



Relación entre innovación y empleo en la industria manufacturera peruana, 2012-2014¹

JOSÉ LUIS NOLAZCO CAMA

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Universidad de Lima, Perú
jnolazco@ulima.edu.pe

NIKITA CÉSPEDES REYNAGA

Banco Central de Reserva del Perú
nikita.cespedes@bcrp.gob.pe

HUMBERTO SALAS FERNÁNDEZ

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Universidad de Lima, Perú
20123084@aloe.ulima.edu.pe

Resumen. En este documento, se explora la relación de la innovación con el empleo en la industria manufacturera peruana con base en el modelo desarrollado por Jaumandreu (2003) y Harrison *et al.* (2008), y se distingue entre dos tipos de innovación: en producto y proceso. Los resultados muestran que la innovación en proceso reduce en promedio un 0,45% el nivel de empleo, por la sustitución del empleo por capital físico más eficiente. Sin embargo, se encuentra que la innovación en producto incrementa en promedio un 0,67% el nivel de empleo, principalmente por haber introducido un nuevo producto al mercado. Los resultados obtenidos son robustos según el tamaño de la empresa, la estructura de calidad de mano de obra y la capacidad tecnológica.

Palabras claves: innovación en procesos; innovación en productos; empleo; variables instrumentales.

1 Una versión preliminar de este texto se presentó en el V Congreso Anual de la Asociación Peruana de Economía y el XXXVI Encuentro de Economistas del BCRP. Los autores agradecen los comentarios vertidos en ambas oportunidades, en especial de Nelson Ramírez Rondán, Pablo Lavado, Raymundo Chirinos, Pavel Hernández y los evaluadores anónimos de *Apuntes*. Las opiniones expresadas en este documento, así como los errores subsistentes, son de responsabilidad exclusiva de los autores y no representan a la institución donde laboran.

The Relationship between Innovation and Employment in the Peruvian Manufacturing Industry, 2012-2014

Abstract. This paper explores the relationship between innovation and employment in the Peruvian manufacturing industry based on the model developed by Jaumandreu (2003) and Harrison et al. (2008) and distinguishes between two types of innovation: product and process. The results show that process innovation reduces the level of employment by an average of 0.45% by replacing employment with more efficient physical capital. However, product innovation is found to increase the level of employment by an average of 0.67%, mainly because a new product is brought to market. The results obtained are robust according to size of firm, the quality structure of the workforce, and technological capacity.

Keywords: process innovation; product innovation; employment; instrumental variables.

Introducción

El desarrollo reciente de las naciones es una evidencia de que los procesos productivos son más eficientes cuando se implementan tecnologías que permiten transformar nuevas ideas en nuevos productos, lo cual representa ventajas competitivas para cualquier empresa (Crépon, Duguet, & Mairesse, 1998; Griffith *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2011; Crespi & Zúñiga, 2012; Baumann & Kritikos, 2016; Baum *et al.*, 2016). La literatura que muestra estas evidencias es abundante, y, al mismo tiempo, en esta se ha puesto énfasis en analizar los mecanismos de transmisión entre las actividades de I+D hacia el producto y la productividad², y se ha dado menor preponderancia a los cambios en el empleo que pueden inducir los procesos de innovación (Hall & Rosenberg, 2010; Bravo-Ortega, Benavente, & González, 2014; Cirera, Martin, & Markwald, 2015; entre otros). Este menor énfasis es aún más notorio en el Perú, donde no existe ningún documento publicado al respecto. Por ello, esta investigación muestra evidencias sobre la importancia de los procesos de innovación en la industria manufacturera peruana en el empleo.

La evidencia empírica que analiza la relación entre las actividades de I+D y el empleo presenta resultados ambiguos, lo cual se relaciona con las diversas fuerzas que se activan según los actores económicos considerados. Los resultados destacados, por ejemplo, pueden diferir según el tipo de innovación³ que realiza la empresa (Harrison *et al.*, 2008; Hall, Lotti, & Mairesse, 2008; Lachenmaier & Rottmann, 2011), según el sector económico⁴ donde se concentra la innovación (Greenhalgh, Longland, & Bosworth, 2001; Coad & Rao, 2011; Bogliacino, Piva, & Vivarelli, 2011) y por los factores institucionales que presenta cada economía (Pianta, 2006; Vivarelli, 2011). La ambigüedad destacada también se relaciona porque los cambios en el empleo por la innovación dependen del estado de la tecnología, lo que determina hasta qué punto la innovación mejora

2 Desde una perspectiva empírica, la literatura internacional ha constatado que las actividades de investigación y desarrollo (I+D) son uno de los principales factores que explican las diferencias en la productividad total de factores (PTF) y el crecimiento económico entre países (Griliches, 1995; Hall & Jones, 1999; Álvarez *et al.*, 2011).

3 La evidencia internacional indica que la innovación en productos y procesos tiene impactos ambiguos sobre el empleo. Así, mientras que frecuentemente se encuentra que la innovación en productos tiene un impacto positivo sobre el crecimiento del empleo (Hall *et al.*, 2008; Lachenmaier & Rottmann, 2011; Dachs & Peters, 2014), la innovación en procesos está asociada no solo al crecimiento del empleo (Lachenmaier & Rottmann, 2011), sino también a la baja contratación laboral (Dachs & Peters, 2014) o incluso a estabilidad del empleo (Hall *et al.*, 2008).

4 A nivel sectorial, la innovación también puede desencadenar efectos indirectos, incluida la redistribución competitiva de productos y puestos de trabajo de empresas de baja tecnología a empresas de alta tecnología, pérdidas de empleos debido a la salida de las empresas no innovadoras y creación de empleo para aquellas que sí innovan.

la productividad y las condiciones de demanda que inducen a diferentes efectos compensadores.

Por esta razón, el objetivo de esta investigación es contribuir a una mejor comprensión de la relación que existe entre la innovación y el empleo en América Latina a partir de la experiencia peruana. En particular, se considera al Perú por diversos motivos. Primero, el Perú presenta características estructurales diferentes a las de los principales países en América Latina ya evaluados por Benavente y Lauterbach (2008)⁵ y Crespi y Tacsir (2012)⁶. Segundo, la estructura empresarial en el Perú está fuertemente dominada por empresas pequeñas y, en su mayoría, informales⁷, e interesa conocer si esta característica peruana afecta a los efectos de la innovación sobre el empleo. Tercero, no se han encontrado estudios que, utilizando datos peruanos, permitan conocer la capacidad de cambio en el empleo que tiene la innovación en el sector manufacturero peruano, por lo que esta investigación presenta un primer aporte a la literatura.

Los efectos de la innovación sobre el empleo se racionalizan utilizando el modelo desarrollado por Jaumandreu (2003) y Harrison *et al.* (2008). Este modelo conceptual captura diversos mecanismos mediante los cuales el empleo se modifica en un contexto de innovación empresarial. El modelo teórico permite descomponer la innovación a través de dos tipos: en producto y en proceso. Al respecto, se habla de innovación en producto si la empresa ha logrado introducir al mercado un producto (bien o servicio) nuevo o significativamente mejorado y con el máximo alcance de la novedad. Por otro lado, la innovación en proceso corresponde a la introducción al mercado de un nuevo o significativamente mejorado método de producción, método de distribución o actividades de apoyo a la producción y el alcance de la novedad.

Así, en esta investigación se resaltan dos efectos que se destacan en el modelo desarrollado por Jaumandreu (2003) y Harrison *et al.* (2008): desplazamiento y compensación, los cuales han sido destacados en trabajos empíricos para algunos países de América Latina. El efecto desplazamiento, o sustitución, se da cuando, al incorporar una innovación en proceso, disminuyen los costos marginales de la empresa al reducir la mano obra y reemplazarla por capital físico. Con respecto a la innovación en producto, la introducción de un bien nuevo puede ser sustituto del antiguo, y, por ende, el nivel de empleo disminuye. El efecto compensación, o de comple-

5 Benavente y Lauterbach (2008) estudian el caso de Chile.

6 Crespi y Tacsir (2012) evalúan los casos de Argentina, Chile, Costa Rica y Uruguay.

7 Según cifras del Instituto Nacional de Estadística e Informática, en el año 2018, se estima que el empleo informal capta el 72,4% de las personas ocupadas.

mentariedad, ocurre cuando, ante una innovación en proceso, se reducen los costos marginales y también los precios, por lo que se genera una mayor demanda de los productos y se incrementa el empleo. En relación con la innovación en producto, la introducción de un nuevo producto en el mercado complementa al antiguo, lo que genera una mayor demanda de productos que incrementa la fuerza laboral.

El enfoque empírico consiste en el uso de un modelo de regresión en su forma reducida que se vincula con el modelo antes descrito. En este modelo, el empleo a nivel de empresas se relaciona con una variable de política que identifica los procesos de innovación realizados por las empresas durante el año. Los datos utilizados corresponden a la Encuesta Nacional de Innovación Manufacturera, que recoge información para el período 2012-2014. El método de estimación es por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Variables Instrumentales (VI).

Entre los resultados, se destaca que la innovación en producto genera un efecto positivo en el empleo, donde el empleo en las empresas que innovan en producto es un 0,67% superior al empleo en las empresas que no innovan. Este resultado sugiere que, de los efectos que genera la innovación en producto sobre el empleo, predomina el efecto complementariedad sobre el efecto sustitución. Como se mencionó previamente, este impacto se da debido a un mayor requerimiento de mano de obra por un aumento de demanda como consecuencia de haber incorporado al mercado un producto innovador. Es importante mencionar que este efecto es similar al obtenido por Benavente y Lauterbach (2008) para Chile (0,56%); sin embargo, es menor que lo hallado por Crespi y Tacsir (2012) para algunos países de América Latina (en un 1,22%, en promedio).

Se destaca, además, que la innovación en proceso, entendida como aquella que mejora los procesos productivos internos, genera una reducción de la fuerza laboral; en promedio, las empresas que innovan en proceso tienen un nivel de empleo un 0,45% menor que las que no innovan. En este caso, se argumenta que en este tipo de innovación hay una dominancia del efecto sustitución sobre el de complementariedad. Así, las empresas manufactureras peruanas reemplazan mano de obra usualmente no calificada por capital físico.

Los dos resultados antes mencionados son robustos según tamaño de empresa (micro-, pequeña y mediana/gran empresa), la estructura de calidad de mano de obra (calificado y no calificado) y la capacidad tecnológica (alta y baja tecnología).

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. En la sección 1, se explica la revisión de la literatura. En las secciones 2 y 3, se describen

los datos y la estrategia empírica por utilizar, respectivamente. Por último, en las secciones 4 y 5, se muestran los resultados y las conclusiones del estudio, respectivamente.

1. Revisión de la literatura

Gran parte de la literatura relacionada con la innovación tiene como interés de estudio el impacto sobre la productividad o actividad exportadora. El trabajo seminal en este enfoque es el de Crépon *et al.* (1998), donde se desarrolla el modelo CDM, el cual vincula la decisión de invertir en I+D, la intensidad de gasto en I+D, la probabilidad de introducir una innovación a raíz de ese esfuerzo innovador y, por último, el impacto de la innovación en la productividad.

Este modelo sirvió como base para investigaciones posteriores como las de Griffith *et al.* (2006), Crespi y Zúñiga (2012), Bravo-Ortega *et al.* (2014), Aboal y Garda (2015), Crowley y McCann (2015), De Fuentes *et al.* (2015), Gallego *et al.* (2015), Lööf, Mairesse y Mohnen (2016), entre otros. Posteriormente, el modelo se expande cuando se evalúan los impactos directos e indirectos de las exportaciones en relación con la innovación y productividad. Por un lado, una empresa que solo opera en el mercado nacional y que constantemente invierte en innovación verá evolucionar su productividad de manera continua, lo que la capacitará indirectamente para competir en el mercado internacional. De otro lado, una empresa ya exportadora necesita invertir directamente en innovación para no verse rezagada frente a otras empresas que participan competitivamente en el mercado mundial (Yasar, Nelson, & Rejesus, 2006; Baum *et al.*, 2016; Cintio, Ghosh, & Grassi, 2017; Nolzco, 2018; entre otros).

Los trabajos empíricos que buscan relacionar y encontrar los efectos de la innovación tecnológica en el nivel de empleo se pueden desagregar en dos modelos: (i) el que busca cuantificar el impacto de la innovación tecnológica en el nivel agregado del empleo, y (ii) el que se enfoca en el cambio estructural laboral como consecuencia de una innovación tecnológica.

El primer modelo fue desarrollado inicialmente por Jaumandreu (2003)⁸ y extendido por Harrison *et al.* (2008). Posteriormente, Benavente y Lauterbach (2008), Álvarez *et al.* (2011), Crespi y Tacsir (2012) y De Elejalde, Giuliodori y Stucchi (2015) realizaron aplicaciones para algunos países de América Latina. El segundo⁹ usa modelos empíricos y fue aplicado por

8 Peters (2004) extendió empíricamente lo planteado por Jaumandreu (2003) al incorporar el enfoque hacia una empresa multiproducto.

9 El segundo modelo no se toma como caso de estudio, puesto que considera a la innovación como

Chennels y Van Reenen (1999), y luego por Kaiser (2000, 2001) y Falk y Seim (2001a, 2001b).

Jaumandreu (2003) evalúa los impactos de la innovación en producto y proceso a nivel del empleo en España a partir de una regresión por MCO y otra por VI¹⁰. Los resultados de las estimaciones indican un efecto positivo y significativo de un 0,84% y un 1,3% de la innovación en productos sobre el empleo. Sin embargo, el impacto de la innovación en procesos no es significativo debido al efecto complementariedad entre ambas variables.

Peters (2004) extiende el modelo de Jaumandreu (2003) al incorporar el enfoque hacia una empresa multiproducto y aplicarlo para Alemania usando MCO y VI¹¹. Los resultados de las estimaciones confirman que existe un impacto positivo y significativo de entre un 0,89% y un 1% de la innovación en producto sobre el empleo. Sin embargo, a diferencia de lo obtenido por Jaumandreu (2003), la innovación en proceso sí presenta un efecto negativo y significativo de entre un 1,7% y un 4,3% sobre el empleo, lo que evidencia el efecto desplazamiento.

Harrison *et al.* (2008) desarrollan un modelo teórico que muestra la relación entre las ventas derivadas por innovación en producto y aquellas empresas que innovaron tanto en producto como en proceso, y el impacto que sostiene esta relación en el nivel de empleo. El objetivo de la relación también recae en encontrar si la innovación en proceso implicó una mejora productiva a los productos antiguos o a los productos nuevos. Para ello, aplica el modelo a un grupo de países de Europa (España, Francia, Alemania y Reunido Unido) usando MCO y VI. Los autores encuentran un efecto positivo y significativo de un 0,83% y un 1,27% en la innovación de producto en el empleo según método de estimación. Por otro lado, se encuentra un efecto negativo de un 4% (MCO) y un 3,4% (VI), lo que evidencia que prevalece el efecto de compensación.

Benavente y Lauterbach (2008) añaden la inversión en capital físico sobre ventas totales al modelo de Harrison *et al.* (2008), pues consideran que la

una variable agregada, lo que impide estimar los efectos en relación con el empleo según el tipo de innovación que se adquiera. Además, se agregan variables que se alejan del objetivo de la presente investigación, tales como: calidad de transporte, tributos al Estado, restricciones financieras, entre otras (Kaiser, 2001; Falk & Seim, 2001a).

- 10 Las variables instrumentales usadas son: fracción de las ventas consideradas como innovadoras, gasto por innovación sobre ventas, y una dicotómica que toma el valor de uno si la empresa considera que la innovación tuvo un efecto medio-alto en el incremento de la producción.
- 11 Las variables instrumentales usadas son: ratio del nivel de gasto en R+D sobre el total de ventas, expansión de la producción total como causa de la innovación en producto, grado de innovación del producto en la industria, condiciones de apropiabilidad, entre otras. Dichos instrumentos cumplen las condiciones de exogeneidad y relevancia. Cabe mencionar que, para el presente estudio, no cumplieron esas condiciones.

intensidad de capital con respecto al nivel de producción es de relevancia para el modelo. Usando las metodologías de MCO y VI¹², se encuentra que existe un efecto significativo de un 0,4% y un 0,6% de la innovación en producto sobre el empleo en la economía chilena. Asimismo, si bien la innovación en proceso presenta un impacto negativo de un 0,13% sobre el empleo, el efecto no es significativo, por lo que se concluye que prevalece el efecto de complementariedad. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Álvarez *et al.* (2011), quienes, por un lado, obtienen un impacto positivo y significativo a un nivel de significancia de un 0,8% y un 1,7% de la innovación en producto en relación con el empleo, y, de otro lado, un efecto no significativo de un -2,7% de la innovación en proceso sobre el empleo.

Crespi y Tacsir (2012) aplican el modelo de Harrison *et al.* (2008) para un grupo de países de Latinoamérica y el Caribe (Argentina, Chile, Costa Rica y Uruguay) usando MCO y MC2E con VI¹³. Se encuentra que el impacto de la innovación en producto sobre el empleo está entre un 0,85% y un 1,2%, donde ambos impactos son significativos al 1%. Además, la innovación en proceso presenta un coeficiente de un 0,8% y un 1,5% según la metodología econométrica implementada; sin embargo, estos efectos no son significativos, lo que da indicios de que prevalece el efecto de complementariedad sobre el de sustitución.

De Elejalde *et al.* (2015) implementan el modelo de Harrison *et al.* (2008) con el objetivo de estimar los efectos de la innovación (producto/proceso) en el nivel de empleo para el caso de Argentina entre los períodos de 1998 y 2001. A partir de estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) usando variables instrumentales (VI)¹⁴, el autor encuentra que existe un impacto de un 0,96% y un 1,51% de la innovación en producto sobre el empleo (ambos significativos al 1%). Distinto es el caso de la innovación en proceso, con un coeficiente no significativo de un -0,56% y un -1,25%. Ello indica la prevalencia del efecto de complementariedad de la innovación en proceso sobre el empleo.

12 Las variables instrumentales usadas son: incremento del rango de producción debido a la innovación y nuevos insumos como origen de una idea innovativa. Dichos instrumentos cumplen las condiciones de relevancia, pero se supone la condición de exogeneidad. Cabe mencionar que, para el presente estudio, no cumplieron esas condiciones.

13 Las variables instrumentales usadas son: apoyo público a la innovación, obstáculos para la innovación y rango de producción adicional por innovación. Dichos instrumentos cumplen las condiciones de relevancia, pero se supone la condición de exogeneidad.

14 La variable instrumental usada es: programas de apoyo público a la innovación. Dicha variable instrumental cumple las condiciones de exogeneidad y relevancia.

Nótese que la evidencia internacional sugiere que existe una marcada heterogeneidad en los efectos de la innovación sobre el empleo, donde destaca en algunos casos la preponderancia del efecto complementariedad sobre el de sustitución. A nivel nacional, no se han encontrado investigaciones nacionales correspondientes al presente tópico, ya que la gran mayoría de la literatura evalúa la relación entre innovación y productividad (Hall & Rosenberg, 2010; Bravo-Ortega *et al.*, 2014; Cirera *et al.*, 2015; entre otros). Por ello, el objetivo de la presente investigación es brindar un alcance de los impactos de la innovación sobre el empleo para productos y/o procesos.

2. Datos

La base de datos por considerar en el presente estudio corresponde a la Encuesta Nacional de Innovación de la Industria Manufacturera (Eniim 2015), recolectada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). La Eniim 2015 es representativa a nivel nacional, ya que recopila información de 8.844¹⁵ empresas formales¹⁶ que desarrollan actividad manufacturera en los 24 departamentos del país y la Provincia Constitucional del Callao. Además, esta encuesta tiene la ventaja de medir los cambios, avances y evolución de los procesos de innovación en cada una de las iniciativas empresariales realizadas para las mejoras de sus procesos productivos, para desarrollar nuevos productos, entre otros.

El período de estudio de la Eniim 2015 es 2012-2014 para las variables cualitativas, y la información del monto invertido en actividades de innovación y el desempeño económico de la empresa (ventas, exportaciones y capital fijo) se tiene para cada año (2012, 2013 y 2014) que duró la encuesta. Una limitación de la Eniim 2015 es que no puede ser unida a la Eniim 2012 (que contiene información para el período 2009-2011) para poder disponer de un panel de datos, ya que existen menos de un 20% de empresas manufactureras comunes en ambas encuestas. Unir ambas encuestas genera resultados sesgados debido a que sería una muestra poco representativa a nivel nacional.

Un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta es la heterogeneidad en el gasto de innovación que realizan las empresas manufactureras y el resultado de la innovación. Así, en la Eniim 2015, el 61,2% de las

15 El número se ha determinado mediante un muestreo aleatorio simple con un margen de error del 12%, una tasa de no respuesta esperada del 12% y un nivel de confianza del 95%.

16 Según el INEI, durante el período 2012-2018, la participación del sector formal manufacturero en su PIB fue de alrededor del 88%.

empresas invirtieron en algún tipo de actividad de innovación tecnológica¹⁷ y no tecnológica¹⁸. Del total de empresas de la industria manufacturera, el 56,2% son empresas innovadoras. De estas, el 50,2% han realizado alguna innovación tecnológica, sea en producto o en proceso, y el 43,8% desarrollaron innovación en organización o en comercialización.

Al respecto, se define la innovación en productos como la relacionada con la introducción de nuevos bienes y servicios, y las mejoras significativas de características funcionales o de utilización de bienes y servicios existentes. La innovación en procesos es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Por otro lado, la innovación en comercialización es la aplicación de un método que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto. La innovación en organización está relacionada con un nuevo método organizativo en la práctica. En el presente estudio, se opta por el análisis de la innovación en productos y procesos, por estar más vinculado a la decisión de la empresa en contratar personal (Crespi & Tacsir, 2012; Harrison *et al.*, 2008).

De la descripción anterior, los resultados de la innovación en el Perú son similares a los reportados por Harrison *et al.* (2008) en Francia, Alemania, España y el Reino Unido. Sin embargo, se encuentran diferencias destacables con los resultados de Benavente y Lauterbach (2008), quienes reportan que las empresas chilenas solo tienen un 17% de empresas que no innovaron, mientras que, del total de empresas peruanas, la mitad de ellas no innovaron (tabla 1).

Con respecto al crecimiento del empleo, se puede notar que las empresas peruanas que no innovaron tuvieron un crecimiento del empleo menor (2,3%) con respecto a las que solo innovaron en proceso (4,3%), y menor aún frente a las que solo innovaron en producto o producto y proceso (10%). En comparación con la investigación de Harrison *et al.* (2008), Alemania, España y el Reino Unido presentan resultados similares. Solo Francia parece no tener diferencias entre las empresas que no innovan en proceso con respecto a las que sí lo hacen. Es interesante el caso de Benavente y Lauterbach (2008), donde se muestra que las empresas chilenas presentan decrecimiento del empleo con respecto a las empresas no innovadoras (-3,3%); además, el crecimiento del empleo fue marcadamente mayor en las empresas que solo

17 El gasto en innovación tecnológica se refiere a las actividades de I+D interna y externa, adquisición de bienes de capital, *hardware*, *software*, transferencia tecnológica, diseño e ingeniería industrial, capacitación para actividades de innovación y estudios de mercado para introducción de innovación.

18 El gasto en innovación no tecnológica considera las actividades en la nueva forma de implementación de organización y mejoras en el diseño de empaque de productos.

innovaron en proceso (25,4%), en comparación con las que innovaron en producto o ambos (6,7%).

Respecto al crecimiento total de las ventas nominales para las empresas peruanas, se tiene una reducción del 0,4%, ocasionada por la disminución del 16,8% de las ventas de las empresas no innovadoras, las cuales representan el 50% de las empresas totales, a pesar de que las ventas nominales de las empresas innovadoras crecieron en promedio un 16,4%. Este resultado contrasta significativamente con los resultados de Harrison *et al.* (2008), donde las ventas nominales de las empresas europeas no innovadoras crecieron en promedio un 13,3% y las ventas totales nominales en un 16%, y los de Benavente y Lauterbach (2008), donde las ventas nominales de las empresas chilenas no innovadoras crecieron un 9,6% y las ventas totales nominales en un 30%.

Por último, la industria redujo su productividad en un 0,6%, ello como resultado de una reducción de la productividad de las empresas no innovadoras en un 18,9%; mientras que las que solo innovaron en proceso aumentaron su productividad en un 13,5%, además de las que innovaron en producto, con un 5,9%. Nuevamente, la estructura de la base de datos difiere con respecto a los resultados de Harrison *et al.* (2008) y Benavente y Lauterbach (2008)¹⁹: a pesar de ser empresas no innovadoras, lograron hacer crecer su productividad en un 6,7% y un 12,9% en promedio, respectivamente. Además, las empresas europeas lograron un crecimiento de la productividad de la industria de un 7,2%, mientras que las empresas chilenas lograron un crecimiento conjunto de un 24,4%.

19 La diferencia en la productividad de empresas peruanas no innovadoras se ve reflejada en la constante con signo positivo estimada econométricamente desde la tabla 3 hasta la tabla 8, el cual difiere en lo hallado en Harrison *et al.* (2008) y en Benavente y Lauterbach (2008). Este signo se justifica, pues, mientras que las empresas peruanas disminuyeron su productividad, las empresas europeas y chilenas la acrecentaron.

Tabla 1
Características básicas

Características/estudios	A ^{2/}		B ^{3/}		C ^{4/}	
	Perú	Chile	Francia	Alemania	España	RU
N.º de empresas	8.844	514	4.631	1319	4.548	2.533
No innovadoras (%)	49,8	17,0	47,7	41,5	55,4	60,5
Solo proceso (%)	5,3	5,0	7,1	10,2	12,2	11,0
Innovadoras en producto ^{1/} (%)	44,7	77,0	45,2	48,4	32,4	28,5
Innovadoras en producto y proceso (%)	50,2	76,0	24,3	27,4	20,0	14,1
Crecimiento del empleo (%)						
Todas las empresas	5,8	5,6	8,3	5,9	14,2	6,6
No innovadoras	2,3	-3,3	7,0	2,4	12,6	5,4
Solo proceso	4,3	25,4	7,5	6,0	16,2	8,0
Innovadoras en producto ^{1/}	10,0	6,7	9,8	8,9	16,2	8,5
Crecimiento de las ventas nominales (%)						
Todas las empresas	-0,4	30,0	13,0	15,2	23,2	12,3
No innovadoras	-16,8	9,6	11,0	10,8	21,7	10,8
Solo proceso	17,8	29,0	13,4	21,7	23,6	16,3
Innovadoras en producto ^{1/}	15,9	35,2	15,0	17,5	25,7	13,9
Crecimiento de la productividad (%)						
Todas las empresas	-0,6	24,4	4,7	9,3	9,0	5,7
No innovadoras	-18,9	12,9	4,0	8,4	9,1	5,3
Solo proceso	13,5	3,6	5,9	15,7	7,4	8,3
Innovadoras en producto ^{1/}	5,9	28,9	7,5	8,7	9,5	5,4

Notas

^{1/} Innovadoras solo en producto + innovadoras en producto y proceso.

^{2/} Encuesta Nacional de la Innovación Manufacturera 2015. Período: 2012-2014.

^{3/} Benavente y Lauterbach (2008), usando la Tercera Encuesta Nacional de la Industria Manufacturera. Período: 1998-2001.

^{4/} Harrison *et al.* (2008), usando la Tercera Encuesta de Innovación en la Comunidad (CIS3). Período: 1998-2000.

Fuentes: Harrison *et al.* (2008); Benavente y Lauterbach (2008).

La tabla 2 presenta la columna A de la tabla 1 desagregada por tamaño²⁰ de empresa para el caso peruano. Se aprecia que, a medida que la empresa

20 El estrato empresarial (tamaño) definido en este estudio está en función de sus niveles de ventas anuales: (i) microempresa: ventas anuales hasta por un monto máximo de 150 unidades impositivas tributarias (UIT), (ii) pequeña empresa: ventas anuales superiores a 150 UIT y hasta un monto máximo de 1.700 UIT, (iii) mediana empresa: ventas anuales superiores a 1.700 UIT y hasta un monto máximo de 2.300 UIT, y (iv) las empresas con ventas anuales superiores a 2.300 UIT, que corresponden al estrato empresarial de gran empresa. La UIT considerada para el año 2014 equivale a S/ 3.800.

crece, la cantidad de empresas no innovadoras se reduce. En otras palabras, la empresa aumenta de tamaño tanto como aumenta su inversión en actividades en I+D y, por ende, en la cantidad de innovaciones que obtiene. Ello se aprecia claramente en el aumento de innovaciones tanto en solo proceso como en producto a medida que la empresa se desarrolla.

Tabla 2
Características básicas por tamaño de empresas manufactureras peruanas

Características / tamaño de empresa	Microempresa ^{2/}	Pequeña empresa ^{3/}	Mediana y gran empresa ^{4/}
N.º de empresas	1.820	5.717	1.307
No innovadoras	66,9	46,7	41,1
Solo proceso	2,1	5,1	10,4
Innovadoras en producto ^{1/}	30,9	48,2	48,5
Crecimiento del empleo (%)			
Todas las empresas	10,2	3,9	8,3
No innovadoras	3,7	1,3	4,1
Solo proceso	0	4,3	5,4
Innovadoras en producto ^{1/}	25,0	6,4	12,6
Crecimiento de las ventas nominales (%)			
Todas las empresas	-46,9	11,2	13,9
No innovadoras	-68,7	0	17,6
Solo proceso	0	24,1	9,3
Innovadoras en producto ^{1/}	-2,9	20,6	11,9
Crecimiento de la productividad (%)			
Todas las empresas	-57,1	7,3	5,6
No innovadoras	-72,5	-1,4	13,5
Solo proceso	0	19,8	3,9
Innovadoras en producto ^{1/}	-27,9	14,3	-0,01

Notas

^{1/} Innovadoras solo en producto + innovadoras en producto y proceso.

^{2/} Se considera microempresa si sus ingresos por ventas son menores de 150 UIT.

^{3/} Se considera pequeña empresa si sus ingresos por ventas son como mínimo 150 UIT, pero menores de 1.700 UIT.

^{4/} Se considera mediana o gran empresa si sus ingresos por ventas son como mínimo 1.700 UIT.

Una UIT equivale a S/ 3.800 (2014).

Fuente: elaboración propia sobre la base de la Eniim 2015.

Con respecto al crecimiento del empleo, es notable el decrecimiento del empleo (del 10,24% al 3,9%) en la microempresa; sin embargo, es interesante señalar que una vez que llega a ser mediana o gran empresa,

se restablece la demanda por mano de obra (8,33%). La explicación sobre este comportamiento se encuentra en la necesidad de la empresa de ser productiva.

Es presumible que una microempresa se vea incentivada a innovar en proceso (por ejemplo, incorporar maquinaria nueva), debido a que este tipo de innovación es la más fácil de realizar (no es necesario poseer un departamento de investigación y desarrollo en la empresa para adquirir maquinaria nueva, algo que sí se requiere cuando se desea innovar en producto) con el objetivo de ser más productiva, lo que causa desplazamiento de mano de obra (Jaumandreu, 2003; Harrison *et al.*, 2008; Benavente & Lauterbach, 2008). A medida que la empresa prospera, el crecimiento de la productividad marginal se va reduciendo; una vez establecida como mediana o gran empresa, la única forma de seguir siendo productiva es innovando en producto, para lo cual demanda capital de trabajo calificado. Lo que se experimenta es una reestructuración de la calidad de trabajo calificado por no calificado a medida que una empresa se desarrolla (Álvarez *et al.*, 2011; Crespi & Tacsir, 2012).

Un aspecto final que se destaca de los datos es que las microempresas tienen una contribución relevante en los promedios agregados, lo cual refleja una característica estructural de la industria manufacturera peruana. Son las microempresas las causantes de las cifras negativas del sector en ambos rubros, pues las ventas nominales exhiben un decrecimiento del 46,9%, mientras que la productividad decae en un 57,1%. Además, en el caso de las empresas de mayor tamaño, sus ventas nominales y su productividad responden en la misma dirección.

3. Estrategia empírica

Para estimar el impacto de la innovación sobre el empleo, se plantea la especificación econométrica inicial asociada al modelo teórico²¹ desarrollado por Jaumandreu (2003) y por Harrison *et al.* (2008):

$$l_i = \alpha_0 + \alpha_1 d_i + y_1 + \beta_1 y_2 + u_i \quad (1)$$

donde l es la tasa de crecimiento del empleo a lo largo del período (entre $t=1$ y $t=2$), y_1 y y_2 corresponden a las tasas de crecimiento de la producción por producto antiguo y nuevo respectivamente, y u es el término de error ($E(u|d; y_1, y_2)=0$). El parámetro α_0 representa la eficiencia de producción promedio

21 En el anexo se explica el modelo teórico desarrollado por Jaumandreu (2003) y Harrison *et al.* (2008).

de los productos antiguos, y la variable dicotómica d_i es igual a 1 si la empresa ha implementado una innovación en proceso específica no relacionada con la innovación en producto, es decir, «solo innovación en proceso».

Finalmente, el parámetro β_i captura la eficiencia relativa de producción entre productos antiguos y nuevos. Teniendo en cuenta que lo que se produce se vende, se asume que la producción de productos (bienes o servicios) antiguos por parte de la empresa fue en el año 2012. Por otro lado, la producción de productos (bienes o servicios) nuevos corresponde al registro de ventas por parte de la empresa en el año 2014, pero que indique en el grado de innovación que este producto es nuevo o significativamente mejorado tanto para la empresa como para el mercado (nacional y/o internacional). La Eniim 2015 permite hacer dicha distinción.

De lo anterior, las condiciones para una estimación apropiada del modelo descrito, según lo expuesto por Harrison *et al.* (2008) y Benavente y Lauterbach (2008), son las siguientes:

Primero, la variable y_2 contiene tres efectos diferentes que no se pueden separar por la restricción de datos: (i) el incremento «independiente» de la demanda de productos antiguos, (ii) el efecto de «complementariedad o compensación» por la variación en el precio del producto antiguo por la incorporación de una innovación en proceso y (iii) el efecto de «sustitución o desplazamiento» por la incorporación de una innovación en producto.

Segundo, la proporción entre la producción de productos nuevos y antiguos o crecimiento de las ventas debido a la producción de productos nuevos (y_2) es una variable no observable, y para poder construirla se debe separar el crecimiento nominal de las ventas totales (g) entre el crecimiento de las ventas nominales debido a productos antiguos (g_1) y el crecimiento de las ventas nominales debido a productos nuevos (g_2). Ambas tasas de crecimiento (g_1 y g_2) se construyen utilizando la proporción entre las ventas por producto nuevo y las ventas totales (s), dato disponible para el último período de análisis. Entonces, se tiene: $g_2 = s(1+g)$ y $g_1 = g - s(1+g)$.

Si g_1 es el crecimiento de las ventas nominales por producto antiguo y π es la tasa de crecimiento del precio de los productos, podemos describir lo siguiente: $g_1 = y_1 + \pi$, donde y_1 es el crecimiento no observable real de las ventas por producto antiguo. Ahora, si g_2 es el crecimiento de las ventas nominales por producto nuevo y π es la tasa de crecimiento del precio de los productos, entonces se puede decir que: $g_2 = y_2 (1 + \pi) = y_2 + \pi y_2$, donde y_2 es el crecimiento no observable real de las ventas por producto nuevo. Es importante mencionar que se asume que las tasas de crecimiento del precio de los productos antiguos y nuevos son similares debido a que no se cuenta con información detallada sobre los productos que se venden.

Dado que no es posible observar los precios de los productos a nivel de las empresas, se reemplazan las ecuaciones por g_1 y g_2 demostradas en (A5²²) y se reordena (1), obteniendo:

$$1 - g_1 = \alpha_0 + \alpha_1 d + \beta g_2 + v \quad (2)$$

donde el nuevo término de error no observado es: $v = -\pi - \beta\pi y_2 + u$. Es importante que α_1 no dependa del nivel de productividad de la empresa, pues ahora se presenta una expresión en diferencias (Harrison *et al.*, 2018). Siguiendo con (2), se puede apreciar que, en esta expresión, g_2 es una variable endógena con respecto a la inflación (π) y la producción real del producto nuevo (y_2), esto al corroborarse que el residuo v contiene información relacionada con estas dos últimas variables. En este punto, cabe resaltar que es extremadamente difícil encontrar una variable instrumental que sea exógena tanto para el nivel de inflación como para la decisión de la empresa de innovar; por lo tanto, y acorde con las variables instrumentales usadas en la literatura empírica, se asume que d no está correlacionada con $v = -\pi - \beta\pi y_2 + u$.

El problema de endogeneidad se enfrenta utilizando el método de variables instrumentales para g_2 . Se consideran dos instrumentos. El primero es ayuda pública a las innovaciones, el cual es una variable dicotómica que toma el valor de 1 si la empresa innovó gracias a programas públicos de apoyo a la innovación, tales como: (i) apoyo a la innovación mediante subvenciones, como Innóvate Perú o Fidecom-Fincyt; (ii) servicios tecnológicos de los CITE; (iii) apoyo al emprendimiento y a la ciencia, tecnología e innovación tecnológica; (iv) programas de asistencia técnica para la adopción de tecnología y gestión empresarial; y (v) incentivo a la I+D y programas de promoción de exportaciones. Este instrumento es utilizado de manera similar por Crespi y Tacsir (2012) y De Elejalde *et al.* (2015). El segundo es una variable dicotómica, la cual es igual a 1 si la empresa se encuentra en Lima o Callao. La lógica de la agregación de esta variable instrumental recae en la idea de que la competencia industrial en la capital es de mayor intensidad en comparación con los demás departamentos, y, por ende, para las empresas en dicha región, la innovación representaría una herramienta fundamental para mejorar sus niveles de productividad y competitividad. En los dos instrumentos, se cumplen las condiciones de exogeneidad (es decir, no está correlacionado con v) y relevancia (es decir, está relacionado a g_2), tal como sugiere Wooldridge (2006).

22 Véase el anexo para mayores detalles.

4. Resultados

En primer lugar, en la tabla 3, y en relación con lo propuesto por Benavente y Lauterbach (2008), se estima la expresión (2) considerando solo la variable de crecimiento de las ventas por haber innovado en producto (innovación en producto). Esta estimación es de referencia, ya que permite evaluar el coeficiente estimado con una sola variable regresora, para luego analizar cómo va cambiando o si es robusto a la inclusión de más variables exógenas. En segundo lugar, en la tabla 4, se añade la variable de innovación en solo proceso (innovación en proceso), completando así la especificación de la expresión (2). El objetivo de esta estrategia es ir incorporando variables progresivamente con el fin de apreciar la evolución de los resultados a medida que el modelo converge a su forma final. En tercer lugar, acorde con lo propuesto por Harrison *et al.* (2008), en la tabla 5 se observa la interacción de las variables de innovación en producto con la de innovación en proceso, ello para descubrir si la innovación en proceso se encuentra destinada a mejorar el proceso de fabricación de productos antiguos o nuevos. Por último, en las tablas 6, 7 y 8, se llevan a cabo regresiones de la expresión (2), pero en proporción al tamaño, calificación de la mano de obra y capacidad tecnológica de las empresas; ello con el propósito de verificar la robustez de los resultados.

Efectos de la innovación en producto sobre el empleo

Acorde con el marco teórico, se procede a estimar la expresión (2), la cual resulta del reemplazo de y_1 por g_1 , para luego proceder con el reordenamiento de la expresión; esta expresión captura el efecto de producción real de productos antiguos y nuevos antes no considerados en la expresión (1). La expresión (2) presenta como variable dependiente la contratación de empleo que no tenga como finalidad la producción real de productos antiguos. Sin embargo, solo se incluye como variable independiente al crecimiento de ventas por haber innovado en producto (innovación en producto). Así, el objetivo de esta estrategia es evaluar los efectos de la innovación por separado a medida que se va completando la especificación del modelo propuesto en la expresión (2). Para ello, se estiman regresiones tanto por MCO como por VI, que se muestran en la tabla 3. Las regresiones se controlan bajo la variable de efecto fijo de cantidad de CITE por región, la variable inversión en capital físico sobre ventas y *dummies* por industria.

En la columna A, se presentan los resultados de la regresión por MCO. El coeficiente que acompaña la variable crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo representa la eficiencia relativa entre la producción de productos nuevos y antiguos. Dado que el valor es del 0,61%, menor que

la unidad, y es significativo al 1%, se puede decir que los productos nuevos se producen de manera más eficiente que los antiguos. Esto significa que la cantidad de factores usados para fabricar un producto nuevo es menor en comparación con la de un producto antiguo y que la contratación de empleo viene en una proporción menor que la unidad. Además, se puede afirmar que cuando se incorpora una innovación en producto, el crecimiento de las ventas por tal innovación incrementa el nivel de empleo en 0,61 p. p. En el momento de incluir variables binomiales por industria, el impacto solo cambia en 1 p. p., lo que evidencia la robustez de este resultado.

En la columna B, se realiza una estimación por variables instrumentales (VI). La variable crecimiento de ventas por innovación en producto es tomada como variable endógena y se requiere el uso de variables instrumentales. El instrumento más apropiado para este caso es el que esté relacionado con el crecimiento de ventas por innovación en producto, pero que no se encuentre relacionado con el cambio de precios. El instrumento usado es la variable dicotómica de programa de apoyo público a la innovación, como originador de nuevas ideas innovadoras. Esta variable toma el valor de 1 si la empresa recibió apoyo público a la innovación y a raíz de eso desarrolló una innovación.

Curiosamente, se aprecia que el impacto del crecimiento de las ventas por innovación en producto es menor en esta regresión (0,57%) en comparación con el del MCO (0,61%), por lo que, en una primera instancia, se puede señalar que la variable instrumental no cumple la función de eliminar el efecto de inflación. Sin embargo, la explicación se debe a que en la regresión de la tabla 3 solo se ha considerado la variable de innovación en producto y, por ende, no se puede llegar a una conclusión a partir de este resultado. Como se viene mencionando, la estrategia es evaluar los efectos individuales de la innovación e ir completando el modelo final para examinar la evolución de los resultados. Al igual que en la columna A, el resultado de la columna B no muestra cambio radical en el momento de incorporar variables binomiales por industria (2,5 p. p.), lo que certifica la robustez de este impacto. Además, el instrumento pasa satisfactoriamente las pruebas de endogeneidad e instrumentos débiles.

En la columna C, se añade otro instrumento con el fin de sobreidentificar la regresión. El instrumento es una variable dicotómica que capta a aquellas empresas que operan en la capital de Lima Metropolitana y el Callao. Los resultados son consistentes debido a la no variación drástica del coeficiente de esta nueva regresión por VI con respecto al de la columna B (0,57%). Asimismo, se añaden las diferentes pruebas en cuanto al uso de variables instrumentales. Para el caso de la prueba de endogeneidad, se rechaza la

hipótesis nula; por lo tanto, se justifica el uso de variable instrumentales. Finalmente, se rechaza la hipótesis nula de la prueba de instrumentos débiles, y se concluye que los instrumentos no son débiles. Asimismo, el test de sobreidentificación señala que los instrumentos escogidos cumplen la condición de ortogonalidad.

Tabla 3
Efecto de innovación en producto sobre el empleo

VARIABLES	A: OLS	B: VI ¹	C: VI ²
Crece. ventas inv. producto nuevo	0,612*** (0,0125)	0,619*** (0,012)	0,565*** (0,0201)
Constante	0,140*** (0,0167)	-0,078*** (0,023)	-0,067*** (0,025)
Observaciones	8.844	8.844	8.844
R-cuadrado	0,278	0,328	0,328
Dummies por industria	No	Sí	No
Test de endogeneidad (p-value) ³		No	No
Prueba de instrumentos débiles ⁴		0,0156	0,0119
Test de sobreidentificación (p-value) ⁵		3,715>16	2,090>19
			0,8551

Notas

Variable dependiente: $1 - g_1$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE», por región y ratio «inversión/ventas».

***p<0,01, **p<0,05, *p<0,1.

¹ El único instrumento usado es (0/1) «apoyo público a la innovación».

² Los instrumentos usados son «apoyo público a la innovación» y (0/1) «si se encuentra en Lima o Callao».

³ Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica uso de variables instrumentales).

⁴ Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁵ Hipótesis nula: los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

Los resultados de la tabla 3 muestran mayor impacto en comparación con los resultados de Benavente y Lauterbach (2008) (0,4% para MCO y 0,5% para VI). Además, es importante hacer mención del valor positivo de la constante cuando no se consideran variables dicotómicas por industria, ya que este signo difiere del que aparece en trabajos como los de Harrison *et al.* (2008) y Benavente y Lauterbach (1998). Como se hizo notar en la tabla 1, la productividad laboral de las empresas no innovadoras disminuyó en un 18,9%; por lo tanto, se justifica el valor positivo de la constante, pues esta representa el cambio en la eficiencia productiva (en valor negativo) de los productos no innovadores, y al presentarse en signo negativo por la disminución de productividad, los valores negativos producen el efecto positivo. Es importante resaltar que una vez que se incluyen las variables dicotómicas por industria, el efecto de la constante recupera el signo deseado, lo que evidencia la importancia de añadir variables de control para corregir efectos heterogéneos de cada sector de la muestra en los resultados.

Efectos de la innovación en producto y proceso sobre el empleo

Ahora, se incorpora a la regresión de la tabla 3 la variable independiente solo proceso (innovación en proceso), de modo que se completa el modelo econométrico de la expresión (2); los resultados se muestran en la tabla 4. Este modelo posibilita, al igual que el anterior, evaluar el efecto de la innovación en producto sobre el crecimiento del empleo que no esté relacionado con una mayor producción de productos antiguos; sin embargo, a diferencia del estimado en la tabla 3, también permite encontrar el impacto de una innovación en proceso en la demanda de trabajo en la firma.

En la columna A, se presentan los resultados por MCO. El valor del coeficiente del crecimiento de ventas por producto nuevo representa una estimación de la eficiencia relativa de la producción entre productos nuevos y antiguos. Este valor, de un 0,59%, es significativo al 1% de nivel de significancia y es menor que la unidad, lo que indica que los productos nuevos se producen de manera más eficiente que los antiguos y se crea empleo, aunque menor que la unidad. Asimismo, el efecto de la variable «solo proceso» es de un -0,4% y es estadísticamente significativo al 1%. Ello indica que la incorporación de una innovación en proceso impacta negativamente en el crecimiento laboral de la empresa que no provenga de cambios en el crecimiento de ventas por producto antiguo. Ambos resultados son robustos debido a que los coeficientes de la innovación en producto y proceso no cambian de manera abrupta cuando se incorporan variables dicotómicas por industria.

Tabla 4
Efecto de innovación en producto y proceso en el empleo

VARIABLES	A: OLS	B: VI ¹	C: VI ²
Crece. ventas innov. producto nuevo	0,585*** (0,0128)	0,631*** (0,0183)	0,634*** (0,0176)
Solo proceso	-0,402*** (0,0233)	-0,382*** (0,0240)	-0,381*** (0,0238)
Constante	0,155*** (0,0168)	0,142*** (0,0180)	0,142*** (0,0178)
Observaciones	8.844	8.844	8.844
R-cuadrado	0,293	0,292	0,292
Dummies por industria	No	Sí	No
Test de endogeneidad (p-value) ³		0,0043	0,0019
Test de instrumentos débiles ⁴		4,619>16	3,016>19
Test de sobreidentificación (p-value) ⁵		5,130>16	2,275>13

Notas

Variable dependiente: $l - g_1$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE» por región y ratio «inversión/ventas».

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

¹ El único instrumento usado es (0/1) «apoyo público a la innovación».

² Los instrumentos usados son «apoyo público a la innovación» y (0/1) «si se encuentra en Lima o Callao».

³ Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica uso de variables instrumentales).

⁴ Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁵ Hipótesis nula: los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

En la columna B, se presenta la estimación por variables instrumentales para recuperar el supuesto de exogeneidad debido a la correlación entre el crecimiento de las ventas por haber innovado en producto y la inflación, esta última presente en el término de error. El instrumento usado es la variable discreta que representa si la empresa obtuvo o no apoyo público como fuente de idea para incorporar una innovación.

El coeficiente que acompaña la variable de crecimiento de ventas por producto nuevo presenta un impacto del 0,63%, mayor que el de la regresión por MCO (0,59%). Ello indica que la regresión por VI ahora sí recupera el supuesto de exogeneidad, debido a que elimina el efecto de inflación que restaba a la variable crecimiento de las ventas por innovación en producto; por lo tanto, la creación de empleo ahora es mayor que la de la columna A. Adicionalmente, persiste evidencia de que la eficiencia en la fabricación de productos nuevos es mayor que la de productos antiguos, debido a que el coeficiente que acompaña a la variable de innovación en producto (0,63%) sigue siendo menor que la unidad. Finalmente, el resultado es robusto porque no presenta cambio en los coeficientes estimados cuando se incorporan variables dicotómicas por industria.

Con respecto a la variable innovación solo en proceso, se encuentra un coeficiente del -0,38%, significativo al 1% y mayor que el presentado en la estimación por MCO (-0,40%). Este resultado revela, al igual que en el caso de innovación en producto, la mejora en el supuesto de exogeneidad en los resultados por la exclusión del efecto de inflación. Por lo tanto, el efecto de destrucción de puestos de trabajo ahora es menor que el de la columna A. Ambos resultados son robustos debido a que no exhiben un cambio súbito en el momento de implementar variables dicotómicas por industria (0,70%). Además, el instrumento usado en la columna B cumple con las condiciones de exogeneidad y relevancia.

En la columna C, se añade una variable instrumental adicional para sobreidentificar la regresión. Esta variable es dicotómica y representa si la empresa se encuentra operando en Lima Metropolitana o el Callao. De un lado, el impacto de la innovación en producto sobre el crecimiento del empleo de la columna C es similar al de la columna B (0,631% y 0,634%, respectivamente). De otro lado, el impacto de la innovación en proceso sobre el crecimiento del empleo en la columna C es también muy parecido al de la columna B (-0,381% y -0,382%, respectivamente). Por lo tanto, existe evidencia de consistencia en los coeficientes tanto de la innovación en producto como de la innovación en proceso, con respecto al nivel de empleo. Es preciso mencionar que los instrumentos usados pasan satisfactoriamente las condiciones de exogeneidad, relevancia y ortogonalidad.

Como se mencionó previamente, el valor positivo de la constante se justifica por la pérdida de la productividad o eficiencia en la producción de las empresas no innovadoras, tal como se observa en la tabla 1. El signo propio del modelo es negativo y se presenta en la expresión (A5), pues se asume que hubo aumento en la productividad de productos no innovadores y ese aumento en la eficiencia de producción impacta negativamente en el empleo. La estructura de la base de datos peruana arroja un efecto opuesto y, por ello, se obtiene el signo opuesto (positivo). Sin embargo, se recupera el signo deseado una vez que se incluyen las variables binomiales por industria, lo que permite constatar la importancia de su inclusión en los resultados.

En comparación con los resultados de Harrison *et al.* (2008), el impacto del crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo es relativamente menor, pues su investigación arroja un resultado de entre un 0,77% y un 0,86% para MCO, y un 0,89% y un 1,02% para VI. Por el lado de la investigación de Benavente y Lauterbach (2008), el resultado es menor, un 0,4% para MCO y un 0,6% para VI. Luego, en comparación con la innovación solo en proceso, el impacto del estudio de Harrison *et al.* (2008) es sustancialmente mayor, pues presenta un impacto no significativo al 10% de entre un -8,49% y un 0,30% para MCO y entre un -6,19% y un 2,46% para VI. Por el lado de Benavente y Lauterbach (2008), presenta un coeficiente no significativo al 10% de un +0,133% para MCO y un +0,132% para VI.

Interacción entre innovación en producto y proceso en el empleo

Las innovaciones en producto y en proceso forman parte de un mismo proceso productivo; por lo tanto, es razonable plantear la existencia de sinergias mutuas entre ellas. En términos específicos, es de interés conocer si la innovación en proceso tiene como objetivo principal la producción de productos antiguos o nuevos (Harrison *et al.*, 2008). La expresión estimada anteriormente se extiende para incorporar efectos de interacción entre los dos tipos de innovación.

En primer lugar, se presentan los estimados considerando los dos tipos de innovación. Se destaca que el coeficiente de la variable de las empresas que realizaron tanto innovación en producto como en proceso es no significativo (-0,02%), lo que aparentemente sugiere que la innovación en proceso no está relacionada con la producción de productos antiguos y probablemente esté dirigida mayormente a los productos nuevos. Sin embargo, cuando se incorporan las variables discretas por industria, la significancia resulta del 1%. Debido a la falta de consistencia, estos resultados no resuelven claramente la interrogante de si las empresas innovan en proceso para seguir fabricando productos antiguos de manera más eficiente.

En la columna B, se considera la interacción entre la innovación (en producto y proceso) y el crecimiento de ventas de productos nuevos. Mediante esta especificación, se permite que la productividad en la producción de productos nuevos sea diferente para las empresas que también introducen innovación. Al ser el coeficiente de la variable de interacción significativo (-0,135% en la columna B), se corrobora que, ante una mayor productividad de las empresas que introducen nuevos productos e innovan, se generan mayores niveles de empleo en comparación con las empresas que no innovan. Este resultado es robusto aun si se incorporan efectos fijos por industria.

Tanto en la columna A como en la columna B, los efectos por separado del crecimiento de las ventas por innovación en producto y la innovación solo en proceso son robustos independientemente de si se controla por efectos fijos por industria. Con respecto a la columna A, los coeficientes de la innovación en producto son un 0,66% y un 0,71%, ambos menores que la unidad, y, por tanto, se mantiene la superioridad en la productividad de productos nuevos sobre la de los antiguos; en relación con la innovación en proceso, los efectos son de un -0,38% y un -0,45%, lo que sugiere la consistencia del desplazo de empleo por capital físico. En correspondencia con la columna B, los impactos de la innovación en producto son de un 0,74% y un 0,81%; de igual manera, los impactos son menores que la unidad, y, por ende, se evidencia mayor eficiencia en la producción de productos nuevos en comparación con la de los antiguos. Con respecto a la innovación en proceso, los coeficientes son un -0,37% y un -0,44%, lo que corrobora su efecto destructivo del nivel de empleo.

En comparación con los resultados de Harrison *et al.* (2008), el coeficiente de la variable innovación en producto y proceso de la columna A es un 2,03% en promedio, mayor que lo presentado en este estudio y no significativo al 10%. Con respecto al trabajo de Benavente y Lauterbach (2008), el coeficiente es aún menor, un -0,002%, tampoco significativo al 10%. Ello sugiere, para ambos estudios, que la innovación en proceso puede no impactar en la mejora de productividad para los productos antiguos.

Con respecto al impacto de las ventas por innovación en producto de la columna B, Harrison *et al.* (2008) presentan un impacto de un -5,7% y no significativo, lo que sugiere, para su trabajo, que se producen de manera más eficiente los productos antiguos que los nuevos. Benavente y Lauterbach (2008) también presentan un coeficiente mayor que la unidad y concluyen lo mismo.

Tabla 5
Interacción entre innovación en producto y proceso

Variable	A: VI ¹		B: VI ²	
Crec. ventas invv. producto nuevo	0,658*** (0,0203)	0,706*** (0,021)	0,744*** (0,051)	0,809*** (0,049)
Solo proceso	-0,379*** (0,0237)	-0,450*** (0,027)	-0,373*** (0,0243)	-0,441*** (0,028)
Proceso y producto	-0,0237 (0,0144)	-0,042*** (0,015)		
Crec. ventas invv. producto * innovación producto y proceso			-0,135*** (0,0484)	-0,187*** (0,045)
Constante	0,142*** (0,0179)	-0,091*** (0,025)	0,141*** (0,0177)	-0,092*** (0,025)
Observaciones	8.844	8.844	8.844	8.844
R-cuadrado	0,290	0,342	0,287	0,338
Dummies por industria	No	Sí	No	Sí
Test de endogeneidad (p-valor) ⁴	0,0001	0,000	0,0015	0,000
Test de instrumentos débiles ⁵	1.542>19	1.092>13	408>19	369>13
Test de sobreidentificación (p-valor) ⁶	0,682	0,2712	0,7739	0,0515

Notas

Variable dependiente: $l - (g_i - \pi_i)$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE» por región y ratio «inversión/ventas». ***p<0,01, **p<0,05, *p<0,1.

¹ Los instrumentos usados son «apoyo público a la innovación» y (0/1) «si se encuentra en Lima o Callao».

² Los instrumentos usados son «apoyo público a la innovación» y (0/1) «si se encuentra en Lima o Callao», y ambos interactúan con «innovación en producto y proceso».

³ La covarianza entre los parámetros «crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo» y «crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo * innovación en producto y proceso» es 0,23.

⁴ Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica uso de variables instrumentales).

⁵ Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁶ Hipótesis nula: los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

Análisis de robustez

Los resultados destacados líneas arriba representan efectos promedio. A continuación, se realiza un análisis de robustez considerando la heterogeneidad observable de las firmas. Los niveles de heterogeneidad considerados en este estudio son el tamaño de empresa, la capacidad tecnológica y la estructura de calificación de la mano de obra que presente. Estos niveles de desagregación

se incorporan mediante variables artificiales en la regresión que se presentó en la columna B de la tabla 5. Hay que recordar que esta especificación es la más completa; además, contiene variables instrumentales y controles por efectos fijos a nivel de industria, elementos que permiten identificar mejor la expresión (2).

- Rol del tamaño de empresa

La innovación tiene efectos en el empleo que difieren según el tamaño de la empresa, y el efecto mayor es en las empresas grandes (0,32% para microempresa, 0,947% para pequeña empresa y 1,172% para la mediana y gran empresa). Esto se debe a que, a medida que una empresa se desarrolla y aumenta de tamaño, tiene mayor capacidad de implementar políticas de investigación y desarrollo (I+D), lo cual otorga una mayor probabilidad de introducir una innovación en producto mediante la mejora significativa o creación de productos en el mercado de la industria. La política de I+D impulsa la contratación de empleo, y este impulso será mayor a medida que la empresa crezca por las economías de escala presentes en las grandes empresas. Además, es preciso mencionar que la nueva demanda de mano de obra requerirá fuerza de trabajo de mayor calidad, por lo que se puede argumentar que, a medida que una empresa crece, su estructura de calificación de mano de obra cambia, reemplazando mano de obra no calificada por calificada (Álvarez *et al.*, 2011; Crespi & Tacsir, 2012).

Tabla 6
Innovación en producto y proceso según tamaño de empresa

Columna	VI ¹			
	Todas	Micro-	Pequeña	Mediana-grande
Variables				
Crec. ventas inv. producto nuevo	0,668*** (0,019)	0,327*** (0,057)	0,947*** (0,018)	1,172*** (0,041)
Solo proceso	-0,452*** (0,027)	-0,346*** (0,054)	-0,286*** (0,026)	0,051 (0,050)
Constante	-0,095*** (0,025)	0,824*** (0,058)	-0,208*** (0,028)	-0,013 (0,048)
Observaciones	8.844	8.844	8.844	8.844
R-cuadrado	0,345	0,296	0,500	0,554
Dummies por industria	Sí	Sí	Sí	Sí
Test de endogeneidad (p-valor) ²	0,000	0,001	0,000	0,000
Test de instrumentos débiles ³	5.130,6>16,38	233,54>16,38	5.023,94>16,38	979,81>16,38

Notas

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE» por región y ratio «inversión/ventas». ***p<0,01, **p<0,05, *p<0,1.

¹ El único instrumento usado es (0/1) «apoyo público a la innovación».

² Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica el uso de variables instrumentales).

³ Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

En relación con el impacto de la innovación en proceso, el efecto de sustitución se va desvaneciendo a medida que la empresa crece (-0,346% para microempresa, -0,286% para pequeña empresa y +0,051% para la mediana y gran empresa, este último no significativo al 10%, mientras que los dos primeros significativos al 1%). Ello es consistente con la teoría de que una empresa de menor tamaño tiene mayor interés en innovar en procesos con el objetivo de buscar mayor eficiencia inmediata en su producción. A medida que va creciendo, su impacto en el producto marginal va disminuyendo debido a la convergencia en la saturación de su capacidad instalada. Dado cierto punto de crecimiento, la única forma de seguir creciendo es innovar en una fuente alterna de mejora productiva: la innovación en producto (Álvarez *et al.*, 2011; Crespi & Tacsir, 2012).

- **Rol de la capacidad tecnológica y calificación de la mano de obra**

La base de datos permite identificar la capacidad tecnológica de la empresa y la calificación de la mano de obra. Estos datos permiten ver si los efectos

de la innovación sobre el empleo difieren en estas características observables de las firmas.

Los efectos de la innovación sobre el empleo a medida que la empresa tiene alta tecnología son robustos en todos los casos (innovación en producto y proceso: 0,617% y -0,484%, respectivamente, para la empresa con baja tecnología; en contraste con +0,959% y -0,234% para la empresa altamente tecnológica). Una empresa con escasez de tecnología crea menor empleo si decide innovar en producto, y destruye más si decide innovar en proceso. Una empresa con alta capacidad tecnológica, teniendo en cuenta el hecho de que probablemente tenga un departamento de I+D, tendrá mayor probabilidad de innovar en producto y de innovar más veces; ello crea puestos de trabajo. Si decide innovar en proceso, probablemente ello no tendrá algún impacto contundente en la productividad de la empresa, pues debe tenerse en cuenta que la empresa ya es tecnológicamente competitiva. Es importante tomar en cuenta que, comúnmente, en las empresas de países emergentes, como el Perú, las innovaciones en procesos solo significan la importación de tecnología ya existente a nivel mundial; en estos países no se crea nueva tecnología que pueda brindarles ventajas comparativas con respecto al mercado mundial (Cirera *et al.*, 2015).

Tabla 7
Innovación en producto y proceso según capacidad tecnológica y calificación de la mano de obra

Columna	VI ¹				
	Todas	Baja tecnología	Alta tecnología	No calificado	Calificado
Variables					
Crec. ventas invv. producto nuevo	0,668*** (0,019)	0,617*** (0,019)	0,959*** (0,062)	0,677*** (0,018)	0,673*** (0,020)
Solo proceso	-0,452*** (0,027)	-0,484*** (0,030)	-0,234*** (0,047)	-0,446*** (0,027)	-0,186*** (0,031)
Constante	-0,095*** (0,025)	-0,069*** (0,026)	-0,087*** (0,073)	-0,099*** (0,025)	0,150*** (0,018)
Observaciones	8.844	7.484	1.360	8.782	6.537
R-cuadrado	0,345	0,375	0,156	0,347	0,343
Dummies por industria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Test de endogeneidad (p-valor) ²	0,000	0,0579	0,000	0,000	0,000
Test de instrumentos débiles ³	5.130,6>16,4	4.753,6>16,4	537,1>16,4	5.234,7>16,4	4.069,9>16,4

Notas

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE» por región y ratio «inversión/ventas». *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

¹ El único instrumento usado es (0/1) «apoyo público a la innovación».

² Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica el uso de variables instrumentales).

³ Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

Con respecto a la estructura de calificación de mano de obra, los resultados verifican las conclusiones de la tabla 6 y de la segunda y la tercera columna de la tabla 7. La innovación en producto crea puestos de trabajo, independientemente de la estructura de calidad de mano de obra que presente la empresa. Si una empresa pequeña (con abundante mano de obra no calificada) innova en producto, la demanda de mano de obra se impulsa, tanto la no calificada (0,677%), para la fabricación del producto innovador, como la calificada, (0,673%), para continuos mejoramientos del producto o creación de uno nuevo. En relación con la innovación en proceso, el impacto de una innovación en proceso desplaza mucha más mano de obra no calificada (-0,446%) que calificada (-0,186%); ello es consistente con los resultados de la tabla 7 y de la segunda y la tercera columna de la tabla 8.

Finalmente, se muestra en la tabla 8 un resumen para constatar los resultados señalados. Las conclusiones son consistentes: a medida que la empresa crece y se desarrolla, el impacto de la innovación en producto se incrementa y, en todos los casos, siempre crean nuevos puestos de empleo; mientras que la innovación en proceso va perdiendo efecto a medida que las empresas van creciendo y convergen a un estado de saturación de capital físico.

Tabla 8
Capacidad tecnológica y calificación de la mano de obra por tamaño de empresa

Columna	VI ¹														
	Todas			Baja tecnología			Alta tecnología			No calificado			Calificado		
Variables	Micro	Pequeña	Mediana-grande	Micro	Pequeña	Mediana-grande	Micro	Pequeña	Mediana-grande	Micro	Pequeña	Mediana-grande	Micro	Pequeña	Mediana-grande
(1)	0,67	0,24	0,85	1,12	-0,50	0,89	1,33	0,30	0,86	1,17	0,74	1,17	0,74	1,17	1,17
(2)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
	-0,45	-0,34	-0,31					-0,38	-0,28				No	No	No
	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No

Notas

Variable dependiente: $1 - (g_1 - \pi_1)$. Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen variables de control de número de «CITE» por región y ratio «inversión/ventas».

¹: Crecimiento de las ventas por producto nuevo.

²: Innovación solo en proceso.

«Sí» o «no» indican si el coeficiente obtenido es significativo al 1% o no.

5. Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio evalúa el impacto de la innovación en producto y en proceso sobre el crecimiento del empleo en la industria manufacturera peruana durante los años 2012-2014. Para ello, se usó la base de datos recogida por el INEI publicada en la Eniim (2015).

Se encontró que la innovación en producto impacta positivamente al crecimiento del empleo en un 0,67%, estadísticamente significativo al 1% y robusto a la inclusión de variables discretas por industria. Este resultado indica la prevalencia del efecto compensación (o complementariedad) respecto al de desplazamiento (o sustitución) para la innovación de producto con respecto al nivel de empleo. Además, el impacto es menor que la unidad, lo que supone un alto crecimiento de la productividad laboral asociada a la incorporación de productos nuevos en las empresas peruanas, similar a lo encontrado por Benavente y Lauterbach (2008) para el caso chileno.

Con respecto a la inclusión de la innovación en procesos, el impacto es del -0,45%, significativo al 1% y robusto a la inclusión de variables dicotómicas en la regresión. Este resultado señala la predominancia del efecto desplazamiento (o sustitución) sobre el de compensación (complementariedad) de la innovación en proceso sobre el nivel de empleo. El efecto de sustitución antes mencionado puede ejemplificarse en la situación clásica de incorporación de maquinaria o capital físico en reemplazo de mano de obra usualmente no calificada.

Por el efecto de interacción, se puede señalar que el incremento de la productividad de aquellas empresas que innovaron en proceso se debe principalmente a la incorporación de productos nuevos. Ello debido a que la interacción entre el crecimiento de las ventas por haber innovado en producto y proceso (coinnovación) es significativa al 1%, e impacta en un -0,14% y un -0,18% según la inclusión o no de variables discretas según industria.

Cuando se evalúan los efectos de la innovación en producto y proceso por diferentes niveles, como el tamaño de empresa, la capacidad tecnológica o la calificación de la mano de obra de una empresa, los resultados corroboran la consistencia. A medida que una empresa crece y se desarrolla, tiene mayor probabilidad e interés de innovar en producto, debido a una mayor inversión en I+D, lo cual contribuye a la creación de empleo. El efecto positivo por demanda de empleo cuando se innova en producto es indiferente al tamaño, la capacidad tecnológica o la estructura de calificación de mano de obra; sin embargo, el efecto se amplifica a medida que la empresa prospera. En relación con la innovación en proceso, a medida que una empresa eleva su capacidad competitiva, el efecto de la incorporación de maquinaria nueva

va perdiendo impacto; sin embargo, es necesario disminuir el brutal efecto de desplazamiento de empleo cuando una micro- o pequeña empresa decide innovar en proceso.

De lo descrito anteriormente, es importante que futuras investigaciones evalúen la consistencia de los resultados obtenidos en este estudio usando más información histórica (por ejemplo, a través de un panel de datos) e incorporando otros posibles instrumentos que puedan controlar la endogeneidad existente en el modelo, para así identificar los coeficientes de interés de la mejor manera posible. Sin embargo, de mantenerse la evidencia encontrada (es decir, que exista un efecto positivo de la innovación en producto con respecto al nivel de empleo, independientemente del tamaño de la empresa), es importante que las políticas públicas estén orientadas a incentivar que las empresas (sobre todo las micro- y pequeñas empresas) innoven más y aprovechen dicho efecto positivo no solo en su crecimiento potencial, sino también en que el mercado laboral no se vea afectado por el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, una herramienta vital para incrementar la innovación en otros países de América Latina son las orientadas al mayor acceso al crédito para I+D y las mejoras en las regulaciones tributarias y laborales (BID, 2010). Estas políticas deben ser implementadas de manera conjunta y sostenidas en el mediano y largo plazo para garantizar su efectividad.

Por último, respecto al efecto negativo de la innovación en proceso sobre el empleo, este requiere un mayor análisis que corrobore esta evidencia. Sin embargo, los primeros resultados encontrados en este estudio para el caso peruano indican que este tipo de innovación desplaza un alto nivel de capital humano no calificado, por lo que las políticas públicas se podrían enfocar en mejorar la calidad del capital de trabajo mediante la capacitación laboral y así reducir tal impacto desmesurado (Álvarez *et al.*, 2011). Al respecto, un instrumento útil es el entrenamiento en el trabajo u *on-the-job-training* (OJT por sus siglas en inglés), el cual consiste en que las propias empresas sean las que entrenen a sus trabajadores a través de incentivos gubernamentales, como la reducción en el pago de impuestos (González-Velosa, Rosas, & Flores, 2016).

Referencias

- Aboal, D., & Garda, P. (2016). Technological and non-technological innovation and productivity in services vis-à-vis manufacturing sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(5), 435-454.
- Álvarez, R., Benavente, J. M., Campusano, R., & Cuevas, C. (2011). *Employment generation, firm size, and innovation in Chile*. Inter-American Development Bank.
- Antonucci, T., & Pianta, M. (2002). Employment effects of product and process innovation in Europe. *International Review of Applied Economics*, 16(3), 295-307.
- Baum, C. F., Lööf, H., Nabavi, P., & Stephan, A. (2016). *A new approach to estimation of the R&D-innovation-productivity relationship*. Boston College Working Papers in Economics 876. Boston College, Department of Economics.
- Baumann, J., & Kritikos, A. (2016). The link between R&D, innovation and productivity: Are micro firms different? *Research Policy*, 45(6), 1263-1274.
- Benavente, J. M., & Lauterbach, R. (2008). Technological innovation and employment: Complements or substitutes? *The European Journal of Development Research*, 20(2), 318-329.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2010). *Cómo transformar las economías desde sus cimientos*. (Carmen Pagés, Ed.). Washington D. C.: BID y Palgrave.
- Bogliacino, F., Piva, M., & Vivarelli, M. (2011). *R&D and employment: Some evidence from European microdata*. IZA Discussion Paper 5908. Institute of Labor Economics (IZA).
- Bravo-Ortega, C., Benavente, J. M., & González, Á. (2014). Innovation, exports, and productivity: Learning and self-selection in Chile. *Emerging Markets Finance and Trade*, 50(sup 1), 68-95.
- Chennells, L., & Van Reenen, J. (1999). *Has technology hurt less skilled workers?: An econometric survey of the effects of technical change on the structure of pay and jobs*. Londres: Institute for Fiscal Studies.
- Cintio, M., Ghosh, S., & Grassi, E. (2017). Firm growth, R&D expenditures and exports: An empirical analysis of Italian SMEs. *Research Policy*, 46(4), 836-852.
- Cirera, X., Marin, A., & Markwald, R. (2015). Explaining export diversification through firm innovation decisions: The case of Brazil. *Research Policy*, 44(10), 1962-1973.
- Coad, A., & Rao, R. (2011). The firm-level employment effects of innovations in high-tech US manufacturing industries. *Journal of Evolutionary Economics*, 21(2), 255-283.
- Crépon, B., Duguet, E., & Mairesse, J. (1998). Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level. *Economics of Innovation and New Technology* 7(2), 115-158.
- Crespi, G., & Tacsir, E. (2012). *Effects of innovation on employment in Latin America*. Technical Note IDB-TN-496.
- Crespi, G., & Zúñiga, P. (2012). Innovation and productivity: Evidence from six Latin American countries. *World Development*, 40(2), 273-290.
- Crowley, F., & McCann, P. (2015). Innovation and productivity in Irish firms. *Spatial Economic Analysis*, 10(2), 181-204.
- Dachs, B., & Peters, B. (2014). Innovation, employment growth, and foreign ownership of firms: A European perspective. *Research Policy*, 43(1), 214-232.

- De Elejalde, R., Giuliadori, D., & Stucchi, R. (2015). Employment and innovation: Firm-level evidence from Argentina. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(1), 27-47.
- De Fuentes, C., Dutrenit, G., Santiago, F., & Gras, N. (2015). Determinants of innovation and productivity in the service sector in Mexico. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 578-592.
- Di Cintio, M., Ghosh, S., & Grassi, E. (2017). Firm growth, R&D expenditures and exports: An empirical analysis of Italian SMEs. *Research Policy*, 46(4), 836-852.
- Falk, M., & Seim, K. (2001a). Workers' skill level and information technology: A censored regression model. *International Journal of Manpower*, 22(1/2), 98-121.
- Falk, M., & Seim, K. (2001b). The impact of information technology on high-skilled labor in services: Evidence from firm-level panel data. *Economics of Innovation and New Technology*, 10(4), 289-323.
- Gallego, J. M., Gutiérrez, L. H., & Taborda, R. (2015). Innovation and productivity in the Colombian service and manufacturing industries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 51(3), 612-634.
- González-Velosa, C., Rosas, D., & Flores, R. (2016). On-the-job training in Latin America and the Caribbean: Recent evidence. En *Firm innovation and productivity in Latin America and the Caribbean* (pp. 137-166). Nueva York: Palgrave Macmillan.
- Greenhalgh, C., Longland, M., & Bosworth, D. (2001). Technological activity and employment in a panel of UK firms. *Scottish Journal of Political Economy*, 48(3), 260-282.
- Griffith, R., Huergo, E., Mairesse, J., & Peters, B. (2006). Innovation and productivity across four European countries. *Oxford Review of Economic Policy*, 22(4), 483-498.
- Griliches, Z. (1995). R&D and productivity: Econometric results and measurement issues. En P. Stoneman (Ed.), *Handbook of the economics of innovation and technological change* (pp. 52-89). Oxford, Reino Unido: Basil Blackwell.
- Hall, B. H., Lotti, F., & Mairesse, J. (2008). Employment, innovation, and productivity: Evidence from Italian microdata. *Industrial and Corporate Change*, 17(4), 813-839.
- Hall, R. E., & Jones, C. I. (1999). Why do some countries produce so much more output per worker than others? *The Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83-116.
- Hall, R., & Rosenberg, N. (2010). *Handbook of the economics in innovation*. Amsterdam: Elsevier.
- Harrison, R., Jaumandreu, J., Mairesse, J., & Peters, B. (2008). *Does innovation stimulate employment. A firm-level analysis comparable micro data from four European countries*. NBER Working Paper No 14216. Cambridge: National Bureau for Economic Research.
- Jaumandreu, J. (2003). *Does innovation spur employment? A firm-level analysis using Spanish CIS data*. *Universidad Carlos III de Madrid*, 17(4), 813-839.
- Kaiser, U. (2000). New technologies and the demand for heterogeneous labor: Firm-level evidence for the German business-related service sector. *Economics of Innovation and New Technology*, 9(5), 465-486.
- Kaiser, U. (2001). The impact of foreign competition and new technologies on the demand for heterogeneous labor. *Review of Industrial Organization*, 19(1), 109-120.

- Klette, J., & Førré, S. E. (1998). Innovation and job creation in a small open economy. Evidence from Norwegian manufacturing plants 1982-92. *Economics of Innovation and New Technology*, 5(2-4), 247-272.
- Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International Journal of Industrial Organization*, 29(2), 210-220.
- Loayza, N. (2008). Causas y consecuencias de la informalidad en el Perú. *Revista Estudios Económicos*, 15, 43-64.
- Lööf, H., Mairesse, J., & Mohnen, P. (2017). CDM 20 years after. *Economics of Innovation and New Technology*, 26(1-2), 1-5.
- Mastrostefano, V., & Pianta, M. (2009). Technology and jobs. *Economics of innovation and new technology*, 18(8), 729-741.
- Meriküll, J. (2010). The impact of innovation on employment: Firm- and industry-level evidence from a catching-up economy. *Eastern European Economics*, 48(2), 25-38.
- Nolazco, J. (2018). *Efectos entre innovación, productividad y actividad exportadora: un análisis de las empresas manufactureras peruanas*. Universidad de Lima, Instituto de Investigación Científica.
- Peters, B. (2004). *Employment effects of different innovation activities: Microeconomic evidence*. ZEW Discussion Papers 04-73. Mannheim: ZEW.
- Pianta, M. (2006). Innovation and employment. En J. Fagerberg, D. Mowerey & R. Nelson (Eds.), *Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press.
- Presbitero, A. F., & Rabellotti, R. (2016). Credit access in Latin American enterprises. En *Firm innovation and productivity in Latin America and the Caribbean* (pp. 245-283). Nueva York: Palgrave Macmillan.
- Vivarelli, M. (2011). *Innovation, employment and skills in advanced and developing countries. A survey of the literature*. Inter-American Development Bank.
- Wooldridge Jeffrey, M. (2006). *Introductory econometrics: A modern approach*. South-Western Cengage Learning. Michigan State University.
- Yasar, M., Nelson, C. H., & Rejesus, R. (2006). Productivity and exporting status of manufacturing firms: Evidence from quantile regressions. *Review of World Economics*, 142(4), 675-694.
- Yasar, M., Nelson, C. H., & Rejesus, R. (2006). Productivity and exporting status of manufacturing firms: Evidence from quantile regressions. *Review of World Economics*, 142(4), 675-694.

Anexo

Modelo sobre la relación entre innovación y empleo

El marco conceptual usado en este estudio corresponde al desarrollado inicialmente por Jaumandreu (2003) y extendido por Harrison *et al.* (2008). Este modelo permite formalizar la relación entre la innovación tecnológica (producto y/o proceso) y el empleo, destacando la existencia del efecto sustitución (también denominado desplazamiento) o complementariedad (o compensación) entre ambas variables. Este modelo es de dos períodos y considera que el producto (Y) se elabora mediante una función de producción con retornos constantes a escala, y que utiliza factores de producción tales como trabajo (L), capital (K) e insumos intermedios (M).

$$Y_{it} = \theta_{it} F(L_{it}, K_{it}, M_{it}) \quad (A1)$$

Se asume que una empresa, en los períodos $t = 1, 2$, toma la decisión de producir bienes antiguos o no significativamente mejorados ($i = 1$), o productos nuevos y significativamente mejorados ($i = 2$). Si bien una empresa puede producir diferentes tipos de producción en cada período (Y_{11} , Y_{12} , Y_{21} y Y_{22}), se considera que en el período inicial ($t = 1$) todos los productos de la empresa son antiguos debido a que no se ha incorporado al mercado algún producto innovador (Harrison *et al.*, 2008; Benavente & Lauterbach, 2008). Por lo tanto, el total de productos generados por la empresa en el período inicial será equivalente a Y_{11} ya que $Y_{21} = 0$. Para el $t = 2$, la producción de la empresa está compuesta por productos antiguos (Y_{12}) y nuevos (Y_{22}).

La variable θ_{it} representa la eficiencia o el capital de conocimiento o el incremento de la productividad marginal de los factores de producción convencionales debido a la incorporación de conocimiento (Jaumandreu, 2003; Peters, 2004). Debido a ello, dicha variable permite el desarrollo de los procesos productivos de manera más eficiente, y se incrementa proporcionalmente de acuerdo con la productividad marginal de cada factor de producción, lo que otorga una eficiencia particular a cada uno (Benavente & Lauterbach, 2008).

Es importante mencionar que la decisión de innovar se determina antes del período de decisión de contratar o despedir empleados. Esto debido a que, si se incorpora una innovación en producto que sea sustituto del anterior, dichos productos nuevos pueden reemplazar solo a los productos antiguos; y, si son complementarios, pueden incrementar la demanda de empleo a nivel de empresa (Benavente & Lauterbach, 2008). La función de costos (C) de la empresa está determinada por (A2):

$$C(w_{1t}, w_{2t}, Y_{1t}, Y_{2t}, \theta_{1t}, \theta_{2t}) = c(w_{1t}) \frac{Y_{1t}}{\theta_{1t}} + c(w_{2t}) \frac{Y_{2t}}{\theta_{2t}} + C_0 \quad (A2)$$

donde $c(w_{it})$ representa los costos marginales de cada producto i en el período t , y C_0 representa los costos fijos. Usando el lema de Sheppard en (A2), se obtiene:

$$L_{it} = c_{L(w_{it})} \frac{Y_{it}}{\theta_{it}} \quad (A3)$$

Además, $c_{L(w_{it})}$ corresponde a la derivada de la función de costo marginal con respecto al salario (w_{it}), la cual no cambia a lo largo del tiempo, o es igual tanto para los productos antiguos como para los nuevos: $c_{L(w_{1t})} = c_{L(w_{2t})} = c_{L(\widehat{w}_1)} = c_{L(\widehat{w}_2)}$. Este escenario puede darse cuando los precios relativos de ambos factores de producción son iguales (en este caso, el costo del trabajo es igual al costo de oportunidad del capital) tanto para ambos productos como para ambos períodos (Benavente & Lauterbach, 2008). El crecimiento del empleo entre los dos períodos se descompone en el cambio del empleo tanto en la producción de productos antiguos $((L_{12} - L_{11})/L_{11})$ como en la de productos nuevos (L_{22}/L_{21}) :

$$\frac{\Delta L}{L_{11}} = \frac{L_{12} + L_{22} - L_{11}}{L_{11}} = \frac{L_{12} - L_{11}}{L_{11}} + \frac{L_{22}}{L_{11}} \simeq \ln \frac{L_{12}}{L_{11}} + \frac{L_{22}}{L_{11}} \quad (A4)$$

Al incorporar la expresión (A3) en (A4), la descomposición del empleo resulta:

$$\frac{\Delta L}{L} \cong -(\ln \theta_{12} - \ln \theta_{11}) + (\ln Y_{12} - \ln Y_{11}) + \frac{\theta_{11} Y_{22}}{\theta_{22} Y_{11}} \quad (A5)$$

La expresión (A5) indica que el crecimiento del empleo se explica por: (i) el cambio en la eficiencia del proceso productivo de los productos antiguos $(-\ln \theta_{12} + \ln \theta_{11})$, (ii) la tasa de crecimiento de producción de productos antiguos²³ $(\ln Y_{12} - \ln Y_{11})$ y (iii) la expansión de la producción atribuible a la demanda por productos nuevos (Y_{22}/Y_{11}) .

Se espera que el incremento en la eficiencia de producción de los productos antiguos de un período a otro $(\ln \theta_{12} - \ln \theta_{11})$ sea mayor en aquellas empresas que introduzcan innovación en proceso (por ejemplo, capital físico de mayor tecnología) para producirlos, incluso si se espera que la eficiencia

23 Parcialmente determinado por la incorporación de un producto nuevo. El signo sería negativo en caso los productos antiguos y nuevos sean sustitutos, y positivo, de ser complementarios.

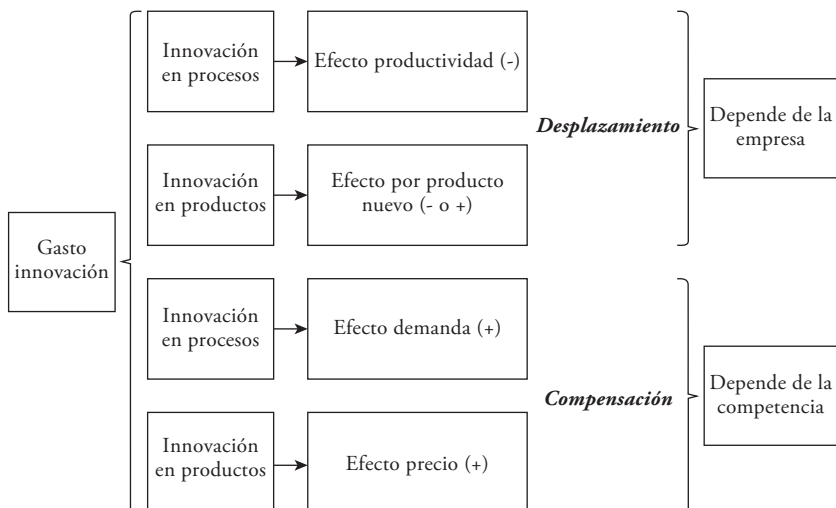
de la empresa crezca por otros factores importantes, tales como los efectos de aprendizaje y capacitación (Harrison *et al.*, 2008).

La relación entre el crecimiento del empleo y la innovación en producto se ve reflejada en la proporción (θ_{11}/θ_{22}) de eficiencia relativa entre la producción de productos antiguos y nuevos. Por ello, si los productos nuevos están siendo producidos más eficientemente que los productos antiguos, dicha proporción debería ser menor que la unidad y el empleo no crecería en la proporción uno a uno con el crecimiento de la producción por producto nuevo (Harrison *et al.*, 2008; Benavente & Lauterbach, 2008). El efecto de la innovación en producto y procesos sobre el empleo se captura en (A5), y para distinguir los diferentes impactos que se generan, se considera el siguiente diagrama (figura 1).

Según Crespi y Tacsir (2012), la innovación en proceso ocurre cuando existen altos costos en la producción, lo que genera la necesidad de incorporar maquinaria tecnológicamente nueva y reducir la mano de obra a fin de mejorar la eficiencia productiva de la empresa (efecto desplazamiento negativo). Sin embargo, posteriormente a la reducción de los costos marginales, como consecuencia del aumento en la eficiencia productiva, puede verse reflejada una disminución en los precios de los productos y/o servicios ofrecidos al mercado, lo que origina un aumento de la demanda y, en consecuencia, un mayor requerimiento de nueva fuerza laboral (efecto compensación positiva).

Sobre la innovación en producto, los autores sugieren que esta puede desplazar trabajo siempre y cuando el nuevo producto sea reemplazo del anterior (bienes sustitutos). En caso contrario, cuando ambos bienes (el nuevo y antiguo) se complementan, ocasiona un incremento del empleo. Con respecto al efecto de compensación positivo sobre el empleo, este se da por el aumento de la demanda por haber introducido un producto nuevo, independientemente de su relación con el producto antiguo.

Figura 1
Efectos de la innovación en el empleo



Fuentes: Harrison *et al.* (2008); Crespi y Tacsir (2012).

