

Efectos de la innovación tecnológica sobre el empleo formal en Perú

Humberto Salas¹

José Luis Nolazco²

Universidad de Lima

02 de agosto de 2018

¹Universidad de Lima (E-mail: 20123084@aloe.ulima.edu.pe)

²Universidad de Lima (E-mail: jnolazco@ulima.edu.pe)

Motivación

- La literatura internacional constata que las actividades en investigación y desarrollo (I+D) son uno de los principales determinantes de la productividad total de factores (PTF) (Griliches, 1995; Hall y Jones, 1999; Álvarez y otros, 2011).
- La importancia de analizar la relación entre innovación y empleo subyace por la creación o destrucción de puestos de trabajo cuando las empresas innovan (Sterlacchini, 1999; Hölzl, 2009; Forsman, 2011; Romero y Martínez-Román, 2012).
- El objetivo de esta investigación es contribuir a una mejor comprensión de la relación que existe entre la innovación y el empleo a partir de la experiencia peruana.

Efectos de desplazamiento y compensación

Cuadro 1: Efectos de la innovación en el empleo

Tipo de innovación	Desplazamiento	Compensación
Innovación en proceso	Efecto por aumento de productividad (-)	Efecto precio (+)
Innovación en producto	Diferencias en productividad por nuevo producto (- o +)	Efecto de ampliación por demanda (+)

Fuente: Crespi y Tacsir (2012) y adaptado de Harrison y otros (2008).

En estudios previos y aportes³

- **Jaumandreu (2003)** evalúa los impactos de la innovación en producto y proceso al nivel de empleo.
- **Harrison y otros (2005)** desarrolla un modelo teórico que muestra la relación entre las ventas derivadas por innovación en producto con aquellas empresas que innovaron tanto en producto como en proceso y el impacto que sostiene esta relación hacia el nivel de empleo.
- **Benavente y Lauterbach (2008)** añade la inversión en capital físico sobre ventas totales al modelo de Harrison y otros (2005), pues lo consideran de relevancia para el modelo.
- **Crespi y otros (2012)** añade la descomposición del crecimiento del empleo al modelo de Harrison y otros (2005).
- El presente trabajo recoge todos los aportes al modelo de Harrison y otros (2005) y construye un modelo conjunto, con el objetivo de aplicarlo a la economía peruana.

³En todos los modelos mencionados se utilizaron estimaciones por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Mínimos Cuadrados de Dos Etapas (MC2E) aplicando Variables Instrumentales (VI).

Modelo teórico

- Se considera una función de producción Y con retornos constantes a escala, explicada por los factores de producción como trabajo (L), capital (K) e insumos (M). Además, θ_{it} representa la productividad marginal de los factores de producción.

$$Y_{it} = \theta_{it} F(L_{it}, K_{it}, M_{it}) \quad (1)$$

donde una empresa en los periodos $t=1,2$ toma la decisión de producir bienes antiguos o no mejorados significativamente ($i=1$), o productos nuevos o mejorados significativamente ($i=2$).

- Se puede expresar la función de costos de acuerdo al Lema de Sheppard:

$$L_{it} = c_L(w_{it}) \frac{Y_{it}}{\theta_{it}} \quad (2)$$

- Usando (2), y asumiendo el costo marginal con respecto al salario constante (c_L), se puede expresar al empleo en $t=1$ como $L_1 = c_L \frac{Y_1}{\theta_1}$, al empleo en $t=2$ destinado a productos antiguos como $\Delta L_1 = c_L \frac{Y_1 + \Delta Y_1}{\theta_1 + \Delta \theta_1}$ y el empleo en $t=2$ destinado a productos nuevos como $L_2 = c_L \frac{Y_2}{\theta_2}$.

Modelo econométrico

- Por lo tanto, se puede descomponer el crecimiento del empleo como:

$$\frac{\Delta L}{L_1} = \frac{\Delta L_1 + L_2}{L_1} \simeq -\frac{\Delta\theta_1}{\theta_1} + \frac{\Delta Y_1}{Y_1} + \frac{\theta_1}{\theta_2} \frac{Y_2}{Y_1} \quad (3)$$

- La expresión (3) se puede reescribir de la siguiente manera:

$$l_i = \alpha_0 + \alpha_1 d_i + \gamma_1 + \beta_i y_2 + u_i \quad (4)$$

donde u es el termino de error ($E(u|d; y_1, y_2) = 0$).

- Si tanto g_1 como g_2 son las ventas nominales de productos antiguos y nuevos respectivamente y π es la tasa de inflación, entonces se puede señalar que: $g_1 = y_1 + \pi$ y $g_2 = y_2(1 + \pi) = y_2 + \pi y_2$.
- Reemplazando las ecuaciones de g_1 y g_2 en (4) y reordenando se tiene:

$$l - (g_1 - \pi) = \alpha_0 + \alpha_1 d + \beta g_2 + v \quad (5)$$

donde el nuevo termino de error no observado es: $v = -\pi - \beta\pi y_2 + u$.

- Se realizarán Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y Mínimos Cuadrados de Dos Etapas (MC2E) con Variables Instrumentales (VI) para corregir el problema de endogeneidad.

Datos

Cuadro 2: Características básicas

Características/Estudios	A ^{2/}	B ^{3/}	C ^{4/}			
	Perú	Chile	Francia	Alemania	España	UK
Nº de empresas	8844	514	4631	1319	4548	2533
No innovadores	50.1	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	34.1	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	10.0
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 y otros (2005), usando la Tercera Encuesta de Innovación en la Comunidad (CIS3). Período: 1998-2000.

Datos

Cuadro 3: Características básicas por tamaño de empresa

Características/Tamaño de empresa	Micro empresa ^{2/}	Pequeña empresa ^{3/}	Mediana y Gran empresa ^{4/}
Nº de empresas (%)	20.57	64.61	14.77
No innovadores	66.92	46.72	41.09
Solo proceso	2.14	5.13	10.41
Innovadoras en producto ¹	30.93	48.15	48.51
Crecimiento del empleo (%)			
Todas las empresas	10.24	3.9	8.33
No innovadoras	3.72	1.33	4.08
Solo proceso	0	4.3	5.39
Innovadoras en producto ¹	25.03	6.37	12.56
Crecimiento de las ventas nominales (%)			
Todas las empresas	-46.88	11.16	13.96
No innovadoras	-68.73	0	17.62
Solo proceso	0	24.12	9.33
Innovadoras en producto ¹	-2.86	20.62	11.85
Crecimiento de la productividad (%)			
Todas las empresas	-57.12	7.25	5.62
No innovadoras	-72.45	-1.35	13.53
Solo proceso	0	19.79	3.94
Innovadoras en producto ¹	-27.90	14.26	-0.01

Notas: ¹Innovadoras solo en producto + innovadoras en producto y proceso.

^{2/} Se considera micro empresa si sus ingresos por ventas son menores a 150 UIT's.

^{3/} Se considera pequeña empresa si sus ingresos por ventas son como mínimo 150 UIT's pero menores a 1700 UIT's

^{4/} Se considera mediana o gran empresa si sus ingresos por ventas son como mínimo 1700 UIT's. Una UIT corresponde a la cantidad de S/.3,800 (2014).

Procedimiento

- Paso 1: Regresión preliminar
- Paso 2: Innovación en producto
- Paso 3: Innovación en producto y proceso
- Paso 4: Interacción entre producto y proceso
- Paso 5: Análisis de robustez

Paso 1: Regresión preliminar

Cuadro 4: MCO preliminar

Variable dependiente: crecimiento del empleo (l)

Variables	Coefficiente	Coefficiente
Crecimiento de ventas ($g - \pi$)	0.097*** (0.009)	0.109*** (0.009)
Solo proceso	-0.023 (0.019)	-0.056*** (0.021)
Innovación en producto	0.041*** (0.009)	0.046*** (0.009)
Constante	0.008 (0.010)	-0.072*** (0.014)
Observaciones	8,844	8,844
R-Cuadrado	0.039	0.084
Dummies por industria	No	Si

Notas: Los errores estándar se encuentran en paréntesis y son robustos a heterocedasticidad. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

Paso 2: Innovación en producto

Cuadro 5: Efecto de innovación en producto hacia el empleo

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	A		B		C	
Variables	MCO	MCO	VI ¹	VI ¹	VI ²	VI ³
Crec. ventas inv. producto nuevo	0.61***	0.62***	0.57***	0.59***	0.57***	0.59***
	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
Constante	0.14***	-0.08***	0.15***	-0.07***	0.15***	-0.07***
	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)
Observaciones	8,844	8,844	8,844	8,844	8,844	8,844
R-Cuadrado	0.278	0.328	0.277	0.328	0.277	0.328
Dummies por industria	No	Si	No	Si	No	Si
Test de endogeneidad (p-value) ⁴			0.02	0.13	0.01	0.06
Test de instrumentos débiles ⁵			3715.7 > 16.4	3990.0 > 16.4	2090.8 > 19.9	1565.4 > 13.9
Test de sobre-identificación (p-value) ⁶					0.86	0.19

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

²Instrumentos usados son "apoyo público a la innovación" y (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao".

³Instrumentos usados son: "apoyo público a la innovación", (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao" y (0/1) "si tiene patente que asegure su condición de apropiabilidad de una innovación".

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

⁵Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁶Los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

Paso 3: Innovación en producto y proceso

Cuadro 6: Efecto de innovación en producto y proceso hacia el empleo

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	A		B		C	
Variables	MCO	MCO	VI ¹	VI ¹	VI ²	VI ³
Crec. ventas inv. producto nuevo	0.59***	0.59***	0.63***	0.67***	0.63***	0.67***
	(0.01)	(0.01)	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.02)
Solo proceso	-0.40***	-0.49***	-0.38***	-0.46***	-0.38***	-0.45***
	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)
Constante	0.16***	-0.07***	0.14***	-0.10***	0.14***	-0.09***
	(0.02)	(0.02)	(0.02)	(0.03)	(0.02)	(0.03)
Observaciones	8,844	8,844	8,844	8,844	8,844	8,844
R-Cuadrado	0.293	0.349	0.292	0.345	0.292	0.346
Dummies por industria	No	Si	No	Si	No	Si
Test de endogeneidad (p-value) ⁴			0.00	0.00	0.00	0.00
Test de instrumentos débiles ⁵			4619.7 > 16.4	5130.6 > 16.4	3016.5 > 19.9	2275.1 > 13.9
Test de sobre-identificación (p-value) ⁶					0.50	0.54

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

²Instrumentos usados son "apoyo público a la innovación" y (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao".

³Instrumentos usados son: "apoyo público a la innovación", (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao" y (0/1) "si tiene patente que asegure su condición de apropiabilidad de una innovación".

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

⁵Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁶Los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

Paso 4: Interacción

Cuadro 7: Interacción entre innovación en producto y proceso

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	A		B	
	VI ¹	VI ¹	VI ²	VI ³
Crec. ventas invv. producto nuevo	0.66*** (0.02)	0.71*** (0.02)	0.74*** (0.05)	0.81*** (0.05)
Solo proceso	-0.38*** (0.02)	-0.45*** (0.03)	-0.37*** (0.02)	-0.44*** (0.03)
Proceso y producto	-0.02 (0.01)	-0.04*** (0.02)		
Crec. ventas invv.producto * invv. prod. y proc⁴			-0.14*** (0.05)	-0.19*** (0.05)
Constante	0.14*** (0.02)	-0.09*** (0.03)	0.14*** (0.02)	-0.09*** (0.03)
Observaciones	8,844	8,844	8,844	8,844
R-Cuadrado	0.290	0.342	0.287	0.338
Dummies por industria	No	Si	No	Si
Test de endogeneidad (p-value) ⁵	0.00	0.00	0.00	0.00
Test de instrumentos débiles ⁶	1542.86 > 19.93	1092.634 > 13.91	408.75 > 19.93	369.382 > 13.91
Test de sobre-identificación (p-value) ⁷	0.682	0.2712	0.7739	0.0515

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

²Instrumentos usados son "apoyo público a la innovación" y (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao".

³Instrumentos usados son: "apoyo público a la innovación", (0/1) "si se encuentra en Lima o Callao" y (0/1) "si tiene patente que asegure su condición de apropiabilidad de una innovación".

⁴Covarianza entre los parámetros "crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo" y 11 crecimiento de ventas por innovación en producto nuevo * innovación en producto y proceso" es 0.23.

⁵Hipótesis nula: la variable independiente es exógena (no se justifica uso de variables instrumentales).

⁶Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

⁷Los instrumentos son válidos (cumplen ortogonalidad).

Paso 5: Análisis de robustez

Cuadro 8: Innovación en producto y proceso según tamaño de empresa
Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	VI ¹			
	Todas	Micro	Pequeña	Mediana-Grande
Crecimiento ventas inv. producto nuevo	0.67*** (0.02)	0.33*** (0.06)	0.95*** (0.02)	1.17*** (0.04)
Solo proceso	-0.45*** (0.03)	-0.35*** (0.05)	-0.29*** (0.03)	0.05 (0.05)
Inversión/ventas	0.23*** (0.04)	0.22*** (0.09)	-0.12*** (0.04)	0.08 (0.08)
Constante	-0.09*** (0.03)	0.82*** (0.06)	-0.21*** (0.03)	-0.01 (0.05)
Observaciones	8,844	1,820	5,717	1,307
R-Cuadrado	0.345	0.296	0.500	0.554
Dummies por industria	Si	Si	Si	Si
Test de endogeneidad (p-value) ²	0.00	0.00	0.00	0.00
Test de instrumentos débiles ³	5130.6 > 16.4	233.5 > 16.4	5023.9 > 16.4	979.8 > 16.4

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

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

³Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

Paso 5: Análisis de robustez

Cuadro 9: Innovación en producto y proceso según capacidad tecnológica y calificación del capital humano

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	VI ¹				
	Todas	Baja tecnología	Alta tecnología	No calificado	Calificado
Variables					
Crec. ventas inv. producto nuevo	0.67*** (0.02)	0.62*** (0.02)	0.96*** (0.06)	0.68*** (0.02)	0.67*** (0.02)
Solo proceso	-0.45*** (0.03)	-0.48*** (0.03)	-0.23*** (0.05)	-0.45*** (0.03)	-0.19*** (0.03)
Inversión/ventas	0.23*** (0.04)	0.22*** (0.04)	0.39*** (0.09)	0.23*** (0.04)	0.23*** (0.04)
Constante	-0.10*** (0.03)	-0.07*** (0.03)	-0.09*** (0.08)	-0.10*** (0.03)	0.15*** (0.02)
Observaciones	8,844	7,484	1,360	8,792	6,537
R-Cuadrado	0.35	0.38	0.16	0.35	0.34
Dummies por industria	Si	Si	Si	Si	Si
Test de endogeneidad (p-value) ²	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
Test de instrumentos débiles ³	5130.6 > 16.4	4753.6 > 16.4	537.1 > 16.4	5234.7 > 16.4	4069.9 > 16.4

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1.

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

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

³Hipótesis nula: los instrumentos son débiles.

Tabla resumen

Cuadro 10: Capacidad tecnológica por tamaño de empresa

Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	VI ¹						
Variables	Todas	Baja tecnología			Alta tecnología		
		Micro	Pequeña	Med-Grande	Micro	Pequeña	Med-Grande
(1)	0.67 SI	(+) SI	(+) SI	(+) SI	(-) SI	(+) SI	(+) SI
(2)	-0.45 SI	(-) SI	(-) SI	NO	NO	NO	NO

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

(1): Crecimiento de las ventas por producto nuevo

(2): Innovación en solo proceso

SI/NO: Significativo al 0.01 nivel de significancia / No significativo

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

Tabla resumen

Cuadro 11: Calificación del capital humano por tamaño de empresa
Variable dependiente: $l - (g_1 - \pi_1)$

Columna	VI ¹						
Variables	Todas	No Calificado			Calificado		
		Micro	Pequeña	Med-Grande	Micro	Pequeña	Med-Grande
(1)	0.67 SI	(+) SI	(+) SI	(+) SI	(+) SI	(+) SI	(+) SI
(2)	-0.45 NO	(-) SI	(-) SI	NO	NO	NO	NO

Notas: Los errores estándar son robustos a heterocedasticidad y se encuentran en paréntesis. Todas las regresiones incluyen dummies de control tales como número de CITES por región y el ratio de inversión/ventas.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.

(1): Crecimiento de las ventas por producto nuevo

(2): Innovación en solo proceso

SI/NO: Significativo al 0.01 nivel de significancia / No significativo

¹Único instrumento usado es (0/1) "apoyo público a la innovación".

Conclusiones y limitaciones

- Se halla un impacto de **+0.67 %** al 0.01 nivel de significancia de la innovación en producto al crecimiento del empleo: predomina el efecto de complementariedad. Este resultado es consistente a lo hallado en Jaumandreu (2003), Peters (2004), Harrison y otros (2005), Benavente y Lauterbach (2008), Crespi y Tacsir (2012) y De Elejalde (2015).
- Se encuentra un efecto significativo al 1 % de **-0.45 %** de la innovación en proceso en relación al crecimiento del empleo: prevalece el efecto de sustitución. Este resultado es consistente a lo hallado en Peters (2004) y Harrison y otros (2005).
- Por el efecto de interacción, se puede señalar que las empresas innovan en proceso para mejorar la eficiencia con la que se fabrican los productos nuevos.

Conclusiones y limitaciones

- Es importante mencionar la necesidad de incorporar al modelo teórico el sector externo. Dada la existencia de los mecanismo de transmisión entre innovación, exportaciones y PTF (Bravo-Ortega y otros, 2014; Cintio y otros, 2017).
- Asimismo, amerita señalar la importancia de implementar en el modelo la informalidad, pues se estima que, en el 2017, cerca del 72.5 % del total de empresas son informales (INEI, 2018).

Recomendaciones políticas

- Las políticas públicas deberían enfocarse en cómo lograr que las empresas más pequeñas innoven en producto y aprovechen el efecto positivo en su crecimiento potencial (Álvarez y otros, 2011).
 - Crédito para I+D; mejoras en las regulaciones tributarias y laborales (BID, 2010).
- En relación a la innovación en proceso, las políticas públicas se podrían enfocar en mejorar la calidad del capital de trabajo mediante la capacitación laboral (Álvarez y otros, 2011).
 - On the Job Training (OJT) (González-Velosa, Rosas y Flores, 2016).

Introducción
○○

Revisión de literatura
○

Modelo teórico
○

Modelo econométrico
○

Datos
○○

Resultados
ooooooooo

Conclusiones
○○●

¡Gracias, comentarios bienvenidos!