

## Incidencia de la productividad en la introducción de innovaciones para las empresas manufactureras del Cauca, Colombia

Valentina Ruiz Ruiz<sup>1</sup>  
Universidad del Cauca  
[rvalentina@unicauca.edu.co](mailto:rvalentina@unicauca.edu.co)

Silvia Torres Ceballos<sup>2</sup>  
Universidad del Cauca  
[silvialejat@unicauca.edu.co](mailto:silvialejat@unicauca.edu.co)

Andrés Mauricio Gómez-Sánchez<sup>3</sup>  
Universidad del Cauca  
[amgomez@unicauca.edu.co](mailto:amgomez@unicauca.edu.co)

### DOI:

Fecha de recepción: 10 de diciembre de 2023  
Fecha de aprobación: 19 de marzo de 2024



**Cómo citar este artículo:** Ruiz Ruiz, V.; Torres Ceballos, S.; Gómez Sánchez, A.M. (2024). Incidencia de la productividad en la introducción de innovaciones para las empresas manufactureras del Cauca, Colombia. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (96), (páginas). DOI:

### Resumen

Este documento explora la hipótesis de *autoselección por innovaciones* en la industria manufacturera caucana. Esto es, la incidencia de la productividad total de los factores (PTF) en la introducción de innovaciones y no la causalidad contraria, es decir, la hipótesis de *aprendizaje por innovaciones*. Inicialmente, se estima la PTF a través de un proceso bietápico, incluyendo un proceso markoviano endógeno, para posteriormente implementar un modelo probit dinámico, con datos panel que introduce el patrón de la experiencia exportadora, al igual que trata el problema de las condiciones iniciales, con el fin de evitar problemas de endogeneidad. La información se obtiene del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), específicamente de la encuesta anual manufacturera (EAM); de la encuesta de innovación y desarrollo tecnológico (EDIT) y de la encuesta anual TIC (EAM-TIC), en el periodo 2023-2018; con lo cual se obtiene un panel que consta de 435 observaciones repartidas en 92 empresas. Para comparar los resultados se estima también el modelo para la región, conformada por Bogotá, Antioquia y Valle (BAV); al igual que para Colombia. Los principales resultados señalan una evidencia tenue y discrecional del proceso de *autoselección por innovaciones* en el departamento del Cauca, al igual que en la región BAV y en Colombia, ya que sus impactos son bajos y dependen del tipo de innovación analizado.

**Palabras clave:** organización Industrial; productividad total de los factores (PTF); innovaciones; autoselección; datos panel; regiones; Colombia.

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup>Economista. Universidad del Cauca. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2687-4072>

<sup>2</sup>Economista. Grupo de investigación Entropía. Universidad del Cauca. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1331-6094>

<sup>3</sup>Investigador Grupo Entropía. Universidad del Cauca. PhD. en Economía Industrial, Universidad de Valencia, España. Magíster en Economía Aplicada y Economista. Universidad del Valle, Cali, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6582-4129>

## 1. Introducción

El vínculo entre la introducción de innovaciones por parte de las empresas y las ganancias en términos de productividad, ha sido estudiado ampliamente en la organización industrial. La importancia de estudiar la productividad a nivel microeconómico radica en que esta se constituye en una estrategia de internacionalización para las firmas que la utilizan para competir en mercados internacionales (Julien y Ramangalahy, 2003). A nivel macroeconómico, la productividad es una fuente de crecimiento económico en los países, porque impulsa el empleo, los salarios y reduce la pobreza (Hull, 2009).

Los aportes teóricos iniciales propuestos por Schumpeter (1942); han sido aplicados a nivel empírico por Griliches (1979) o Crépon *et al.* (1998) a través de los modelos CDM; y por otros autores como Máñez *et al.* (2011) o Demmel *et al.* (2017). Esta relación también ha sido explorada a nivel macroeconómico basándose en el modelo del cambio técnico residual a la Solow (Bilbao-Osorio y Rodríguez-Pose, 2004; Gordon, 2012; Verspagen, 2006, entre otros).

Los resultados de estas investigaciones encuentran un fuerte nexo entre las innovaciones y productividad, no solo en las economías de los países sino a nivel de empresa (Gómez-Sánchez, *et al.*, 2023a; 2023b; Máñez *et al.*, 2013; Wu *et al.*, 2020). En Colombia, varios autores han explorado empíricamente este vínculo y han encontrado relaciones positivas al interior de las firmas (Arbeláez y Parra, 2011; Clerides *et al.*, 1998; Gómez-Sánchez *et al.*, 2023a; Gómez-Sánchez, 2020; Hernández, 2005; Langebaek y Vásquez, 2007; Villarreal *et al.*, 2015).

En Colombia las investigaciones muestran tres características relevantes. De un lado, analizan el vínculo innovación-productividad a nivel de empresa para el país sin discriminar por departamentos (Albis y Álvarez, 2017; Gómez-Sánchez, 2020; Sanchis-Llopis *et al.*, 2024; Villarreal *et al.*, 2015; entre otros). Por otro lado, están centrados en departamentos que pertenecen al centro como Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca (Gutiérrez Narváez, 2020; Rosales Rueda, 2005). Finalmente, se ha estudiado este vínculo desde la innovación hacia la productividad y no viceversa (Arbeláez y Parra, 2011; Gómez-Sánchez, 2020; Sanchis-Llopis *et al.*, 2024).

Siguiendo a De Loecker (2007) y a Sanchis-Llopis *et al.*, (2024); en el proceso se considera que las firmas innovadoras incurren en procesos de aprendizaje debido a la experiencia en el uso de las mismas y por tanto pueden llegar a elevar su productividad; pero también es posible lo contrario, es decir, que las empresas más productivas o las que tienen un umbral crítico de productividad, según Manjón *et al.* (2013), pueden autoseleccionarse en la introducción de innovaciones por primera vez o de forma persistente porque pueden superar los costos hundidos asociados a esta actividad (Martínez-Ros y Labeaga, 2009; Melitz, 2003).

En este orden de consideraciones, este estudio intenta explorar la causalidad desde la productividad hacia la innovación (*autoselección por innovaciones*) en la industria manufacturera del Cauca. Para comparar estos resultados con regiones económicamente superiores, se incluye también en el análisis la región BAV, conformada por la capital del país, Bogotá, D. C; y los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca; quienes soportan el 50 % de la actividad económica del país y el 52 % de la actividad industrial.

Para lograrlo, inicialmente la productividad total de los factores (PTF) se obtiene bajo el modelo bietápico de Wooldridge (2009) estimado bajo el método Generalizado de Momentos (GMM); y posteriormente se implementa un modelo Probit dinámico con datos panel. La información es extraída del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), más específicamente de la fusión de tres bases de datos; la Encuesta Anual Manufacturera (EAM); la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica (EDIT) y la Encuesta de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (EAM-TIC) para el periodo 2013-2018.

Este documento contiene algunas novedades. Es el primer estudio que explora la relación productividad-innovación a nivel departamental y para un territorio no perteneciente al centro sino a la periferia del país. Se estima la productividad total de los factores (PTF) a nivel de empresa a través del método bietápico de Wooldridge (2009); introduciendo la experiencia innovadora pasada (de cada una de las definiciones de innovación) en la ley de movimiento de la productividad, es decir incluye un proceso Markoviano endógeno (Manjón, *et al.*, 2013). Además, trata con el potencial problema de las condiciones iniciales, según Blundell y Bond (1998), originada por la heterogeneidad no observable de las empresas, e

incluye también el patrón de decrecimiento de la experiencia innovadora en las empresas (Love y Máñez, 2019). Finalmente, plantea un modelo probit dinámico con datos panel para evitar el sesgo de especificación del modelo y también problemas de endogeneidad vía simultaneidad. En general, un modelo probit dinámico con datos panel, es un modelo estocástico que relaciona una variable cualitativa con un conjunto de variables determinísticas, rezagadas en un periodo, al igual que una variable aleatoria; para un conjunto de individuos (firmas en este caso) a través del tiempo.

Este documento consta de 6 partes, donde la primera es esta introducción. La segunda explora los aportes teóricos y empíricos sobre la temática examinada. La tercera hace un análisis descriptivo de la información. La cuarta analiza los resultados de la modelación estocástica. En la sección 5 se realiza una discusión de los resultados y, finalmente, en la última parte presenta algunas conclusiones y recomendaciones.

## **2. Marco teórico**

Para Schumpeter (1942), la innovación debía ser entendida como la introducción de un bien nuevo con el cual no se hayan relacionado los consumidores, o la introducción de métodos de producción novedosos, al igual que aperturas de nuevos mercados, también la utilización de nuevas fuentes de aprovisionamiento (materias primas o bienes manufacturados), o la creación de una nueva organización (Gómez, 2003). Nelson y Winter (1977), catalogan la innovación como un proceso a través del cual evolucionan las tecnologías a lo largo del tiempo, por medio de rutinas de producción. La Eurostat (2005), considera que la innovación es un proceso fundamental para el crecimiento de la productividad y una herramienta esencial para la generación de valor y de excedentes en las empresas.

El proceso de obtención e introducción de innovaciones no es igual en los países desarrollados y en los emergentes (Gómez-Sánchez, 2020). En estos últimos las empresas que prevalecen son medianas y pequeñas (pymes), y por lo general la inversión en laboratorios de I+D es baja, obteniendo innovaciones incorporadas en bienes de capital

importados desde países desarrollados (Pagés, 2010; Sanchis-Llopis *et al.*, 2024). Es decir, el cambio técnico es exógeno (Gómez, 2003). Independientemente de si el cambio técnico es endógeno o exógeno, se reconoce que la introducción de innovaciones impulsa la productividad (Abeles *et al.*, 2017). Ya que las empresas incurren en procesos de aprendizaje ganando experiencia en el uso repetitivo de las nuevas tecnologías dentro del proceso productivo. Esta hipótesis se conoce como aprendizaje por innovaciones, o API (Gómez-Sánchez, 2020).

Otros autores consideran la causalidad contraria, es decir, las empresas que son productivas o que cuentan con un mínimo requerido de productividad (Manjón *et al.*, 2013), son aquellas que introducen innovaciones en los procesos productivos ya que pueden afrontar los costos hundidos a asociados a las actividades de innovación (Roberts y Tybout, 1997). Esta hipótesis se conoce como autoselección por innovaciones, o ASI (Gómez-Sánchez, 2020). Para Gómez-Sánchez *et al.* (2023a), estos costos hundidos en empresas provenientes de economías emergentes no son exactamente los mismos que en economías desarrolladas, ya que están más ligados a la búsqueda de proveedores que satisfagan sus necesidades económicas y requisitos de calidad, así como procedimientos aduaneros, formulación de contratos, impuestos, empleados de alta calidad o actividades de transporte, entre otros. Además, las empresas más productivas afrontan de mejor forma la incertidumbre asociada a la innovación, poseen más recursos financieros o, en su defecto, pueden acceder a fuentes crediticias más fácilmente (Gómez-Sánchez *et al.*, 2023a).

La hipótesis API está inspirada en el trabajo de De Loecker (2007), quien plantea que las empresas exportadoras elevan su productividad futura. Esta hipótesis, que se conoce como aprendizaje por exportaciones (LBE, por sus siglas en inglés), considera que las firmas aprenden de los gustos y preferencias de los clientes, pero también de otros competidores, lo que les permite perfeccionar la calidad de los productos, reducir costos y adoptar mecanismos donde puedan mejorar las estructuras productivas para ser altamente competitivos (Sanchis-Llopis *et al.*, 2024).

La hipótesis ASI sigue los lineamientos de la hipótesis de autoselección en mercados de exportación (SS, por su sigla en inglés) desarrollada por Melitz (2003). Este autor considera que las firmas más productivas se autoseleccionan en mercados de exportación, porque pueden cubrir los costos hundidos asociados a la actividad exportadoras, tales como la necesidad de establecer canales de comercialización y distribución, explorar la demanda y la competencia extranjera, personalizar las características de los productos propios para adaptarlos a los gustos extranjeros o cumplir con la legislación de calidad y seguridad de otros países (Sanchis-Llopis *et al.*, 2024).

La idea de los costos hundidos proviene de Roberts y Tybout (1997), para quienes las firmas más productivas son aquellas que pueden soportar los costos hundidos asociadas al proceso exportador. Específicamente, los costos hundidos son fuentes significativas de persistencia en el mercado de exportaciones y las características de las plantas, como por ejemplo su tamaño, implicando que las empresas más grandes sean las que pueden soportar dichos costos (Máñez *et al.*, 2020). De acuerdo con Sanchis-Llopis *et al.* (2024), el reconocimiento de los costos hundidos implica que la exportación de bienes finales dependa de trayectorias pasadas de las exportaciones y, por tanto, de cambios transitorios en la política comercial o en las condiciones económicas, las cuales pueden tener efectos permanentes en el estatus comercial de la empresa. Así, estos autores concluyen que la existencia de costos hundidos genera histéresis en los flujos comerciales.

Los estudios empíricos en estos tópicos para Colombia son escasos (Sanchis-Llopis *et al.*, 2024). Sin embargo, se han realizado investigaciones centradas en la hipótesis API, siguiendo a Griliches (1979), y más específicamente a Crépon *et al.* (1998). En este sentido, Arbeláez y Parra (2011) muestran que la producción de bienes y servicios nuevos para la empresa y para el mercado interno, mejora las ventas por trabajador, y la innovación en producto impulsa tanto las ventas como la PTF. Villarreal *et al.* (2015) encuentran para las empresas pequeñas que la presencia de personal calificado y los mecanismos de protección informal o estratégica, entre otros, resultan los determinantes principales del esfuerzo innovador. En Ramírez *et al.* (2020), los resultados sugieren que el capital humano tiene un efecto causal en

las actividades de I+D; en el comportamiento innovador de la empresa y en los aumentos en la productividad laboral.

Finalmente, Gómez-Sánchez (2020) y Sanchis-Llopis *et al.* (2024), tienen en cuenta las hipótesis API y ASI. Para la hipótesis API, los resultados muestran que las firmas que introducen innovaciones en producto y proceso incrementan su productividad, pero solo lo hacen en el futuro inmediato (un periodo). La hipótesis ASI se cumple, ya que las firmas con mayores productividades son aquellas que introducen innovaciones tanto en proceso como en producto. En Latinoamérica y el mundo se encuentran resultados similares en Crespi y Zúñiga (2012), Rochina-Barrachina *et al.* (2010), Máñez *et al.* (2013), Demmel *et al.* (2017), entre otros.

### 3. Análisis descriptivo

La información es extraída del DANE fusionando las encuestas EAM, EDIT y EAM-TIC entre 2013 y 2018<sup>4</sup>, obteniéndose un panel de datos que cuenta con 435 observaciones de 92 empresas para el Cauca, para la región BAV con 32 060 observaciones repartidas en 6536 firmas y, finalmente, para Colombia se obtiene un panel de 59 377 observaciones distribuidas en 9718 firmas.

Vale la pena mencionar que las definiciones de los diferentes tipos de innovación dadas por el DANE son bastante exigentes, y difíciles de poder hallar resultados mínimamente representativos, sobre todo para el departamento del Cauca, el cual no es un departamento con vocación industrial. En este sentido, estas se han agrupado en cuatro categorías: innovaciones en procesos, en productos, en procesos y productos al tiempo y, finalmente, innovaciones en producto o en proceso<sup>5</sup>. La tabla 1 muestra algunas cifras descriptivas de la industria caucana en términos de la introducción de innovaciones.

---

<sup>4</sup> Esta periodicidad obedece a que a partir del año 2013 se implementó la nueva metodología de recolección de la información por parte del DANE y, por tanto, no es recomendable utilizar la información previa a este año (Villareal, *et al.*, 2015). Para los años posteriores a 2018 no se cuenta hasta la fecha con información oficial de la EAM-TIC a nivel de empresa.

<sup>5</sup> Específicamente, las innovaciones en proceso incluyen aquellos procesos que son nuevos o mejorados en la empresa; también nuevos métodos organizativos o nuevas técnicas de comercialización. Las innovaciones en producto contienen aquellos productos que son nuevos o mejorados para la empresa, para el mercado nacional o internacional.

**Tabla 1.** Innovaciones en la industria manufacturera caucana por sectores: 2013-2018<sup>6</sup>

Industria	Firmas	Empleados	Proceso	Productos	PyP	PoP	%I+D	Emp.I+D
Alimentos	29.0	250,5	13 %	20 %	11 %	25 %	22 %	3.7
Bebidas	1.0	116.0	25 %	50 %	33 %	50 %	50 %	2.3
Cuero	1.0	525.5	100 %	0 %	0 %	100 %	100 %	5.5
Papel	8.0	248.3	26 %	24 %	20 %	33 %	29 %	4.3
Publicidad	5.0	88.4	26 %	9 %	11 %	26 %	26 %	2.7
Químicos	2.0	40,1	14 %	14 %	14 %	14 %	14 %	0,9
Farmacéutica	2.0	397.5	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,0
Caucho y plástico	8.0	110,6	15 %	4 %	4 %	15 %	12 %	6.3
Productos no metalúrgicos	7.0	70,6	0 %	11 %	0 %	11 %	11 %	0,3
Productos metalúrgicos	3.0	96.8	6 %	0 %	0 %	6 %	6 %	0,4
Productos de metal	3.0	257.6	25 %	38 %	29 %	38 %	31 %	3.1
Otros	23.0	131.2	22 %	28 %	18 %	36 %	38 %	5.8
Promedio	92	194.4	23 %	16 %	13 %	30 %	28 %	2.9

**Nota.** PyP: innovación en proceso y producto, PoP: innovación en proceso o producto, Emp.I+D: empleados en I+D.

**Fuente.** Elaboración propia a partir de datos del DANE.

La manufactura caucana se caracteriza por contar con 92 empresas y participar en 12 industrias de las 23 del país. A pesar de que algunos sectores como el del cuero o las bebidas solo cuentan con una empresa, en términos de contratación de mano de obra estas son de las más grandes del departamento, al lado de la industria farmacéutica y los productos de metal. Por otro lado, las innovaciones más frecuentes en promedio son las de proceso (23 %), seguidas por las innovaciones en producto (16 %) y con menores participaciones aquellas que son en producto y proceso al mismo tiempo (13 %). La categoría de innovaciones de proceso o producto es más amplia que las anteriores, y por eso muestra un mejor desempeño (30 %). Independientemente de la definición de innovación, el análisis realizado a las cifras de la EDIT revela que las industrias más innovadoras son la de cuero, bebidas y productos de metal.

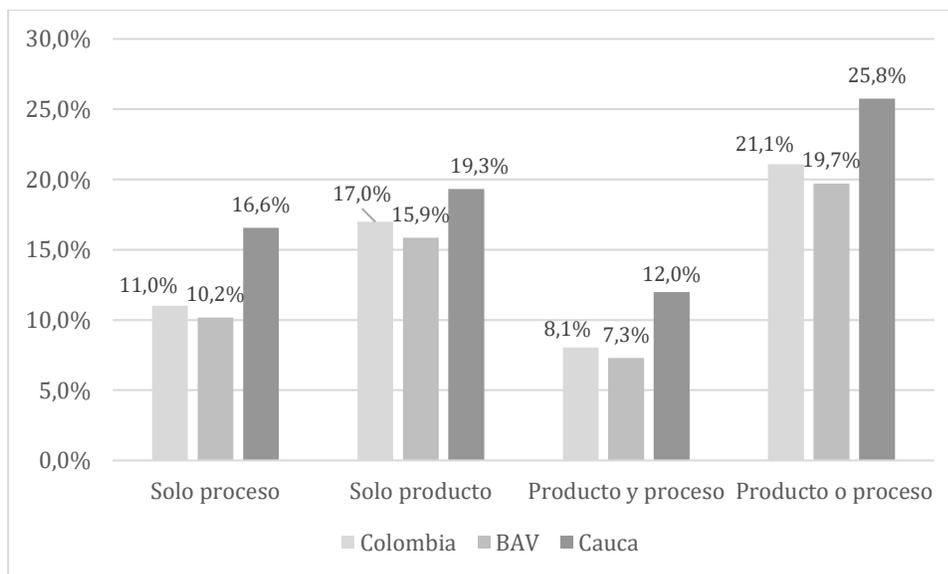
El porcentaje de empresas que hace inversiones en I+D es en promedio del 28 %, de nuevo se destaca la industria del cuero y las bebidas, al igual que las de productos de metal. Los empleados en actividades de I+D son muy pocos, pues el promedio no alcanza los 3

<sup>6</sup> Los datos de la tabla 1 corresponden a valores totales.

trabajadores. Las industrias del cuero, caucho, plástico y otros se destacan con casi 6 empleados en esta área. De acuerdo con las cifras de la EDIT, las habilidades de los trabajadores (no mostradas en la tabla) son también discretas, toda vez que el porcentaje de personas promedio con maestrías o doctorados es del 24,1 %; mientras que para algunas industrias son inferiores a esta cifra, como los reportados en las industrias del caucho y el plástico, y los productos minerales no metalúrgicos (13,6 y 16,3 %, respectivamente).

Todos estos resultados indican que el departamento del Cauca tiene una vocación industrial muy discreta, sin embargo, hay sectores con desempeños importantes, como el de bebidas, cueros y alimentos, donde los procesos de innovación podrían jalonar el desempeño de la industria como un todo, lo que podría también suceder en otras regiones del país. En este sentido, a continuación, se compara la introducción de innovaciones en la industria caucana con la región BAV y con Colombia. La figura 1 muestra los resultados de las 4 categorías de la innovación analizadas.

**Figura 1.** Porcentaje de innovaciones en proceso, producto, proceso y producto y en proceso o producto. Colombia, BVA y Cauca: 2013-2018



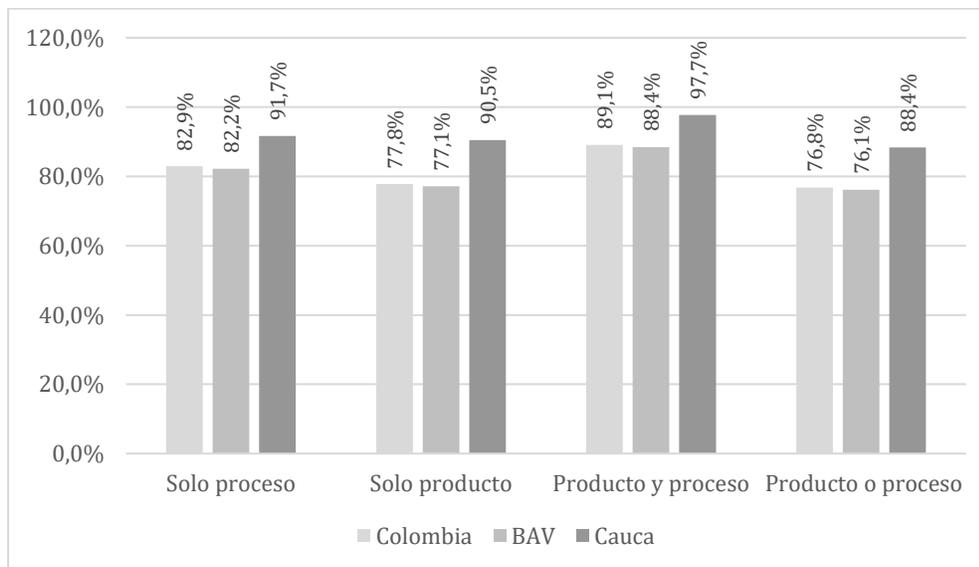
**Fuente.** Elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, se encuentra que independientemente del tipo de innovación o región analizada, la introducción de innovaciones es muy baja; resultado que no es sorprendente toda vez que

Colombia es una economía clasificada como emergente, con una baja industrialización (López Pineda, 2010). En segundo lugar, se evidencia que las innovaciones que se realizan con menor frecuencia son las que se hacen tanto en proceso como en producto; mientras que aquellas exclusivamente en producto superan a las realizadas únicamente en procesos. La definición menos exigente (innovación en proceso o producto) es la más frecuente. En tercer lugar, las innovaciones a nivel nacional son muy similares a las obtenidas en la región BAV, lo cual muestra que esta región lidera la introducción de innovaciones en el país. En términos relativos el Cauca tiene un mejor desempeño en cualquier tipo de innovación analizada que para la región BAV y Colombia.

Estas innovaciones se pueden obtener a través de inversiones como en laboratorios de investigación y desarrollo, aunque en países emergentes lo común es obtenerlas con la compra de bienes de capital (Gómez-Sánchez *et al.*, 2023a). Sin embargo, existen empresas que realizan inversiones en I+D para este propósito, y a pesar de que no todas las inversiones en I+D se constituyen en innovaciones, este rubro es un importante predictor de su obtención (Audretsch, 1995). La figura 2 muestra las innovaciones obtenidas con inversiones en I+D.

**Figura 2.** Porcentaje de firmas innovadoras que invirtieron en I+D



**Fuente.** Elaboración propia a partir de datos del DANE.

La figura 2 revela que las innovaciones en proceso consecuencia de las actividades de I+D superan en las 3 regiones a aquellas que son solo en proceso. En el Cauca, el 91,7 % de las empresas que hicieron desembolsos en estas actividades obtuvieron innovaciones en proceso, mientras que en la región BAV y Colombia es del orden del 82 %. La definición más restrictiva (innovación en proceso y producto) es la que mejor desempeño muestra, pues más del 97 % de las empresas obtuvieron ambos tipos de innovación invirtiendo en I+D; a nivel nacional y en la región BAV la cifra alcanza casi el 90 %. Las cifras revelan que la mayoría de las firmas de las regiones analizadas obtienen las innovaciones de actividades de I+D.

#### 4. Metodología

La metodología utilizada es cuantitativa econométrica. A continuación, se presenta cómo se obtiene la productividad total de los factores (PTF), para posteriormente explicar la construcción del modelo probit dinámico que incluye la hipótesis de autoselección en mercados de innovación.

##### 4.1. Estimación de la PTF

Se supone que las empresas producen un bien homogéneo mediante una función de producción Cobb-Douglas linealizada:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + w_{it} + \eta_{it} \quad (1)$$

Donde  $y_{it}$  es el logaritmo natural de la producción de la firma  $i$  en el periodo  $t$ ,  $l_{it}$  es el logaritmo del trabajo,  $k_{it}$  corresponde al logaritmo del capital,  $m_{it}$  es el logaritmo de los materiales,  $w_{it}$  se define como es la productividad no observable de la firma y  $\eta_{it}$  es el error idiosincrásico. En esta función de producción, también asumimos que el capital es una variable de estado, mientras que el empleo y los materiales intermedios son factores variables<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Suponemos que el stock de capital evoluciona siguiendo una ley de movimiento que no está relacionada con los shocks de productividad actuales. Además, la mano de obra y los materiales intermedios son insumos que pueden ajustarse cuando una empresa enfrenta un shock de productividad.

Siguiendo a Akerberg *et al.* (2015), la correlación entre los insumos no dinámicos y la productividad genera endogeneidad, la cual impide estimar la ecuación (1) por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), efectos fijos (FE) o variables instrumentales (IV). Para representar la productividad no observada, tanto la metodología de Levinsonh y Petrin (2003) como la de Olley y Pakes (1996), utilizan una función de control que incluye la inversión en capital y los materiales (Manjón *et al.*, 2013). El problema de la endogeneidad bajo OP y LP se resuelve mediante una aproximación con una función de control, la cual es una función monótona creciente de la productividad y, por lo tanto, puede usarse como proxy para representar la productividad no observable a través de su función inversa.

En la metodología OP, la inversión de capital es la función de control, sin embargo, como muchas empresas tienen inversiones iguales a cero o son muy bajas, no son reportadas o no son consideradas en las encuestas (especialmente en países emergentes como Colombia), por lo que la metodología LP propone utilizar la demanda de materiales o insumos intermedios en lugar de la inversión de capital. Como en De Loecker (2013), se toma en cuenta diferentes funciones de demanda de materiales para las empresas innovadoras y no innovadoras, ya que la heterogeneidad en las estrategias de innovación puede influir en la demanda de este factor. Por tanto, la demanda de materiales es:

$$m_{it} = m_{inn}(k_{it}, w_{it}) \quad (2)$$

El subíndice *inn* denota diferentes demandas de insumos intermedios para empresas innovadoras y no innovadoras. Para obtener una función de productividad que dependa solo de variables observables, OP y LP se basan en el supuesto de monotonidad creciente, por lo que la ecuación (2) se puede invertir para obtener la función de demanda de materiales.

$$w_{it} = h_{inn}(k_{it}, m_{it}) \quad (3)$$

Donde  $h_{inn}$  es una función desconocida de  $k_{it}$  y  $m_{it}$ . Sustituyendo (3) en (1), obtenemos:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + h_{inn}(k_{it}, m_{it}) + \eta_{it} \quad (4)$$

Entonces, la primera ecuación del sistema MGM es:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + 1(\text{no} - \text{inn})H_0(k_{it}, m_{it}) + 1(\text{inn})H_1(k_{it}, m_{it}, \text{inn}_{it}) + \eta_{it} \quad (5)$$

Donde  $1(\text{non} - \text{inn})$  y  $1(\text{inn})$ , son funciones indicadoras que toman valor uno para no innovadores e innovadores, respectivamente. Se debe tener en cuenta que la función de demandas intermedias para los innovadores depende de la experiencia en innovación  $\text{inn}_{it}$ ; pero no es el caso de los no innovadores.  $H_0$  y  $H_1$  son dos funciones desconocidas representadas por polinomios de tercer grado en sus respectivos argumentos. La categoría de referencia es la de no innovadores. Teniendo en cuenta que los parámetros  $\beta_k$  y  $\beta_m$  de (5) no pueden identificarse, se debe introducir la ley del movimiento de la productividad. Esto se constituye entonces como la segunda ecuación del sistema MGM.

Para capturar la evolución de la productividad, OP y LP proponen un proceso de Markov exógeno:

$$w_{it} = E[w_{it}|w_{it-1}] + \Omega_{it} = f(w_{it-1}) + \Omega_{it} \quad (6)$$

Donde  $f$  es una función que se desconoce, pero que enlaza la productividad en  $t$  con la productividad en  $t-1$  y  $\Omega_{it}$  es un término aleatorio que por definición no se encuentra correlacionado con  $k_{it}$ . Esta ley de movimiento no considera el aprendizaje o la experiencia innovadora de la empresa. Por tal motivo, se considera un proceso de Markov endógeno en el que innovaciones previas pueden influir en la dinámica de la productividad:

$$w_{it} = E[w_{it}|w_{it-1}, \text{inn}_{it-1}] + \Omega_{it} = f(w_{it-1}, \text{inn}_{it-1}) + \Omega_{it} \quad (7)$$

Donde  $\text{inn}_{it-1}$  indica si la empresa introdujo innovaciones en el periodo  $t-1$ . En las estimaciones se representa este aprendizaje o la experiencia de innovación mediante una variable ficticia de innovación. Sustituyendo (7) en (1) entonces:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + f[w_{it-1}, \text{inn}_{it-1}] + \Omega_{it} + \eta_{it} \quad (8)$$

Además, dado que  $w_{it-1} = h_{inn}(k_{it}, m_{it})$  se puede reescribir:

$$\begin{aligned} f[w_{it-1}, inn_{it-1}] &= f[h_{inn}(k_{it-1}, m_{it-1}), inn_{it-1}] = F_{inn}(k_{it-1}, m_{it-1}) \\ &= 1(no - inn)F_0(k_{it-1}, m_{it-1}) + 1(inn)F_1(k_{it-1}, m_{it-1}, inn_{it-1}) \end{aligned} \quad (9)$$

Siendo  $F_0$  y  $F_1$  funciones desconocidas representadas por polinomios de tercer grado en sus respectivos argumentos. Reemplazando (9) en (8), se obtiene entonces la segunda ecuación para el sistema MGM:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_0 + \beta_l l_{it} + \beta_k k_{it} + \beta_m m_{it} + 1(no - inn)F_0(k_{it-1}, m_{it-1}) \\ &\quad + 1(inn)F_1(k_{it-1}, m_{it-1}, inn_{it-1}) + \xi_{it} \end{aligned} \quad (10)$$

Donde  $\xi_{it} = \Omega_{it} + \eta_{it}$  denota un término de error compuesto.

De acuerdo con Wooldridge (2009), las ecuaciones (5) y (10) se pueden estimar de forma conjunta con apropiadas variables instrumentales y condiciones de momento correctas para cada ecuación (Sanchis-Llopis *et al.*, 2024). Mediante este método se obtienen solo las estimaciones de los coeficientes de la función de producción, sino las estimaciones de productividad de la empresa como la estimación del residual:

$$ptf_{it} = y_{it} - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 l_{it} + \hat{\beta}_k k_{it} + \hat{\beta}_m m_{it}) \quad (11)$$

Donde  $ptf_{it}$  es la productividad estimada en logaritmos para la empresa  $i$  en el momento  $t$ . Esta PTF es utilizada a continuación como proxy de la productividad de la firma en el modelo probit dinámico.

## 4.2. Modelo probit dinámico

Este modelo está basado en el propuesto por Sanchis-Llopis *et al.* (2024), y parte de considerar los costos hundidos asociados a la implementación de innovaciones (capturado por la introducción de innovaciones en  $t - 1$ ) y un conjunto de variables ( $Z_{it}$ ) que sirven

como *proxies* de los pagos de la actividad innovadora. En este sentido, si los beneficios esperados de implementar las innovaciones superan los costos hundidos asociados a esta actividad (ya sea por primera vez o para continuar innovando), la posibilidad de introducir innovaciones es mayor. Por tanto, se plantea un modelo probit dinámico para la decisión de innovación, en el que dicha decisión en  $t$  está condicionada por el conjunto de variables de estado del año anterior  $t - 1$ .

$$inn_{itj} = \begin{cases} 1, & \text{si } [\alpha_0 + \alpha_1 lptf_{it-1} + \delta inn_{itj-1} + \gamma X_{it-1} + \beta Pre_{it} + \beta Dei_{it} + año_t + ind_i + \mu_s + \mu_t + e_{it}] \geq 0 \\ 0, & \text{otro caso} \end{cases} \quad (12)$$

Donde  $inn_{itj}$  ( $j = 1, 2, 3, 4$ ); es una variable que recoge los 4 tipos posibles de innovación de la empresa  $i$  en el periodo  $t$ . Para capturar la hipótesis ASI, se introduce la productividad total de los factores en logaritmos  $lptf_{it-1}$ ; la cual es estimada por el método bietápico de Wooldridge (2009) bajo un proceso Markoviano endógeno. Siguiendo a Roberts y Tybout (1997), para capturar los costos hundidos o la persistencia/experiencia de las innovaciones, se introduce la innovación rezagada en un periodo<sup>8</sup>.

Dentro del conjunto de variables explicativas contenidas en el vector  $X_{it-1}$ ; se encuentran las exportaciones  $exp_{it-1}$  (variable dicotómica, 1 exporta; 0 otro caso), donde un *shock* de las exportaciones aumenta el tamaño del mercado y, por tanto, los incentivos a la innovación, al igual que la competencia cuando más empresas entran a los mercados de exportación (Aghion *et al.*, 2018). Se incluye el grado de concentración de la industria y las ganancias de las empresas a través del índice de concentración de Herfindhal-Hirschman y del *mark-up*, en el entendido que el poder de mercado y las mayores ganancias facilitan la introducción de innovaciones (Gómez-Sánchez, 2020).

Para controlar el tamaño de las empresas se introduce la variable  $ltam_{it-1}$ , la cual se captura por logaritmo del número de trabajadores, ya que las firmas grandes deben ser proclives a introducir innovaciones, más que las pequeñas o pymes. Siguiendo a Gómez-Sánchez *et al.* (2023b), las tecnologías de la información y la comunicación como los diferentes usos de

---

<sup>8</sup> La definición de las variables se encuentra en el anexo 1.

internet  $tic_{it-1}$ , podrían facilitar la adquisición de tecnologías, sobre todo en la compra de estas en mercados internacionales en bienes de capital, como sucede en economías emergentes como la colombiana. Debido a la alta correlación entre estas variables TIC, ellas se sintetizan a través del alpha de Cronbach (Gómez-Sánchez *et al.*, 2023b).

Adicionalmente, los gastos de investigación y desarrollo  $I\&D_{it-1}$  (expresados en logaritmos) son un buen predictor de la introducción de innovaciones (Villareal *et al.*, 2015). Como se muestra en la sección descriptiva, donde casi el 90 % de las empresas que invirtieron en esta actividad en el Cauca, obtuvieron alguna innovación. Para capturar los costos de producción, se introduce los salarios pagados a los trabajadores en logaritmo  $sal_{it-1}$ , los cuales si aumentan podrían disminuir la introducción de innovaciones, ya que la empresa tendría menos recursos financieros destinados para esa actividad (Gómez-Sánchez, 2020). La última variable dentro de  $X_{it-1}$  es la relación capital de trabajo  $lrkl_{it-1}$ , que captura cómo la introducción de tecnologías incorporadas en bienes de capital para sectores de alta intensidad tecnológica fomenta la introducción de innovaciones (Gómez-Sánchez, 2020).

El modelo se controla por la correlación de la heterogeneidad no observable de las empresas ( $Pre_{it-1}$ ), utilizando el enfoque propuesto por Blundell y Bond (1998), quienes sugieren que la media previa a la muestra de la variable dependiente debería actuar como un estadístico suficiente para solventar este problema. Adicionalmente, siguiendo a Roberts y Tybout (1997) y a Sanchis-Llopis *et al.* (2024), se introduce el patrón de decrecimiento de la experiencia innovadora; esto es, la facilidad o dificultad de las empresas de introducir innovaciones cuando han renunciado a innovar en el pasado, es decir, tiene en cuenta la posibilidad que existan costos iniciales hundidos más bajos para las empresas que reinician las actividades de innovación después de pocos años sin hacerlo, frente a aquellas que llevan largo tiempo. Los controles macroeconómicos y al interior de las industrias se capturan con las variables  $año_t$  e  $ind_i$ . Finalmente,  $\mu_i$  es la heterogeneidad no observable y  $e_{it}$  el error idiosincrásico.

## 5. Resultados

Los resultados del modelo probit dinámico se muestran en la tabla 2. Las estimaciones revelan que en la industria manufacturera del Cauca existe evidencia empírica de la hipótesis de *autoselección por innovaciones*, ya que el parámetro  $\alpha_1$  asociado a la PTF es positivo y estadísticamente significativo. Sin embargo, esta solo se cumple para las innovaciones en proceso y las catalogadas como de proceso o producto.

En términos específicos, bajo condiciones *ceteris paribus*, si la productividad se eleva en un punto, la posibilidad de introducir estas innovaciones se eleva en 26,9 % y en 32,2 %, respectivamente. Para las innovaciones en producto y en producto y proceso, los resultados no son concluyentes.

**Tabla 2.** Resultados hipótesis de autoselección por innovaciones. Efectos marginales. Cauca, BAV y Colombia: 2013-2018

	Cauca				BAV				Colombia			
	Producto	Proceso	PyP	PoP	Producto	Proceso	PyP	PoP	Producto	Proceso	PyP	PoP
$lptf_{t-1}$	0,017 (0,073)	0,269** (0,094)	0,002 (0,003)	0,322* (0,136)	0,009 (0,006)	0,018* (0,009)	0,000 (0,004)	0,029** (0,011)	0,008 (0,005)	0,011 (0,008)	0,004 (0,004)	0,016* (0,010)
$inn_{t-1}$	0,208* (0,114)	0,368** (0,070)	0,006 (0,010)	0,457** (0,076)	0,213** (0,011)	0,391** (0,009)	0,111** (0,012)	0,491** (0,010)	0,238** (0,009)	0,421** (0,008)	0,127** (0,011)	0,525** (0,008)
$exp_{it-1}$	-0,022 (0,036)	0,096* (0,049)	0,001 (0,001)	-0,097 (0,060)	0,008* (0,004)	0,008 (0,006)	0,004* (0,003)	0,015* (0,007)	0,007* (0,004)	0,006 (0,006)	0,002 (0,002)	0,013* (0,007)
$lihh_{t-1}$	-0,001 (0,004)	-0,007 (0,008)	0,000 (0,000)	0,020* (0,010)	0,000 (0,000)	0,001 (0,001)	0,001* (0,000)	0,001 (0,001)	0,000 (0,000)	0,002* (0,001)	0,001* (0,000)	0,002* (0,001)
$lgan_{t-1}$	0,045 (0,029)	-0,055 (0,036)	0,001 (0,002)	-0,041 (0,050)	-0,002 (0,003)	0,000 (0,004)	0,000 (0,002)	-0,004 (0,005)	-0,003 (0,002)	-0,002 (0,004)	-0,002 (0,002)	-0,004 (0,004)
$ltam_{t-1}$	0,090* (0,039)	0,026 (0,082)	0,001 (0,002)	0,068 (0,088)	0,021** (0,005)	0,019* (0,008)	0,009** (0,003)	0,033** (0,009)	0,021** (0,004)	0,025** (0,007)	0,010** (0,003)	0,034** (0,008)
$ltic_{t-1}$	0,001 (0,001)	0,001* (0,001)	0,000 (0,000)	0,003* (0,001)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000* (0,000)	0,000** (0,000)
$li&d_{t-1}$	0,066** (0,025)	0,052* (0,022)	0,002 (0,003)	0,095** (0,026)	0,007** (0,002)	0,010** (0,003)	0,004** (0,001)	0,015** (0,004)	0,010** (0,002)	0,017** (0,003)	0,005** (0,001)	0,023** (0,003)
$lhab_{t-1}$	0,003* (0,001)	0,002 (0,002)	0,000 (0,000)	0,005* (0,003)	0,001** (0,000)	0,001** (0,000)	0,000 (0,000)	0,001* (0,000)	0,001** (0,000)	0,001** (0,000)	0,000 (0,000)	0,001* (0,000)
$lsal_{t-1}$	-0,048* (0,026)	-0,007 (0,058)	-0,001 (0,001)	-0,011 (0,060)	-0,007* (0,004)	0,002 (0,006)	-0,003 (0,003)	-0,005 (0,008)	-0,005 (0,003)	-0,001 (0,005)	-0,002 (0,002)	-0,003 (0,006)
$lrkl_{t-1}$	-0,025* (0,012)	-0,042* (0,017)	-0,001 (0,001)	-0,073** (0,019)	-0,002 (0,001)	-0,006** (0,002)	-0,003** (0,001)	-0,005* (0,003)	-0,002* (0,001)	-0,006** (0,002)	-0,002** (0,001)	-0,007** (0,002)
<i>Pre</i>	0,043 (0,037)	0,117* (0,050)	0,115* (0,058)	0,131* (0,056)	0,011** (0,003)	0,026** (0,007)	0,011** (0,003)	0,029** (0,007)	0,014** (0,003)	0,030** (0,006)	0,014** (0,003)	0,039** (0,006)
<i>Dei</i>	0,269* (0,112)	0,189 (0,123)	0,006 (0,011)	0,473** (0,148)	0,104** (0,010)	0,162** (0,015)	0,049** (0,009)	0,203** (0,018)	0,103** (0,009)	0,180** (0,014)	0,048** (0,008)	0,219** (0,016)
<i>Ind/Año</i>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Observaciones	227	233	232	255	19,446	19,464	13,151	19,464	27,725	27,745	18,425	27,745

**Notas.** Los errores estándar robustos están entre paréntesis. \*\*\*, \*\* y \* significan estadísticamente significativos al 1 %, 5 % y 10 %, respectivamente.

**Fuente.** Elaboración propia a partir de datos del DANE

En el caso de la región BAV, también se encuentra evidencia empírica de la hipótesis de *autoselección por innovaciones* y en los mismos tipos de innovación que el Cauca, sin embargo, los impactos son mucho menores en la probabilidad, ya que son del orden del 1,8 % para las de proceso y de 2,9 % en producto o proceso. En el caso de Colombia, existe una evidencia mucho más tenue de la *autoselección*. La incidencia en la posibilidad de introducir este tipo de innovaciones es la más baja de los tres territorios analizados, ya que solo alcanza el 1,6 %.

Estos resultados están en consonancia con los hallados a nivel nacional por Sanchis-Llopis *et al.* (2024), y a nivel latinoamericano por Nolazco (2020) o Marcel y Liseras (2020). En todos los casos se encuentra que, en la manufactura colombiana, peruana y argentina, respectivamente, las empresas más productivas se autoseleccionan por innovaciones. En el caso de las pymes españolas, Reina (2016) resalta que la productividad, (principalmente la de los trabajadores), facilita que las empresas tomen la decisión de innovar. Sin embargo, se debe tener precaución con las comparaciones entre estos estudios, porque las definiciones de innovación no son homogéneas, ni los métodos estadísticos para probar el vínculo productividad-innovación son los mismos.

Otro resultado que se destaca en la tabla 2, es que efectivamente las empresas introducen innovaciones porque pueden superar los costos hundidos asociados a estas actividades. En efecto, la variable rezagada de innovaciones ( $inn_{t-1}$ ) se utiliza como proxy para capturar los costos hundidos, pero también la persistencia/continuidad de las innovaciones es estadísticamente significativa y positiva para todas las definiciones de innovación, excepto en las de producto y proceso (posiblemente por lo argumentado anteriormente), aunque para la región BAV y Colombia, sí son significativas en las cuatro definiciones. Este resultado es similar al hallado por Sanchis-Llopis *et al.* (2024) para Colombia, toda vez que los costos hundidos no solo son determinantes en la introducción de innovaciones, tanto en proceso como producto, sino también en los efectos cruzados entre ellas. Estos hallazgos son reforzados a su vez por las medias muestrales previas (*pre*); las cuales capturan la influencia a largo plazo a través de los efectos heterogéneos no observables de las firmas.

En cuanto a las variables del vector  $X_{it-1}$ , las exportaciones previas de bienes finales fomentan las innovaciones, es decir, se cumple la hipótesis de que el *aprendizaje por exportaciones* eleva la posibilidad de innovar porque aumenta el tamaño del mercado. Para la región BAV, hay evidencia de esto en casi todas las innovaciones, y en Colombia únicamente en las innovaciones de producto y proceso y producto. Todos estos resultados están en consonancia con los obtenidos por Hahn y Park (2012), Love y Roper (2015) y Yang (2018), entre otros, donde las exportaciones ayudan a obtener innovaciones debido al aprendizaje, la competencia y los comentarios de los clientes.

El índice de concentración de Herfindhal-Hirschman impulsa las innovaciones en proceso o producto en el departamento, aunque en la región BAV hace lo propio, pero para las innovaciones en producto, y a nivel nacional su impacto es más amplio, ya que es significativo en todas las innovaciones excepto en las de producto. Estos resultados están en línea con los hallados por Bykova (2017) en la industria manufacturera de Rusia (la cual es considerada como la de un país emergente), ya que si la intensidad de la competencia es baja hay más incentivos para innovar, es decir, se cumple la hipótesis de la curva de U invertida en el vínculo competencia-innovación (Bykova, 2017).

Teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, los resultados señalan en general que las empresas más grandes (pequeñas) tienen una mayor (menor) posibilidad de introducir innovaciones que las pequeñas (grandes). Estos resultados son acordes con los hallados por Sanchis-Llopis *et al.* (2024), quienes encuentran una relación directa, ya que las pymes tienen restricciones financieras. En cuanto a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), estas también impulsan las innovaciones en producto y proceso en el Cauca, sin embargo, su impacto es bajo por la utilización de TIC genéricas como computadores e internet (Gómez-Sánchez *et al.*, 2023b). A pesar de esto, los resultados concuerdan con los señalados por Gómez-Sánchez (2020) y Gómez-Sánchez *et al.* (2023b), respectivamente, quienes, con la misma técnica de Cronbach, muestran que el uso de estas tecnologías robustece las estrategias de internacionalización de las firmas colombianas de cara a los mercados globalizados.

Los gastos en I+D revelan ser positivos y altamente significativos para todas las innovaciones en todos los territorios analizados. Los salarios como variable proxy de los costos demuestran ser poco influyentes en la introducción de innovaciones. La relación KL es negativa en casi todas las innovaciones y para los tres territorios, mostrando que las empresas trabajo-intensivas son más proclives a la introducción de innovaciones.

Finalmente, los patrones de depreciación de la experiencia innovadora como se esperaba son estadísticamente significativos en el Cauca, pero más aún en la región BAV y en Colombia. Los signos positivos muestran efectivamente que las firmas que salieron y entraron rápidamente a la industria aún podían disfrutar de los beneficios de los costos hundidos, sin embargo, fue más difícil hacerlo para aquellas que lo hicieron más tarde, porque los costos hundidos se fueron diluyendo. Los estudios de Gómez-Sánchez (2020) y Sanchis-Llopis *et al.* (2024) obtienen similares resultados para Colombia.

## 6. Discusión

Los resultados en general soportan el cumplimiento de la hipótesis de *autoselección en innovaciones*, pero en proceso y no en bienes finales. Esto obedece a que las innovaciones en producto son más exigentes que las innovaciones en proceso. Si bien estas últimas se realizan al interior de la empresa y le permiten disminuir costos y por tanto ganar eficiencia productiva, las innovaciones de producto requieren mejoras significativas que influyan no solo en los mercados sino en las decisiones de los consumidores. En este sentido, el resultado obtenido para Colombia, BAV y el Cauca no es sorprendente.

En el Cauca, las innovaciones más frecuentes son las de proceso (23 %), seguidas por las innovaciones en producto (16 %) y con menores participaciones aquellas que son en producto y proceso al mismo tiempo (13 %). En otras palabras, la posibilidad de encontrar empresas que innoven en ambos tipos al mismo tiempo es muy restrictivo en un departamento poco industrializado como el Cauca, el cual se caracteriza por ser una región que está haciendo una transición en su estructura productiva desde el sector agrícola hacia

los sectores minero, servicios e industrial a partir del nuevo milenio. Sin embargo, la creación, obtención y difusión de las innovaciones en la manufactura caucana es aún muy limitada, ya que las innovaciones son de carácter incremental, y no generan un papel decisivo en el crecimiento y desarrollo del territorio, sino que más bien están orientadas a mejoras mínimas internas en procesos productivos y organizativos. Esto obedece a varios factores que operan al interior de las empresas y por fuera de ellas.

En primer lugar, se encuentra una limitación de los recursos financieros necesarios no solo para invertir en actividades de I+D, sino también para adquirir tecnologías incorporadas en bienes de capital, especialmente las pymes. Esto impide superar los costos hundidos asociados a las innovaciones o hacerlo con mucha dificultad. A su vez, esto está ligado a las múltiples barreras en la obtención de créditos en el sistema financiero, cuyos requisitos son muy exigentes para este tipo de empresas.

Por otro lado, la escasez de inversiones en actividades de I+D, ayuda a la baja contratación de personal calificado que cuente con habilidades y destrezas en áreas de innovación. En este sentido, los impactos de las habilidades de los trabajadores son muy exigüos para cualquiera de las innovaciones analizadas no solo en el Cauca, sino en todo el territorio nacional. Esto se muestra en el déficit de trabajadores con títulos de doctorado o maestrías que permitan mejorar la productividad de la empresa, ya que en general el personal contratado son operarios con formación profesional, técnica o tecnológica, cuyas habilidades o destrezas están muy focalizadas en tareas estándar.

Adicionalmente, existe un nexo muy limitado entre las empresas con centros de investigación o universidades, tanto nacionales como internacionales, al igual que con otras entidades como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias), o el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), lo que dificulta la transferencia de conocimientos y tecnología. A esto se suma la carencia de apoyo gubernamental local-departamental en la creación de mejores condiciones de infraestructura tecnológica y de orden público. Otros factores influyentes están asociados al reducido tamaño del mercado, a la cultura empresarial que podría ser adversa a la adopción

de cambios tecnológicos en los procesos productivos o también el desconocimiento por carencia de información o interés sobre oportunidades para adaptar nuevos conocimientos en la producción (Ordoñez-Gutiérrez *et al.*, 2023).

## 7. Conclusiones

La presente investigación indaga por el cumplimiento de la hipótesis de *autoselección por innovaciones* en la industria manufacturera del departamento del Cauca. Los resultados empíricos efectivamente confirman que las empresas más productivas en el pasado tienen una mayor posibilidad de introducir innovaciones en el presente, porque pueden superar los costos hundidos asociados a esta actividad, y las que ya son innovadoras tienen mayores chances de persistir en su introducción continua.

Sin embargo, este resultado es discrecional, ya que solo se presenta en las innovaciones en proceso y no en las innovaciones en producto o proceso y producto. Es decir, se cumple la hipótesis en las innovaciones que son más fáciles de alcanzar, sin embargo, para las innovaciones más complejas, no existe evidencia empírica. Comparando esto con Colombia, la evidencia es similar. En este sentido, se puede afirmar que el proceso de *autoselección por innovaciones* en el departamento del Cauca es débil, al igual que en el resto del país.

Los resultados de la región conformada por Bogotá-Valle-Antioquia (BAV) tampoco son los esperados, porque a pesar de ser los territorios de mayor industrialización en el país, no logran mostrar una evidencia sólida en dichos procesos. En este sentido, la creación del MInTIC en 2010 y principalmente de MinCiencias en 2020, aún no surten el efecto esperado por lo reciente de su creación, especialmente el último de ellos, a pesar de los aumentos en la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación en los últimos años.

A pesar de todo lo anterior, este documento muestra que existe un impacto positivo en el desempeño de las empresas después de la introducción de innovaciones, por tanto, se hace necesario a manera de política económica la creación de las condiciones mínimas necesarias

por parte del estado, pero también de las empresas para fortalecer los procesos innovadores de la manufactura caucana.

Adicionalmente, Sanchis-Llopis *et al.* (2024), encuentran que, para Colombia, existe una complementariedad oculta entre las innovaciones de producto y proceso, es decir un efecto cruzado que retroalimenta a ambos tipos de innovación. Por ello, impulsar las innovaciones en proceso podría ser también el camino para avanzar en las innovaciones en producto para el Cauca, y de esta manera consolidar la introducción de innovaciones como una sólida estrategia de internacionalización de las firmas de cara a los mercados globalizados.

Futuros estudios deberían enfocarse en aspectos al interior y por fuera de las empresas manufactureras caucanas. En primer lugar, analizar la hipótesis de *aprendizaje por innovaciones* en el Cauca, ya que si existe evidencia empírica de que las empresas más productivas tienen una mayor probabilidad de introducir innovaciones, estas últimas podrían elevar la productividad futura, y por tanto establecer la existencia de un proceso dinámico innovador que se retroalimentaría en el largo plazo. En segundo lugar, profundizar en el análisis de los factores empresariales, económicos, sociales y políticos que dificultan la introducción, difusión y compra de innovaciones en la manufactura de esta región y en general de la periferia. Finalmente, evaluar si las políticas implementadas por el gobierno local-departamental y también el nacional han surtido el efecto deseado para impulsarlas o proponer nuevas políticas de innovación.

## 8. Referencias

- Abeles, M., Cimoli, M. y Lavarello, P.J. (2017). Manufactura y cambio estructural. Aportes para pensar la política industrial en la Argentina. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/42393>
- Akerberg, D. A., Caves, K. & Frazer, G. (2015). Identification properties of recent production function estimators. *Econometrica*, 83(6), 2411-2451. <https://doi.org/10.3982/ECTA13408>
- Aghion, P., Bergeaud, A., Lequien, M. & Melitz, M. J. (2018). *The impact of exports on innovation: Theory and evidence*. Banque de France Working Paper No. 678. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3171084>
- Albis, N. & Álvarez, I. (2017). A comparative analysis of the innovation performance between foreign subsidiaries and owned domestic firms in Colombian manufacturing sector. *Journal of Globalization, Competitiveness and Governability*, 11(2). <https://doi.org/10.3232/GCG.2017.V11.N2.01>
- Arbeláez, M. A. & Parra, M. A. (2011). *Innovation, research and development investment and productivity in Colombian firms*. IDB Working Paper Series, IDBWP-251. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1858064>
- Audretsch, D. B. (1995). *Innovation and industry evolution*. Mit Press.
- Bilbao-Osorio, B. & Rodríguez-Pose, A. (2004). From R&D to innovation and economic growth in the EU. *Growth and Change*, 35(4), 434-455. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2004.00256.x>
- Blundell, R. & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87(1), 115-143. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)
- Bykova, A. (2017). The impact of industry's concentration on innovation: Evidence from Russia. *Journal of Corporate Finance Research*, 11(1), 37-49. <https://ssrn.com/abstract=3108457>
- Clerides, S. K., Lach, S. & Tybout, J. R. (1998). Is learning by exporting important? Micro-dynamic evidence from Colombia, Mexico, and Morocco. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(3), 903-947. <https://doi.org/10.1162/003355398555784>

- Crépon, B., Duguet E. & Mairesse, J. (1998). *Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level*. National Bureau of Economic Research, Working paper N°6696. <https://doi.org/10.3386/w6696>
- Crespi, G. & Zúñiga, P. (2012). Innovation and productivity: Evidence from six Latin American countries. *World Development*, 40(2), 273-290. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.07.010>
- De Loecker, J. (2007). Do exports generate higher productivity? Evidence from Slovenia. *Journal of International Economics*, 73(1), 69-98. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2007.03.003>
- De Loecker, J. (2013). Detecting learning by exporting. *American Economic Journal: Microeconomics*, 5(3), 1-21. <http://www.jstor.org/stable/43189629>
- Demmel, M. C., Máñez, J. A., Rochina-Barrachina, M. E. & Sanchis-Llopis, J. A. (2017). Product and process innovation and total factor productivity: Evidence for manufacturing in four Latin American countries. *Review of Development Economics*, 21(4), 1341-1363. <https://doi.org/10.1111/rode.12323>
- Eurostat. (2005). *Oslo Manual 2005*.
- Gómez, A. M. (2003). El cambio técnico endógeno y exógeno: debate y modelos propuestos desde la perspectiva schumpeteriana. *Porik An*, 5(7), 197-224.
- Gómez-Sánchez, A. M., Máñez Castillejo, J. A. & Sanchis-Llopis, J. A. (2023a). On the direct and indirect effects of ict on SMEs export performance: Evidence from Colombian manufacturing. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 6178-6200. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01378-7>
- Gómez-Sánchez, A. M., Rosero-Ceballos, E. L. & Mosquera, D. A. (2023b). Imports-ICT linkage in Colombian manufacturing. *International Journal of the Economics of Business*, 30(2), 185-205. <https://doi.org/10.1080/13571516.2023.2168996>
- Gómez-Sánchez, A. M. (2020). *Topics on firms' strategic decisions in a developing country: the case of manufacturing in Colombia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia. <https://roderic.uv.es/handle/10550/76541>

- Gordon, R. J. (2012). *Is US economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds*. National Bureau of Economic Research, Working paper 18315. [10.3386/w18315](https://doi.org/10.3386/w18315)
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116. <http://www.jstor.org/stable/3003321>
- Gutiérrez Narváez, L. N. (2020). *Análisis de la productividad del sector manufacturero colombiano entre los años 2000-2017*.
- Hahn, C. H. & Park, C. G. (2012). *Direction of causality in innovation-exporting linkage: Evidence on Korean manufacturing*. ERIA Discussion Paper Series. <https://www.eria.org/ERIA-DP-2012-07.pdf>
- Hernández, I. (2005). Forma legal, innovación y productividad de las firmas en la industria manufacturera colombiana. *Cuadernos de Economía*, 24(42), 135-160. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/9085>
- Hull, K. (2009). *Understanding the relationship between economic growth, employment and poverty reduction*. Promoting Pro-Poor Growth: Employment. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=5e59488ca888d3b47031f21302a5e2ba5de2fa1f>
- Julien, P. A. & Ramangalahy, C. (2003). Competitive strategy and performance of exporting SMEs: An empirical investigation of the impact of their export information search and competencies. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 27(3), 227-245. <https://doi.org/10.1111/1540-8520.t01-1-00002>
- Langebaek, A. y Vásquez, D. (2007). Determinantes de la actividad innovadora en la industria manufacturera colombiana. *Coyuntura Económica*, 37(1), 67-89. <http://hdl.handle.net/11445/2091>
- Levinsohn, J. & Petrin, A. (2003). Estimating production functions using inputs to control for unobservables. *The Review of Economic Studies*, 70(2), 317-341. <http://www.jstor.org/stable/3648636>

- López Pineda, L. F. (2010). Transformación productiva de la industria en Colombia y sus regiones después de la apertura económica. *Cuadernos de Economía*, 29(53), 239-286. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/18619>
- Love, J. H. & Máñez, J. A. (2019). Persistence in exporting: Cumulative and punctuated learning effects. *International Business Review*, 28(1), 74-89. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2018.08.003>
- Love, J. H. & Roper, S. (2015). SME innovation, exporting and growth: A review of existing evidence. *International Small Business Journal*, 33(1), 28-48. <https://doi.org/10.1177/0266242614550190>
- Máñez, J. A., Rochina-Barrachina, M. E. & Sanchis, J. A. (2020). Foreign sourcing and exporting. *The World Economy*, 43(5), 1151-1187. <https://doi.org/10.1111/twec.12929>
- Máñez, J. A., Rochina-Barrachina, M. E., Sanchis, A. & Sanchis, J. A. (2013). Do process innovations boost SMEs productivity growth? *Empirical Economics*, (44), 1373-1405. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0571-7>
- Máñez, J. A., Rochina-Barrachina, M. E., Sanchis, A. & Sanchis, J. A. (2011). *On the role of process innovations on smes productivity growth?* Working Papers 1125. <https://ideas.repec.org/p/eec/wpaper/1125.html>
- Manjón, M., Máñez, J., Rochina-Barrachina, M. & Sanchis-Llopis, J. (2013). Reconsidering learning by exporting. *Review of World Economics*, 149, 5-22. <https://doi.org/10.1007/s10290-012-0140-3>
- Marcel, L. y Liseras, N. (2020). Mejorar el desempeño innovando y exportando: evidencia en empresas industriales argentinas. *TEC Empresarial*, 14(3), 50-71. <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3382/1/marcel-liseras-2020.pdf>
- Martínez-Ros, E. & Labeaga, J. M. (2009). Product and process innovation: Persistence and complementarities. *European Management Review*, 6(1), 64-75. <https://doi.org/10.1057/emr.2009.4>

- Melitz, M. J. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *Econometrica*, 71(6), 1695-1725. <https://www.jstor.org/stable/1555536>
- Nelson, R. & Winter, S. (1977). In search of useful theory of innovation. *Research Policy*. 6(1), 36-76. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(77\)90029-4](https://doi.org/10.1016/0048-7333(77)90029-4)
- Nolazco, J. (2020). Efectos entre las actividades de innovación, exportación y productividad: un análisis de las empresas manufactureras peruanas. *Revista Desarrollo y Sociedad*, 1(85), 67-110. <https://doi.org/10.13043/DYS.85.2>
- Olley, G. & Pakes, A. (1996). The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry. *Econometrica*, 64(6), 1263-1297. <https://doi.org/10.2307/2171831>
- Ordoñez-Gutiérrez, Á. V., Méndez-Morales, A. y Herrera, M. M. (2023). Barreras a la innovación: una revisión sistemática de la literatura. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 15(29), e2614. <https://doi.org/10.22430/21457778.2614>
- Pagés, C. (2010). *The importance of ideas: innovation and productivity in Latin America. In the age of productivity: transforming economies from the bottom up*. Palgrave Macmillan US.
- Ramírez, S., Gallego, J. & Tamayo, M. (2020). Human capital, innovation and productivity in Colombian enterprises: A structural approach using instrumental variables. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(6), 625-642. <https://doi.org/10.1080/10438599.2019.1664700>
- Reina, R. (2016). Productividad de recursos humanos, innovación de producto y desempeño exportador: una investigación empírica. *Intangible Capital*, 12(2). <https://doi.org/10.3926/ic.746>
- Roberts, M. J. y Tybout, J. (1997). La decisión de exportar en Colombia: un modelo empírico de entrada con costos hundidos. *Revista Ensayos Sobre Política Económica*, 31(3), 61-100. <https://doi.org/10.32468/Espe.3103>
- Rochina-Barrachina, M. E., Máñez, J. A. & Sanchis-Llopis, J. A. (2010). Process innovations and firm productivity growth. *Small Business Economics*, 34(2), 147-166. <https://www.jstor.org/stable/40540463>

Rosales Rueda, M. F. (2005). *La productividad y sus determinantes: el caso de la industria manufacturera bogotana*. [Tesis de maestría]. Universidad de los Andes.  
<http://hdl.handle.net/1992/8928>

Sanchis-Llopis, J. A., Máñez-Castillejo, J. A. & Gómez-Sánchez, A. M. (2024). The dynamic linkages between exporting and importing in Colombian manufacturing. *Applied Economic Analysis*, 32(94), 62-82. <https://doi.org/10.1108/AEA-01-2023-0009>

Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalismo, socialismo y democracia I*. Ediciones Folio.

Verspagen, B. (2006). *Innovation and economic growth*. In J. Fagerberg & D. C. Mowery (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 487-513).  
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0018>

Villareal, N., Lucio, D., Albis, N. y Mora, H. (2015). *Determinantes de la innovación y la productividad en la industria manufacturera colombiana por tamaño de firma*. Departamento Nacional de Planeación.

Wooldridge, J. M. (2009). On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables. *Economics Letters*, 104(3), 112-114.  
<https://doi.org/10.1016/J.ECONLET.2009.04.026>

Wu, L., Hitt, L. & Lou, B. (2020). Data analytics, innovation, and firm productivity. *Management Science*, 66(5), 1783-2290. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2018.3281>

Yang, C. H. (2018). Exports and innovation: The role of heterogeneity in exports. *Empirical Economics*, 55, 1065-1087. <https://doi.org/10.1007/s00181-017-1312-8>

## 9. Anexos

### Anexo 1. Variables explicativas y de control introducidas en las regresiones

Variable	Definición
<i>Inn</i>	Tipo de innovación (proceso, producto, proceso y producto, proceso o producto) 1 innova, 0 otro caso.
<i>PTF</i>	Productividad total de los factores en logaritmos.
<i>Exp</i>	Exportaciones, 1 exportación, 0 otro caso.
<i>IHH</i>	Índice de Herfindahl-Hirschmann.
<i>Ganancia</i>	Logaritmo del margen de ganancia ( <i>mark-up</i> ).
<i>Tamaño</i>	Logaritmo del número de empleados por empresa.
<i>TIC</i>	Alpha de Cronbach de las TIC.
<i>Hab</i>	Habilidades de los trabajadores. 1 si el trabajador tiene maestría o doctorado, 0 otro caso.
<i>I+D</i>	Logaritmo de la inversión en I+D.
<i>Salarios</i>	Logaritmo de los salarios pagados a los empleados.
<i>Razón kl</i>	Logaritmo de la relación capital-trabajo.
<i>Pre-media</i>	Promedio de innovaciones por fuera de la muestra.
<i>Dec_exp inn</i>	Decrecimiento de la experiencia innovadora.
<i>Año e Ind</i>	Control de año e industria.

**Fuente.** Elaboración propia.