explotación. Así, es mínimo el peso de las fases que activan las CA más dinámicas de los PA y pesa más la fase que activa las CA más operativas (como ilustra la figura 1). De ese modo, el despliegue de CA dinámicas es excepcional, y el escaso desarrollo de las CA se traduce en débiles DA y lento dinamismo tecnológico.

Adicionalmente, indagar por las interacciones entre las capacidades específicas desplegadas en las distintas fases del PA aporta hallazgos relevantes. Estos corroboran que conjuntos de prácticas –familia de rutinas (Feldman et al., 2016)– producen cambios significativos: las interdependencias en los PA generan retroalimentaciones que contribuyen a explicar la persistencia del atraso y los bajos DA en un contexto BLDT.

En efecto, en la IBYC la interacción ayuda a explicar el bajo nivel de las CA. Aquí, las variables que dan cuenta de la informalidad tienen mayor incidencia en los DA más bajos y disminuye ostensiblemente en los más altos. Por ello, su incidencia conjunta sobre el DA es negativa –según el coeficiente de la interacción–. Así, la informalidad en la IBYC no es complemento y catalizador de los recursos y capacidades organizacionales –formales– puestos en acción en las fases más dinámicas de los PA, como ocurre en los países desarrollados¹³. Al contrario, esa interacción se refuerza de manera negativa, alimentando un círculo vicioso que constriñe los aprendizajes y el desarrollo de las CA (da Silva et al., 2020). Esto ocurre porque se concentra en tecnologías dominadas y en mercados conocidos; en interacciones cercanas y aprendizajes informales; es decir, en conocimiento experiencial –idiosincrático– (Levinthal & Marengo, 2020), poco abierto a la diversidad. Todo ello refuerza el lock-in tecnológico y limita el nivel aspiracional (Nelson & Winter, 1982). Esa informalidad es entonces consecuencia y, a la vez, causa de la persistencia del bajo aprendizaje y del rezago tecnológico.

Por último, la evidencia aportada también muestra la utilidad de diferenciar las capacidades de sus desempeños. Bajas CA están asociadas con predominio de la adopción, poca adaptación/mejora de tecnologías exógenas incorporadas, y casi inexistente creación de nuevos productos y procesos. El alto peso de la explotación se expresa en la preponderancia de la adopción de tecnologías identificadas a través de actores de la cadena/red de valor de la firma (Dini et al., 2014). Las precarias capacidades de exploración y asimilación se traducen en incorporación de maquinaria y equipo que, para adaptarse a su

¹³ Allí, las infraestructuras y la formalidad expresan compromisos estratégicos y procesos recurrentes que desarrollan capacidades. Esto se complementa con espacios organizacionales informales que facilitan acceder a conocimiento externo nuevo y distante, y con interacciones que propician la apertura a propuestas disruptivas que rompen los paradigmas organizacionales. Esa informalidad expresa flexibilidad organizacional, y es catalizadora de círculos virtuosos de aprendizaje y desarrollo de las CA.

entorno tecnológico y de mercado, reclaman innovaciones difusivas, incrementales; también, en mínima creación de nuevos productos y procesos para mercados internacionales.

En consecuencia, persiste la urgencia de desarrollar PA que transiten de la informalidad al desarrollo de CA que propicien aprendizajes tecnológicos y se conviertan en inductoras de innovación y upgrading tecnológico. Esto permitiría superar el espejismo de creer que la sola modernización tecnológica (tecnología incorporada) basada en capacidades de explotación –CA operativas– es una vía para cerrar las brechas tecnológicas.

Estos hallazgos tienen varias implicaciones. La principal es mostrar que la absorción vista como un proceso, configurado por conjuntos de prácticas interdependientes, revela retroalimentaciones tan distintas que pueden tener impactos opuestos para el desarrollo tecnológico. Estas son positivas cuando originan bucles de aprendizaje generativos en la exploración y recursivos en la asimilación –los nuevos conocimientos incorporados reclaman aprendizajes y búsquedas de nuevos conocimientos externos, para aprovecharlos–. Al contrario, cuando el conjunto de prácticas informales está concentrado en la explotación se retroalimentan negativamente, reforzando el lock-in y el débil DA. En el primer caso, típico de PA avanzados, se generan círculos virtuosos de aprendizaje y desarrollo de CA. En el segundo, típico de contextos BLDT, se producen círculos viciosos que perpetúan la trampa del bajo aprendizaje y acrecientan las brechas tecnológicas.

Investigación futura

Integrar las CA con las capacidades dinámicas revela que profundizar en la absorción como un proceso facilita comprender mejor la formación y operación de las capacidades dinámicas y, por esta vía, potencia sus avances. Ahondar en los PA, como aquí se hizo, contribuye a explicar la persistencia de las débiles CA en contextos BLDT y, sobre todo, a generar métricas e indicadores que faciliten compararlas con las existentes en las industrias de baja tecnología de los países desarrollados, así como evaluar –en LATAM– el impacto del salto digital provocado por la pandemia sobre las CA.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no manifiestan conflictos de intereses institucionales ni personales.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J., & Díaz-Molina, I. (2019). Exploration and exploitation in Latin American firms: The determinants of organizational ambidexterity and the country effect. *Journal of Technology Management & Innovation*, 14(4), 6-16. <http://doi.org/10.4067/S0718-27242019000400006>

- Arocena, R., & Sutz, J. (2003). *Subdesarrollo e innovación. Navegando contra el viento*. Cambridge University Press; OEI.
- Becker, M., & Zirpoli, F. (2008). Applying organizational routines in analyzing the behavior of organizations. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 66(1), 128-148.
<https://doi.org/10.1016/j.jebo.2007.04.002>
- Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2003). Exploitation, exploration, and process management: The productivity dilemma revisited. *Academy of Management Review*, 28(2), 238-256.
<https://doi.org/10.5465/amr.2003.9416096>
- Benner, M. J., & Tushman, M. L. (2015). Reflections on the 2013 decade award – “Exploitation, exploration, and process management: the productivity dilemma revisited” ten years later. *Academy of Management Review*, 40(4), 497-514. <https://doi.org/10.5465/amr.2015.0042>
- Cameron, C., & Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics methods and applications*. Cambridge University Press.
- Chan, L., Shaffer, M., & Snape, E. (2004). In search of sustained competitive advantage: The impact of organizational culture, competitive strategy and human resource management practices on firm performance. *The International Journal of Human Resource Management*, 15(1), 17-35.
<https://doi.org/10.1080/0958519032000157320>
- Chen, J., Chen, Y., & Vanhaverbeke, W. (2011). The influence of scope, depth, and orientation of external technology sources on the innovative performance of Chinese firms. *Technovation*, 31(8), 362-373. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.03.002>
- Chesbrough, H. W. (2006). *Open business models: How to thrive in the new innovation landscape*. Harvard Business School Press.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*. CEPAL; IDRC; CDRI.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3683/1/S2007027_es.pdf
- Da Silva, A., Rapini, M. S., & Caliari, T. (2020). Organizational determinants and idiosyncrasies of firms' absorptive capacity in a developing country. *Science and Public Policy*, 47(3), 384-395.
<https://doi.org/10.1093/scipol/scaa020>
- Dini, M., & Stumpo, G. (Comps.). (2011). *Políticas para la innovación en las pequeñas y medianas empresas en América Latina*. CEPAL. <http://hdl.handle.net/11362/3868>
- Dini, M., Rovira, S., & Stumpo, G. (2014). Una introducción a las políticas de innovación para las pymes. En M. Dini, S. Rovira, & G. Stumpo (Coords.), *Una promesa y un suspirar: políticas de innovación para pymes en América Latina* (pp. 9-22). CEPAL; GIZ. <http://hdl.handle.net/11362/37352>

- Dong, A., Garbuio, M., & Lovallo, D. (2016). Generative sensing: A design perspective on the microfoundations of sensing capabilities. *California Management Review*, 58(4), 97-117.
<https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.97>
- Dosi, G., & Nelson, R. (2010). Technical change and industrial dynamics as evolutionary processes. In B. H. Hall, & N. Rosenberg (Eds), *Handbook of Economics of Innovation* (pp. 57-127). North Holland.
[https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01003-8](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01003-8)
- Easterby-Smith, M., Lyles, M., & Peteraf, M. (2009). Dynamic capabilities: Current debates and futures directions. *British Journal of Management*, 20(s1), s1-s8. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.2008.00609.x>
- Feldman, M., & Pentland, B. (2003). Reconceptualizing organizational routines as a source of flexibility and change. *Administrative Science Quarterly*, 48(1), 94-118.
<https://doi.org/10.2307/3556620>
- Feldman, M., Pentland, B., D'Adderio, L., & Lazaric, N. (2016). Beyond routines as things: Introduction to the special issue on routine dynamics. *Organization Science*, 27(3), 505-513.
<https://doi.org/10.1287/orsc.2016.1070>
- Greene, W. (2007). *Econometric analysis*. Prentice Hall.
- Gupta, A. K., Smith, K. G., & Shalley, C. E. (2006). The interplay between exploration and exploitation. *Academy of Management Journal*, 49(4), 693-706. <https://doi.org/10.2307/20159793>
- Helpat, C., & Winter, S. G. (2011). Untangling dynamic and operational capabilities: Strategy for the (n)ever-changing world. *Strategic Management Journal*, 32(11), 1243-1250.
<https://doi.org/10.1002/smj.955>
- Jensen, M., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. A. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy*, 36(5), 680-693. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.006>
- Lane, P., Koka, B., & Pathak, S. (2006). The reification of absorptive capacity: A critical review and rejuvenation of the construct. *Academy of Management Review*, 31(4), 833-863.
<https://doi.org/10.2307/20159255>
- Laursen, K. (2012). Keep searching and you'll find: What do we know about variety creation through firms' search activities for innovation? *Industrial and Corporate Change*, 21(5), 1181-1220.
<https://doi.org/10.1093/icc/dts025>
- Laursen, K., & Foss, N. (2003). New human resource management practices, complementarities, and the impact on innovation performance. *Cambridge Journal of Economics*, 27(2), 243-263.
<https://doi.org/10.1093/cje/27.2.243>
- Lavie, D. (2006). Capability reconfiguration: An analysis of incumbent responses to technological change. *Academy of Management Review*, 31(1), 153-174.
<https://doi.org/10.5465/amr.2006.19379629>

- Lazaric, N. (2011). Organizational routines and cognition: an introduction to empirical and analytical contributions. *Journal of Institutional Economics*, 7(2), 147–156.
<https://doi.org/10.1017/S1744137411000130>
- Levinthal, D., & Marengo, L. (2020). Organizations, ambiguity, and conflict: Introduction to the special issue in honor of James G. March. *Industrial and Corporate Change*, 29(1), 81-87.
<https://doi.org/10.1093/icc/dtz066>
- Malaver, F., & Vargas, M. (2006). *Capacidades tecnológicas, innovación y competitividad de la industria de Bogotá y Cundinamarca: resultados de una encuesta de innovación*. CCB; OCYT.
<http://hdl.handle.net/11520/24715>
- Malaver, F., & Vargas, M. (2011). *Formas de innovar, desempeño innovador y competitividad industrial. Un estudio a partir de la Segunda Encuesta de Innovación en la industria de Bogotá y Cundinamarca*. Editorial Javeriana; CCB.
- Malaver, F., & Vargas, M. (2013). Formas de innovar y sus implicaciones de política: lecciones de una experiencia. *Cuadernos de Economía*, 32(60), 499-532.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/40123/42012>
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87. <https://www.jstor.org/stable/2634940>
- Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1994). *La organización creadora de conocimiento*. Oxford University Press.
- O'Reilly, C., & Tushman, M. (2008). Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemma. *Research in Organizational Behavior*, 28, 185-206.
<https://doi.org/10.1016/j.riob.2008.06.002>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2005). *Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data – Oslo Manual*. OECD.
<https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). *Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development-Frascati Manual*. OECD. https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/frascati-manual-2015_9789264239012-en#page1
- Ortigueira-Sánchez, L., Stein, W., Risco-Martínez, S., & Ricalde, M. F. (2020). The impact of absorptive capacity on innovation in Peru. *Journal of Technology Management & Innovation*, 15(4), 19-29.
<https://doi.org/10.4067/S0718-27242020000400019>
- Pando, V., & San Martin, R. (2004). Regresión logística multinomial. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 18, 323-327. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2981898>
- Pentland, B. (2011). The foundation is solid, if you know where to look: Comment on Felin and Foss. *Journal of Institutional Economics*, 7(2), 279-293. <https://doi.org/10.1017/S174413741000041X>

- Pietrobelli, C., & Rabellotti, R. (Eds.). (2008). *Upgrading to compete. Global value chains, clusters, and SMEs in Latin America*. Inter-American Development Bank; David Rockefeller Center for Latin American Studies Harvard University. Harvard University Press.
<https://publications.iadb.org/publications/english/document/Upgrading-to-Compete-Global-Value-Chains-Clusters-and-SMEs-in-Latin-America.pdf>
- Rammer, C., Czarnitzki, D., & Spielkamp, A. (2009). Innovation success of non-R&D-performers: Substituting technology by management in SMEs. *Small Business Economics*, 33, 35-58.
<https://doi.org/10.1007/s11187-009-9185-7>
- Simsek, Z., Heavey, C., Veiga, J., & Souder, D. (2009). A typology for aligning organizational ambidexterity's conceptualizations, antecedents and outcomes. *Journal of Management Studies*, 46(5), 864-894. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00841.x>
- Teece, D. J., Peteraf, M., & Leih, S. (2016). Dynamic capabilities and organizational agility: Risk, uncertainty, and strategy in the innovation economy. *California Management Review*, 58(4), 13-35.
<https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.13>
- Teece, D. J., & Leih, S. (2016). Uncertainty, innovation, and dynamic capabilities: An introduction. *California Management Review*, 58(4), 5-12. <https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.4.5>
- Todorova, G., & Durisin, B. (2007). Absorptive capacity: Valuing a reconceptualization. *Academy of Management Review*, 32(3), 774-786. <https://doi.org/10.2307/20159334>
- Vargas, M. (2017). *Un modelo integrado de capacidades de absorción al nivel de la firma* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UN.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/62054/TesisPhDMariselaVargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vargas, M. (2018). ¿La capacidad de absorción es dinámica? *Innovar*, 28(67), 75-87.
<https://doi.org/10.15446/innovar.v28n67.68614>
- Van den Bosch, F., Volberda, H., & de Boer, M. (1999). Coevolution of firm absorptive capacity and knowledge environment: Organizational forms and combinative capabilities. *Organization Science*, 10(5), 551-568. <https://doi.org/10.1287/orsc.10.5.551>
- Vega-Jurado, J., Polo-Otero, J. L., Cotes-Torres, M. A., & Vega-Cárcamo, J. C. (2017). La base de conocimiento y su impacto en la capacidad de absorción de pymes de baja tecnología. *Cuadernos de Administración*, 30(55), 7-35.
https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/18257
- Von Tunzelmann, N., & Acha, V. (2005). Innovation in "low-tech" industries. En J. Fagerberg, & D. Mowery (Eds.), *The Oxford Handbook of innovation* (pp. 407-432). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0015>

Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), 991-995. <https://doi.org/10.1002/smj.318>

Yoguel, G., Barletta, F., & Pereira, M. (2017). Los aportes de tres corrientes evolucionistas neoschumpeterianas a la discusión sobre políticas de innovación. *Revista Brasileira de Inovação*, 16(2), 381-404. <https://doi.org/10.20396/rbi.v16i2.8650116>

Zahra, S., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185-203. <https://doi.org/10.2307/4134351>

Borrador_Innovar