



Productividad sectorial en el Perú: Un análisis a nivel de firmas

NIKITA CÉSPEDES, MARÍA E. AQUIJE, ALAN SÁNCHEZ Y RAFAEL VERA-TUDELA *

En este documento se estima la función de producción al nivel de firmas de la economía peruana, lo que permite caracterizar la productividad de la firma vía su productividad total de factores y su productividad laboral. Los datos corresponden a todas las empresas formales que reportaron datos entre 2002 y 2011. Esta información permite corregir los tradicionales problemas de endogeneidad de regresores y selección de la muestra, aspectos presentes en los estudios vigentes que estiman los parámetros de la función de producción en el Perú. Se encuentra que la participación del factor capital en el ingreso es alrededor de 0.64, un parámetro heterogéneo según los principales sectores económicos. La productividad es mayor en los sectores secundarios y terciarios, en empresas grandes y en Lima Metropolitana.

Palabras Clave : Función de producción, productividad.

Clasificación JEL : C23, E23, 047.

La función de producción identifica la capacidad que tiene una economía de transformar insumos y/o factores en producto final. La función de producción de mayor uso en la literatura es la función Cobb-Douglas, que incluye los factores de producción (capital y trabajo), la productividad total de factores y un parámetro que representa a la participación del factor trabajo en el ingreso total. El objetivo del presente estudio es doble: en primer lugar, estimar los parámetros de la función de producción Cobb-Douglas a nivel de sectores económicos para la economía peruana; en segundo lugar, caracterizar la productividad a nivel de empresas y por sectores económicos considerando dos indicadores de amplio uso en la literatura como son la productividad total de factores y la productividad laboral. Estos objetivos complementan el conocimiento actual sobre la productividad y la función de producción en el Perú.

La función de producción Cobb-Douglas para el Perú ha sido estimada por diversos estudios que se muestran en el Cuadro 1 (p. 10), los cuales sugieren que la participación del factor capital se encuentra

* Céspedes: Sub Gerencia de Investigación Económica, Banco Central de Reserva del Perú, Jr. Antonio Miró Quesada 441, Lima 1, Perú. Teléfono: (+511) 613-2000 (email: nikita.cespedes@bcrp.gob.pe). Sánchez: Sub Gerencia de Investigación Económica, BCRP (email: alan.sanchez@bcrp.gob.pe). Vera-Tudela: Departamento de Política del Sector Real, BCRP (email: rafael.veratudela@bcrp.gob.pe). Aquije: Gerencia de Estudios Económicos, SUNAT (email: maquije@sunat.gob.pe).

Los autores agradecen a Nelson Ramírez, Juan Manuel García y Renzo Castellares por los comentarios y discusiones que enriquecieron este trabajo. Del mismo modo, Fabiola Alba, Daggiana Tocon, Luis La Rosa, Margoth Rivera y Reagan Orozco colaboraron en distintas etapas de la elaboración de este estudio. El estudio recoge valiosos comentarios de los participantes del Seminario de Investigación del Banco Central de Reserva del Perú. Los posibles errores son de exclusiva responsabilidad de los autores.

CUADRO 1. Estimados de la participación del capital en el producto

Estudio	Valor	Estudio	Valor
Bernanke y Gurkaynak (2002)	[0.41; 0.49]	Seminario y Beltrán (1998)	0.51
Carranza y otros (2005)	0.44 y 0.33	Valderrama y otros (2001)	0.64
Cabredo y Valdivia (1999)	0.40	Vega-Centeno (1989)	0.55
Elias (1992)	0.66	Vega-Centeno (1997)	0.65
Miller (2003)	0.51		

en el intervalo comprendido entre 0.40 y 0.65. Los estudios mencionados utilizan, en su mayoría, datos agregados y podrían incorporar sesgos en los parámetros estimados que la metodología de estimación no logra aislar. La técnica de estimación se restringe a mínimos cuadrados ordinarios en la mayoría de casos.¹

En el presente documento se estima la función de producción para la economía peruana a nivel de sectores económicos utilizando datos de empresas formales para el periodo de 2002 a 2011. La información utilizada permite corregir los problemas econométricos usuales en los estudios que utilizan datos agregados como son la endogeneidad de los factores y la selección en la muestra que potencialmente pueden generar estimadores sesgados. El principal problema empírico (endogeneidad) radica en la existencia de determinantes no observables de la producción que pueden estar correlacionados con los niveles de capital y trabajo escogidos por la firma. Con el fin de superar este problema, se aplican dos metodologías. Primero, la función de producción se estima por el método de Arellano y Bond (1991) utilizando la muestra panel completa, procedimiento que permite lidiar con componentes no observables tanto fijos en el tiempo como variables, y segundo, se implementa la estimación por el método sugerido por Olley y Pakes (1996), procedimiento que permite controlar el potencial sesgo que podría generarse por la rotación y/o salida de empresas de la muestra (sesgo de selección).²

Se estiman dos indicadores de productividad a nivel de empresas: la productividad total de factores, que se calcula como el residuo de Solow, a partir de los estimados de la función de producción a nivel de sectores económicos, y el producto por trabajador. La caracterización de estos dos indicadores, según los elementos observables de las empresas, dan información útil aún no documentada para el universo de empresas formales del Perú.³

Se encuentra que la participación del factor capital en el producto es aproximadamente 0.64, valor estimado luego de realizar las correcciones sugeridas. Los resultados sugieren que este parámetro es sensible a la metodología de estimación y que muestra una considerable heterogeneidad entre los diversos sectores económicos, dependiendo del grado de intensidad del uso de los factores en cada uno de ellos. Destaca, además, que este parámetro ha mostrado una tendencia decreciente, ya que a final de la década del 2000 la participación del factor trabajo es menor que la participación a inicios de ésta. Respecto a la productividad, este indicador ha mostrado una tendencia creciente entre el 2002 y 2011; asimismo, en promedio, es mayor en los sectores minería y electricidad, en empresas grandes y en Lima Metropolitana.

¹ La excepción es Tello (2012) y Göbel y otros (2013). Tello (2012) estima la función de producción en el sector manufactura por el método de Olley y Pakes, mientras Göbel y otros (2013) estudian la productividad en el sector informal.

² La función de producción Cobb-Douglas y la estimación de la productividad total de factores a la Solow tiene limitaciones documentadas por la literatura. Los resultados de este estudio, en este sentido, podrían estar sesgados si se consideran supuestos menos restrictivos en torno a la función de producción. Entre las limitaciones que la literatura enfatiza se tiene: (i) La función de producción Cobb-Douglas tiene una elasticidad de sustitución de los factores de producción constante e igual a 1; (ii) la participación del capital y del trabajo en el producto no cambia, tanto entre individuos y/o empresas como a través del tiempo; y (iii) se asume, usualmente, retornos constantes a escala.

³ Para una caracterización de la productividad en empresas pequeñas desde la perspectiva de la informalidad en el Perú ver Göbel y otros (2013), quienes utilizan datos de encuestas de hogares.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. La sección 1 presenta la metodología utilizada para la estimación de la función de producción y de la productividad. La sección 2 presenta estadísticas descriptivas de los datos utilizados para las estimaciones. La sección 3 presenta estimaciones de los parámetros de la función de producción y caracteriza la productividad según características observables de la firmas. La sección 4 resume los resultados del estudio.

1 METODOLOGÍA

El modelo es la función de producción tipo Cobb-Douglas con dos factores de producción. La forma funcional en su versión log-lineal es

$$y_{it} = a_{it} + \alpha_k k_{it} + \alpha_l l_{it} + \epsilon_{it}, \quad (1)$$

donde k_{it} y l_{it} son el logaritmo de los factores de capital y trabajo utilizados por la firma i en el año t ; α_k y α_l son las elasticidades de los factores capital y trabajo, respectivamente; y_{it} es el producto de la firma i en el año t ; a_{it} es la productividad total de factores (en adelante PTF) de la firma en el mismo año; y ϵ_{it} representa al error de medición. Como es usual, se asume que a_{it} no es observable para el econometrista. Una extensa literatura se ha desarrollado alrededor de la estimación de funciones de producción utilizando datos a nivel de firmas donde se enfatizan a las condiciones de identificación y/o métodos de estimación de las elasticidades de los factores. Ver [Griliches y Mairesse \(1995\)](#) para una revisión histórica.

Si la ecuación (1) es la verdadera función de producción, los estimadores por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de α_k y α_l son consistentes solo si se satisfacen ciertos supuestos. Si la firma observa primero a_{it} y escoge los valores óptimos de k_{it} y l_{it} sujeto a este valor observado (por ejemplo, ante un choque de productividad positivo la firma puede escoger invertir más en insumos), los estimados de α_k y α_l por MCO serán inconsistentes, debido a un clásico problema de variable omitida. Como señalan [Bond y Soderbom \(2005\)](#), si k_{it} y l_{it} son difíciles de modificar en el corto plazo (por ejemplo, por existencia de costos de ajuste) el problema de identificación se vuelve menos agudo. También se podría asumir que el proceso de maximización de la firma toma lugar ex-ante, antes de que a_{it} sea observado, lo cual también resuelve el problema. Aún si ese fuese el caso, el problema remanente es que la PTF puede estar determinada en gran medida por factores que varían poco en el tiempo. Por ejemplo, a_{it} podría modelarse de la siguiente manera: $a_{it} = a_i + s_{it}$, donde s_{it} son choques de productividad y a_i es un componente de la productividad de la firma, fijo en el tiempo.

Diferentes estrategias han sido propuestas en la literatura para obtener estimados consistentes de α_k y α_l . Una alternativa es utilizar una estrategia de variables instrumentales utilizando el precio de los insumos k_{it} (capital) y l_{it} (trabajo) como instrumentos para k_{it} y l_{it} , respectivamente ([Mundlak, 1961](#)). Otra alternativa es implementar una estimación de efectos fijos a nivel de la firma, la cual permite controlar por el componente de la productividad que es fijo en el tiempo, así como por otros posibles insumos no observables que sean fijos en el tiempo. Asimismo, métodos de panel dinámico ([Blundell y Bond, 1998](#)) y procedimientos estructurales ([Olley y Pakes, 1996](#); [Levinsohn y Petrin, 2003](#)) han sido propuestos.

Para el presente análisis se optó por utilizar cuatro métodos. Los diversos métodos de estimación permiten evaluar la sensibilidad de los estimadores a los supuestos de estimación. En primer lugar, una estimación referencial con mínimos cuadrados ordinarios. En segundo lugar, estimaciones con efectos fijos a nivel de la firma. En tercer lugar, estimaciones en primera diferencia donde se utiliza los factores de capital y trabajo observados en $t - k$ ($k = 1, 2, 3, \dots, 9$) como variables instrumentales de los factores de capital y trabajo observados en el momento t (el método de Arellano-Bond). Tanto el segundo como el tercer método permiten obtener estimaciones consistentes de los parámetros de interés en los casos en que

la PTF es constante en el tiempo. El tercer método es consistente incluso en el caso en que la PTF tiene un componente que varía en el tiempo y que está correlacionado de manera contemporánea con los insumos. Finalmente, se implementa la corrección de [Olley y Pakes](#) (OP, en adelante) que permite controlar por sesgo de selección que podría generarse si las empresas que salen de la muestra tienen sistemáticamente menor productividad que las empresas sobrevivientes. La corrección de OP permite, además, estimar los parámetros consistentemente al controlar por el tradicional problema de simultaneidad entre el producto e insumos variables y por la existencia de heterogeneidad no observable en la productividad que esté correlacionada con los errores estructurales en la función de producción.

La estimación de la ecuación (1) se realiza a nivel de sectores económicos. En este caso, la ecuación se modifica para incorporar el índice j que identifica al sector económico:

$$y_{ijt} = a_{ijt} + \alpha_{k,j}k_{ijt} + \alpha_{l,j}l_{ijt} + \epsilon_{ijt}, \quad (2)$$

donde los sectores j son agricultura, comercio, construcción, electricidad, industria (primaria y no primaria), intermediación financiera, minería, pesca y servicios. La producción de la firma, y_{ijt} , se define como el valor agregado por la firma, obtenido de la diferencia entre las ventas totales y el costo de ventas al final del año t (diciembre). Para medir los factores k_{ijt} y l_{ijt} se utiliza el valor del activo neto de la firma y el número de trabajadores. Asimismo, la productividad por empresa se calcula considerando dos indicadores: la PTF según el residuo de Solow y el producto por trabajador. La PTF se calcula considerando la función de producción estimada previamente mediante la siguiente ecuación:

$$PTF_{ijt} = y_{ijt} - \hat{\alpha}_{k,j}k_{ijt} - \hat{\alpha}_{l,j}l_{ijt}. \quad (3)$$

Por su parte, la productividad laboral se define como el valor agregado por trabajador, este indicador se expresa en logaritmos mediante la siguiente ecuación:

$$PL_{ijt} = y_{ijt} - l_{ijt}, \quad (4)$$

donde PL_{ijt} representa al producto por trabajador de la firma i , en el sector j y en el año t . Para reducir la notación, la productividad se denota por \hat{a}_{ijt} , término que representa indistintamente a la productividad laboral y/o a la PTF. De la misma forma, la productividad promedio por sector económico se calcula como el promedio ponderado de los indicadores de productividad (PTF y productividad laboral) a nivel de las empresas y en cada sector económico. Los ponderadores son el tamaño de las empresas medidas como la proporción de ventas netas de cada firma en cada sector. El ponderador estandarizado se denota por ω_{ij} ,⁴ con lo cual la productividad promedio en cada sector y en cada periodo (\bar{a}_{jt}) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{a}_{jt} = \ln \left(\sum_i \omega_{ij} \times \exp(\hat{a}_{ijt}) \right). \quad (5)$$

2 LOS DATOS

Los datos corresponden a empresas que cumplieron en reportar, entre 2002 y 2011, información de sus estados financieros a la SUNAT. Las variables consideradas para el análisis son: ventas totales, costo de

⁴ Nótese que el ponderador, ω_{ij} no cambia en el tiempo. Este supuesto se mantiene para garantizar que el tamaño relativo de cada empresa sea constante a lo largo del tiempo. El ponderador se calcula utilizando el promedio de ventas de cada firma por 10 años en la muestra panel y según el número de veces que se observa en la base de datos completa.

CUADRO 2. *Tamaño de muestra por sector económico, 2002 a 2011*

	Muestra panel		Muestra total			
	Empresas	%	Empresas	%	Observaciones	%
Agricultura	58	0.6	1,584	1.2	5,224	1.1
Comercio	4,326	48.1	56,714	44.0	208,836	45.5
Construcción	253	2.8	13,466	10.4	34,107	7.4
Electricidad	82	0.9	276	0.2	1,488	0.3
Industria	2,436	27.1	23,691	18.4	95,342	20.8
Intermediación Financiera	47	0.5	421	0.3	1,648	0.4
Minería	82	0.9	1,402	1.1	4,545	1.0
Servicios	1,672	18.6	30,099	23.3	104,249	22.7
Pesca	40	0.4	1,350	1.1	3,941	0.9
Total	8,996	100	129,003	100	459,380	100

NOTA: La muestra panel corresponde a las empresas que se registran por 10 años consecutivos. La muestra total considera a las empresas que reportan información por lo menos en una ocasión en el periodo de 2002 a 2011.

ventas, activo fijo neto, número de trabajadores, ubicación geográfica de la firma, sector económico (CIU auto-reportado por la firma) y una variable binaria que identifica si la firma exporta en caso la empresa realice operaciones de comercio exterior.

El análisis se restringe a aquellas firmas que reportaron valores positivos de todas las variables que se requieren para estimar la función de producción (ventas, costo de ventas, número de trabajadores y activo fijo neto). Con estas consideraciones, el número de firmas en la muestra panel entre 2002 y 2011 es de 8,996 con un número total de observaciones de 89,960. Esta es la muestra que se utiliza en la estimación de los parámetros de la función de producción a través de MCO, efectos fijos a nivel de la firma y Arellano-Bond. El número total de firmas en la muestra completa es 129,003 con un total de 459,380 observaciones.

La muestra panel y la muestra total guardan ciertas similitudes en la proporción de observaciones por sectores económicos, siendo las empresas de los sectores de comercio, industria y servicios las de mayor participación en ambas muestras (ver Cuadro 2). Sin embargo, la muestra panel tiene una menor representación de los sectores servicios y construcción y una mayor representación del sector industria. En el caso del sector servicios, es posible que las empresas del sector tengan un tiempo de vida corto por la naturaleza de los negocios en este sector, lo que dificulta su observación en el panel balanceado, mientras que lo inverso ocurre en el caso de las firmas del sector industria. En el sector construcción, la diferencia puede deberse al considerable crecimiento de este sector a partir de 2002 y la consiguiente creación de nuevas empresas, lo cual no es capturado en la muestra panel.

Las empresas son relativamente grandes en términos de ventas y activos, lo que es consistente con el hecho que este es el universo de empresas formales inscritas en el Régimen General de Impuesto a la Renta. En la muestra panel, a 2011 el promedio de ventas netas anuales y valor de los activos netos fue de 8.1 y 28.2 millones de soles, respectivamente, con un promedio de 55 personas empleadas por firma. Según el tamaño de los activos y el nivel de ventas, las firmas más grandes (en promedio) están en los sectores minería, intermediación financiera y electricidad.

El Cuadro 3 (p. 14) reporta estadísticas descriptivas de las ventas netas, activos netos y número de trabajadores para ambas muestras. Las empresas de la muestra total reportan ventas, activos y número de trabajadores promedio considerablemente menores a los reportados en la muestra panel, lo cual sugiere

CUADRO 3. Estadísticas descriptivas, 2002 a 2011

	N. Obs.	Ventas netas		Activos totales		N. trabajadores	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Muestra panel balanceado	89,960	8.10	0.349	28.204	1.433	55.2	0.863
Agricultura	580	9.37	1.439	27.179	4.064	237.7	32.687
Comercio	43,260	3.71	0.115	7.534	0.245	29.5	1.042
Construcción	2,530	3.93	0.353	26.112	4.162	106.9	10.568
Electricidad	820	51.83	4.604	416.010	33.262	183.4	10.479
Industria	24,360	6.68	0.379	18.715	0.794	69.7	1.418
Intermediación Financiera	470	183.56	22.331	1645.413	231.383	583.2	48.391
Minería	820	257.97	31.763	526.052	52.273	364.9	20.215
Servicios	16,720	2.83	0.116	6.916	0.457	49.4	1.427
Pesca	400	7.69	1.185	30.193	5.545	93.5	9.667
Muestra completa	459,380	2.28	0.077	8.131	0.325	20.7	0.223
Agricultura	5,224	1.54	0.17	4.757	0.470	39.8	3.812
Comercio	208,836	1.17	0.03	2.551	0.062	11.2	0.234
Construcción	34,107	1.29	0.064	5.195	0.334	24.6	0.934
Electricidad	1,488	31.00	2.634	251.401	19.164	112.8	6.186
Industria	95,342	2.39	0.114	7.177	0.259	30.9	0.552
Intermediación Financiera	1,648	67.39	6.940	667.222	78.928	315.8	28.059
Minería	4,545	58.52	6.613	125.985	11.191	118.0	4.956
Servicios	104,249	0.84	0.023	2.168	0.128	17.1	0.281
Pesca	3,941	3.16	0.569	11.096	1.066	43.5	2.871

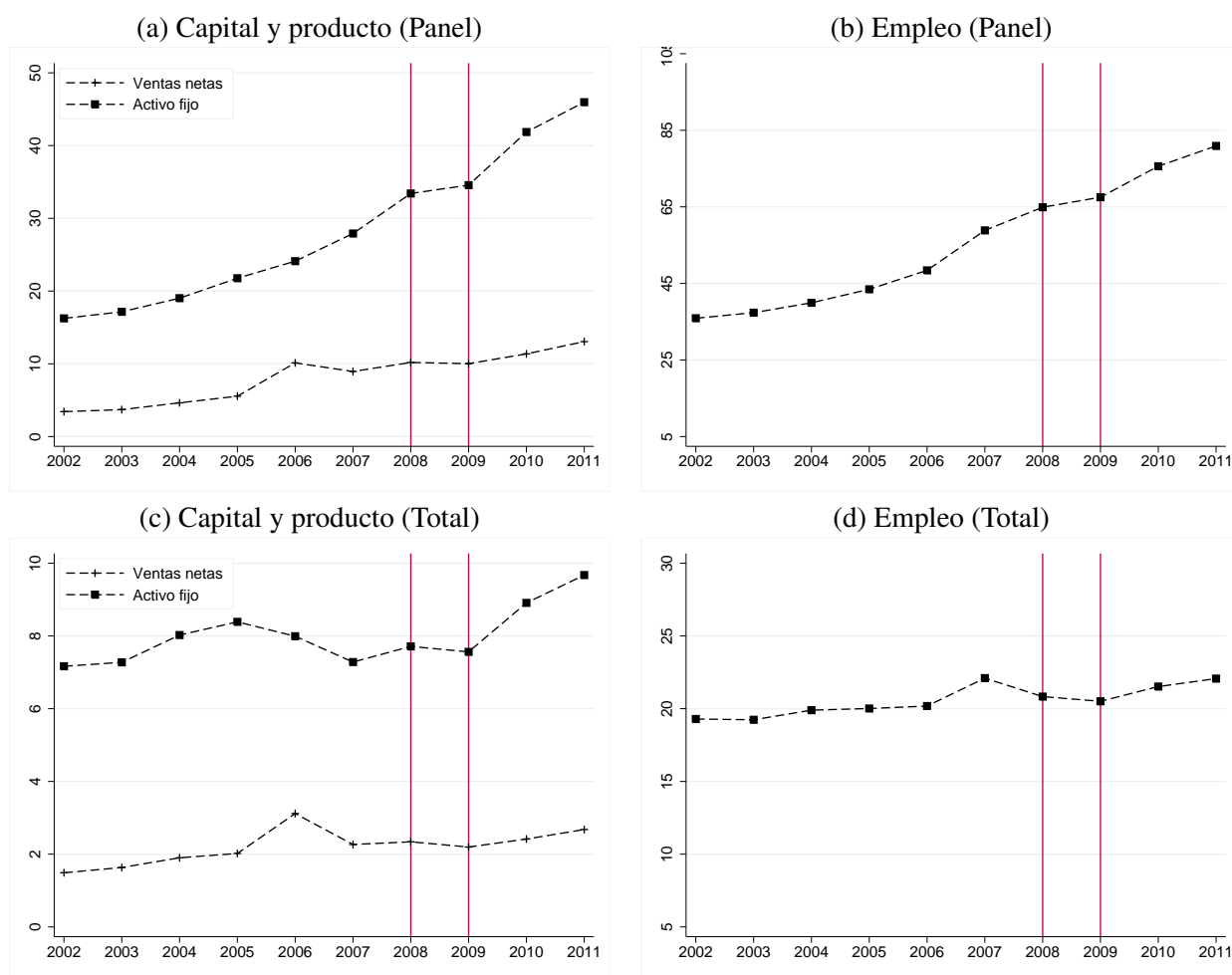
NOTA: Ventas y Activos en millones de nuevos soles de 2011. Para expresar en términos reales se utiliza el deflactor implícito por sectores económicos estimado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática. Las ventas netas corresponde a las ventas brutas menos costo de ventas. Las estadísticas corresponden a las observaciones del año 2001 de la muestra panel 2002-2011. Los datos corresponden a las empresas con más de un trabajador y con Ventas netas y Activos mayores a cero.

que las empresas con menos de nueve años de vida, que en su mayoría componen la muestra total, son empresas pequeñas respecto a la empresa establecidas por más de 10 años (muestra panel).

En términos de las tendencias, las variables consideradas en el análisis han mostrado una dinámica cercanamente relacionada con la actividad económica agregada observada a partir de las Cuentas Nacionales. Como se observa en el Gráfico 1 (p. 15), en promedio, las ventas netas, los activos y el empleo han mostrado una tendencia creciente. Esto se observa con mayor claridad en la muestra panel. Los datos, además, registran los efectos de la crisis financiera de 2008/2009 en los balances de las empresas al mostrar cierta contracción o desaceleración en algunos sectores durante estos periodos.

Cabe destacar que las tendencias, considerando la muestra total, registran cierta volatilidad y en algunos casos podrían no ser enteramente consistentes con los hechos estilizados de la economía peruana. Esto puede deberse en parte a la incorporación progresiva de empresas relativamente pequeñas al régimen general, así como a posibles problemas con los datos (el análisis casual de los datos entre 2002 y 2006 permitió encontrar que había un número importante de empresas que no reportaba o sub-reportaba el número de personas empleadas). Sin embargo, considerando el agregado, los datos sugieren una tendencia creciente en el tamaño de las empresas, tanto en la muestra panel como en todas las empresas formales.

El análisis previo indica que la volatilidad de los datos se registra mayormente en las empresas jóvenes (menores a 10 años). Esta regularidad podría generar sesgos en la estimación de los parámetros de la

GRÁFICO 1. Capital, producto y empleo

NOTAS: Los paneles (a) y (b) consideran la muestra panel y los paneles (d) y (e) la muestra total. El capital y ventas netas se miden en millones de nuevos soles, el empleo se mide en número de trabajadores. El área entre las dos líneas verticales representa el período de crisis económica que se registró en los años 2008-2009.

función de producción, difíciles de controlar mediante las técnicas econométricas utilizadas. Con esta consideración, en la estimación de los parámetros de interés se trata de controlar por rotación de firmas (creación y desaparición de firmas) dándole especial énfasis a la muestra panel.

3 RESULTADOS

3.1 ELASTICIDAD DE LOS FACTORES CAPITAL Y TRABAJO

Los parámetros de la ecuación (2) se estiman por diversos métodos y considerando supuestos relativos a la forma funcional de la función de producción. Con los datos de la muestra panel se implementa 3 métodos de estimación: MCO, panel con efectos fijos (EF) y Arellano-Bond (AB). Los estimados difieren entre métodos, con lo cual se puede identificar la magnitud del sesgo en que se incurre cuando se estima por métodos tradicionales como MCO. Se considera que el estimador AB, al utilizar los rezagos de los factores como instrumentos, es el que controla mejor los sesgos por los problemas econométricos tradicionales.

Los resultados se reportan en el Cuadro 4. Los tres métodos de estimación se aplican a una ecuación

CUADRO 4. Elasticidad de los factores

	Muestra panel balanceado						Muestra completa
	No restringido			Restringido			
	MCO	EF	AB	MCO	EF	AB	
Agricultura							
Capital	0.660	0.620	0.785	0.660	0.795	0.725	n.d.
Trabajo	0.340	0.126	0.297	0.340	0.205	0.275	n.d.
Comercio							
Capital	0.654	0.522	0.755	0.683	0.563	0.667	0.81
Trabajo	0.523	0.349	0.405	0.317	0.437	0.333	0.58
Construcción							
Capital	0.563	0.660	0.790	0.581	0.743	0.882	0.80
Trabajo	0.351	0.207	0.237	0.419	0.257	0.118	0.38
Electricidad							
Capital	0.843	0.540	0.359	0.783	0.610	0.662	0.75
Trabajo	-0.050	0.250	0.103	0.217	0.390	0.338	0.12
Industria							
Capital	0.650	0.490	0.703	0.651	0.595	0.587	0.83
Trabajo	0.353	0.288	0.392	0.349	0.445	0.413	0.40
Intermediación Financiera							
Capital	0.547	0.687	0.554	0.623	0.689	0.561	0.54
Trabajo	0.628	0.307	0.438	0.377	0.311	0.439	0.47
Minería							
Capital	0.924	0.541	1.055	0.907	0.715	0.926	0.91
Trabajo	0.012	0.248	0.144	0.093	0.285	0.084	0.22
Servicios							
Capital	0.497	0.421	0.440	0.500	0.472	0.410	0.64
Trabajo	0.522	0.372	0.511	0.500	0.528	0.590	0.52
Pesca							
Capital	0.611	0.881	0.751	0.645	0.901	0.789	0.82
Trabajo	0.217	0.094	0.164	0.355	0.099	0.211	0.20
Total							
Capital	0.623	0.505	0.715	0.635	0.573	0.636	0.78
Trabajo	0.442	0.316	0.367	0.365	0.427	0.364	0.45

NOTA: El estimador restringido se estima luego de imponer el supuesto de retornos constantes a escala en la función de producción Cobb-Douglas. El estimador de OP en el sector Agropecuario no se reporta, pues el número de observaciones es muy pequeño ya que se disponen de pocas firmas con niveles de inversión positivos. Todos los valores reportados son diferentes de cero al 1% de significancia estadística.

sin restricciones y a una restringida, donde se impone el supuesto de retornos constantes a escala. Se concluye que este último supuesto no se cumple en todos los sectores.

Los parámetros de la función de producción estimados que se toman como referencia en adelante corresponden al estimado sectorialmente por el método AB. Los estimados de productividad total de factores que se estudian más adelante corresponden a estos estimadores. Se encuentra que los sectores más intensivos en capital son minería y construcción, donde la elasticidad del factor capital de 0.92 y 0.88, respectivamente. Asimismo, los sectores más intensivos en el factor trabajo son servicios e intermediación financiera, los cuales reportan elasticidades del factor capital de 0.41 y 0.56, respectivamente.

Se implementa, además, el estimador OP, que permite controlar por el sesgo debido a las diferencias de productividad en las empresas que salen de la muestra.⁵ Si bien la estimación panel aísla este efecto, la literatura relevante enfatiza que la estimación con una muestra no panel, luego de controlar por la selección de empresas que desaparecen, reporta estimadores más altos de la participación del trabajo en el producto. En el caso peruano, se reportan resultados similares a los encontrados en estudios internacionales. La participación del trabajo estimado por el método AB es 0.64, y luego de controlar por selección, este estimador se incrementa a 0.78. Este incremento se reporta en la mayoría de sectores económicos como se muestra en la última columna del Cuadro 4.

La participación de los factores en el ingreso total agregado se estima asumiendo que las elasticidades son similares en todos los sectores económicos. Como resultado se encuentra una elasticidad del factor capital de 0.64 (ver Cuadro 4), la cual corresponde al estimador AB restringido utilizando la muestra panel. Este valor es ligeramente superior a los estimados previamente para la economía peruana, que ubican este parámetro alrededor de 0.50. Sin embargo, es evidente que existe un importante grado de heterogeneidad en la elasticidad de los factores entre sectores, por lo que el análisis de la PTF que se hace en la siguiente sección utiliza estimaciones de las elasticidades específicas a cada sector.⁶

3.2 PRODUCTIVIDAD

La evidencia empírica a nivel internacional sugiere que la productividad tiene una larga lista de determinantes. Por ejemplo, Griffith y otros (2004) encuentran que tanto la inversión en investigación y desarrollo como el capital humano contribuyen significativamente al crecimiento de la PTF a nivel de industrias. Asimismo, Huergo y Jaumandreu (2004) destacan la importancia de determinantes como la edad, el tamaño y el sector industrial al que pertenecen las firmas.⁷ En esta sección se considera un conjunto de variables explicativas de la productividad como el tamaño de la firma, la edad de la firma, la región geográfica, entre otros. La siguiente forma reducida permite explicar los dos indicadores de productividad considerados en términos de sus principales determinantes,

$$\hat{a}_{ijt} = a_0 + \rho \hat{a}_{ijt-1} + \beta_e \text{edad}_{ijt} + \beta_s \text{size}_{ijt} + \beta_x X_{ijt} + S_j + R_r + T_t + \mu_{ijt}, \quad (6)$$

donde \hat{a}_{ijt} es el indicador de productividad de la firma i , la cual pertenece al sector j y la información corresponde al año t , “edad” denota la edad de la empresa en años, “size” es el tamaño de la empresa medido como una variable artificial que cataloga a la empresa en rangos de un indicador continuo como número de trabajadores, “X” es una variable que caracteriza a las empresa que destinan parte de

⁵ El método de estimación OP requiere conocer datos referidos a la edad de la empresa y a la inversión, así como episodios de rotación de empresas que salen de la muestra. En este sentido, se requiere información de paneles no balanceados. El método OP estima la función de producción en dos etapas. Se requiere una serie de inversión, la que se calcula por el método de inventario perpetuo a partir de la serie de capital (activo fijo) para cada empresa. Este procedimiento reduce el tamaño de muestra considerablemente al excluir aquellas empresas con inversión negativa y las que se observan solamente por dos periodos. El procedimiento que se sigue en nuestro caso es similar a lo establecido en Olley y Pakes (1996), estudio que recomendamos para detalles técnicos del proceso de estimación.

⁶ Como ejercicio de robustez, se evaluó la dinámica de la elasticidad de los factores considerando dos periodos muestrales, antes de 2008 y para la muestra de 2008 en adelante. Se introdujo una variable artificial que captura este umbral y se reestimaron las elasticidades para cada sector económico. Los resultados de este ejercicio sugieren que la participación del capital en el producto muestra una tendencia ligeramente decreciente en 5 de los 9 sectores considerados. El parámetro bajo estudio se mantiene aproximadamente constante, incluso con una tendencia ligeramente creciente, en los sectores construcción, intermediación financiera, pesca y electricidad.

⁷ A nivel agregado, la literatura resalta determinantes relacionados con el aspecto institucional, la religión, la geografía y el capital social. Hall y Jones (1999) analizan a mayor profundidad estas variables. Por otro lado, Alcalá y Ciccone (2004) encuentran que la apertura comercial tiene un impacto positivo en la productividad.

su producción a la actividad exportadora. Finalmente, S , R y T son variables que representan sector económico, región geográfica y año de entrevista de las empresas, respectivamente. Obsérvese que estas tres últimas variables capturan los probables efectos agregados sobre la productividad a nivel de firmas del crecimiento económico regional y por sectores económicos. El término μ_{ijt} captura la heterogeneidad no observable de la productividad que resulta luego de controlar por las variables anteriormente mencionadas.

Productividad por sectores

La productividad por sectores económicos se estima agregando los datos a nivel de firmas y considerando los tamaños de las empresas como ponderadores. Este procedimiento permite comparar la productividad de empresas pequeñas, que consideramos tienen una baja contribución en el promedio de la productividad, con la productividad de las empresas grandes que deberían tener una contribución proporcional a su tamaño. Esta ponderación, además permite controlar por la alta volatilidad de las empresas pequeñas. Con esta consideración, la PTF promedio por sector económico se estima mediante la ecuación (6) y utilizando los parámetros estimados por el método AB y con la restricción de retornos constantes a escala en la función de producción en cada sector. Por su parte la productividad laboral se estima mediante la ecuación (4). Un primer resultado que resalta es la alta correlación que se encuentra entre los dos indicadores de productividad considerados, la correlación máxima es de 89 y se encuentra en el sector servicios y las menores correlaciones son de 0.46 en el sector minería y 0.50 en el sector Agropecuario.⁸

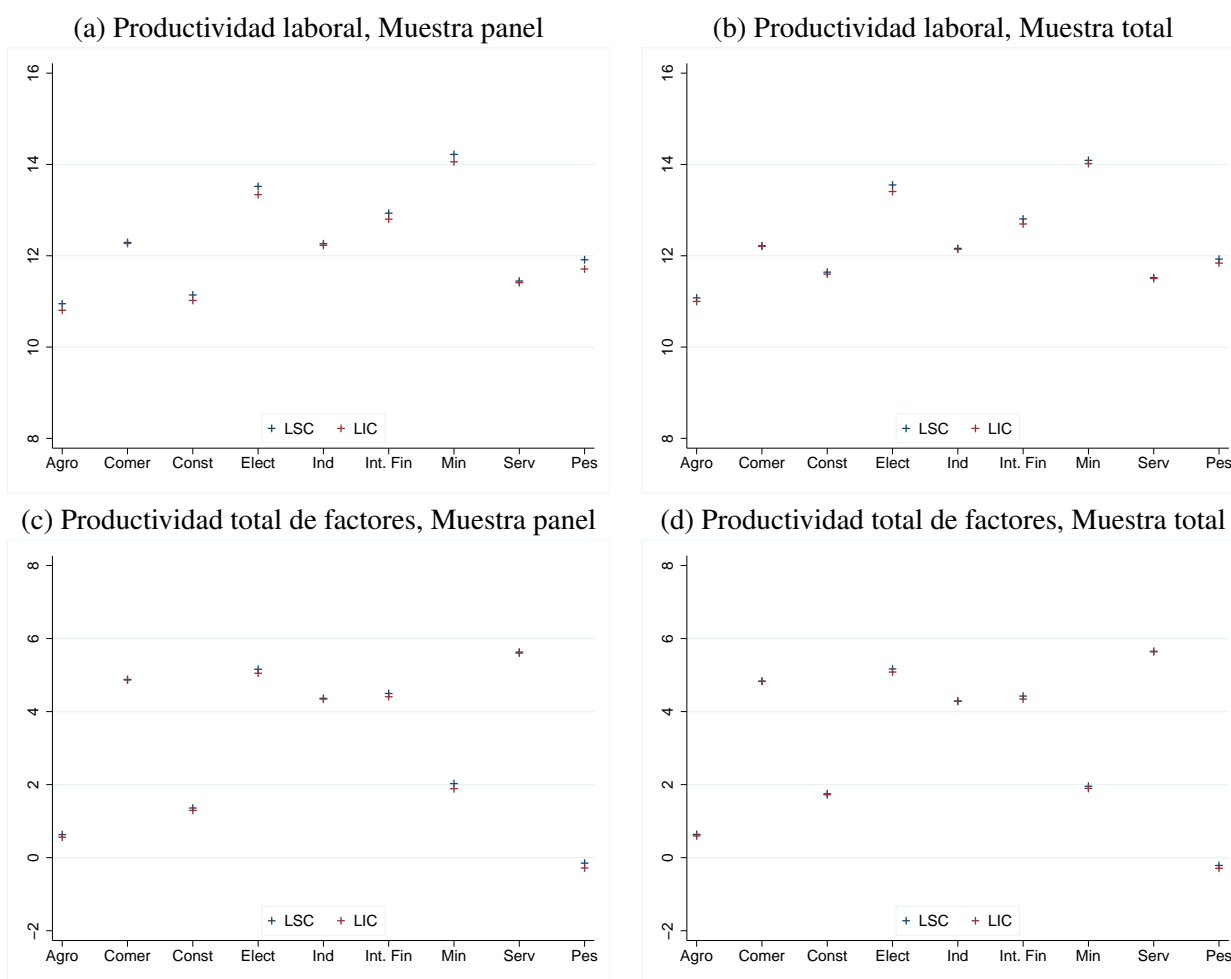
Como se aprecia en el Gráfico 2 (p. 19), las empresas del sector minería y electricidad son, en promedio, las más productivas según la productividad laboral, mientras que las empresas en los sectores agricultura y pesca son, en promedio, las menos productivas. En un punto intermedio se encuentran las empresas de los sectores comercio, construcción, industria, intermediación financiera. Los resultados no difieren de manera importante si se utiliza información del universo o panel balanceado, aunque si hay diferencias pequeñas en el *ranking* en uno u otro caso.

Existen discrepancias en el ordenamiento de la productividad promedio entre sectores para los dos indicadores considerados. Según la productividad laboral, la minería es el sector de mayor productividad (paneles (a) y (b) del Gráfico 2), mientras que según la PTF la productividad es mayor en los sectores comercio y servicios (paneles (c) y (d) del Gráfico 2). Estas discrepancias se explican por la forma de la función Cobb-Douglas. Es fácil verificar que $PTF/PL = (L/K)^\alpha$, es decir la PTF promedio relativa a la productividad laboral es mayor en los sectores intensivos en trabajo y menor en los sectores intensivos en capital. Así, las empresas del sector minería son intensivas en capital y de tamaño grande, mientras que las empresas de los sectores comercio y servicios son intensivas en trabajo y están entre las empresas pequeñas (ver Cuadro 3).⁹

⁸ Formalmente, la PTF y la productividad laboral se relacionan mediante la siguiente ecuación que se obtiene luego de considerar el supuesto de retornos constantes a escala: $PTF_{ijt} - PL_{ijt} = -\alpha_j(k_{ijt} - l_{ijt})$, donde α_j es la participación del capital en el producto en el sector j . Notar que la correlación entre estos indicadores de productividad depende de la varianza en cada sector de ratio capital por unidad de trabajo ($k_{ijt} - l_{ijt}$). La alta correlación entre los indicadores de productividad que se encuentran sugiere que el ratio en consideración es relativamente estable en cada sector económico, este resultado no es ligeramente débil en los sectores minería y agropecuario.

Para una caracterización más detallada de la productividad por sectores se puede ver la distribución de frecuencias de los dos indicadores de productividad y en cada sector económico que se presentan en los Gráficos 9 y 10 de la versión preliminar de este estudio en Céspedes y otros (2014).

⁹ Asimismo, el ordenamiento de la productividad entre sectores podría ser sensible a los deflatores utilizados para expresar las series en términos reales. El deflator ideal debería ser capaz de identificar el crecimiento heterogéneo de los precios, especialmente de rubros de alto crecimiento en el periodo de estudio como es el caso del precio de los terrenos. El valor del terreno forma parte del activo fijo y al crecer a una tasa mayor a la del deflator implícito podría subestimar el nivel y la tasa de crecimiento de la PTF. Este sesgo depende de la participación del valor del terreno en el activo fijo, que es específica a cada sector económico.

GRÁFICO 2. Productividad promedio por sectores económicos

NOTA: Productividad promedio en logaritmos. LSC (LIC) representa al límite superior (inferior) del intervalo de confianza al 5% de significación.

Con esta consideración, el indicador recomendado para ordenar la productividad entre sectores es la productividad laboral, con lo cual el ordenamiento es consistente con los resultados de Vásquez (2014), quien estima la productividad laboral agregada en cada sector económico.¹⁰

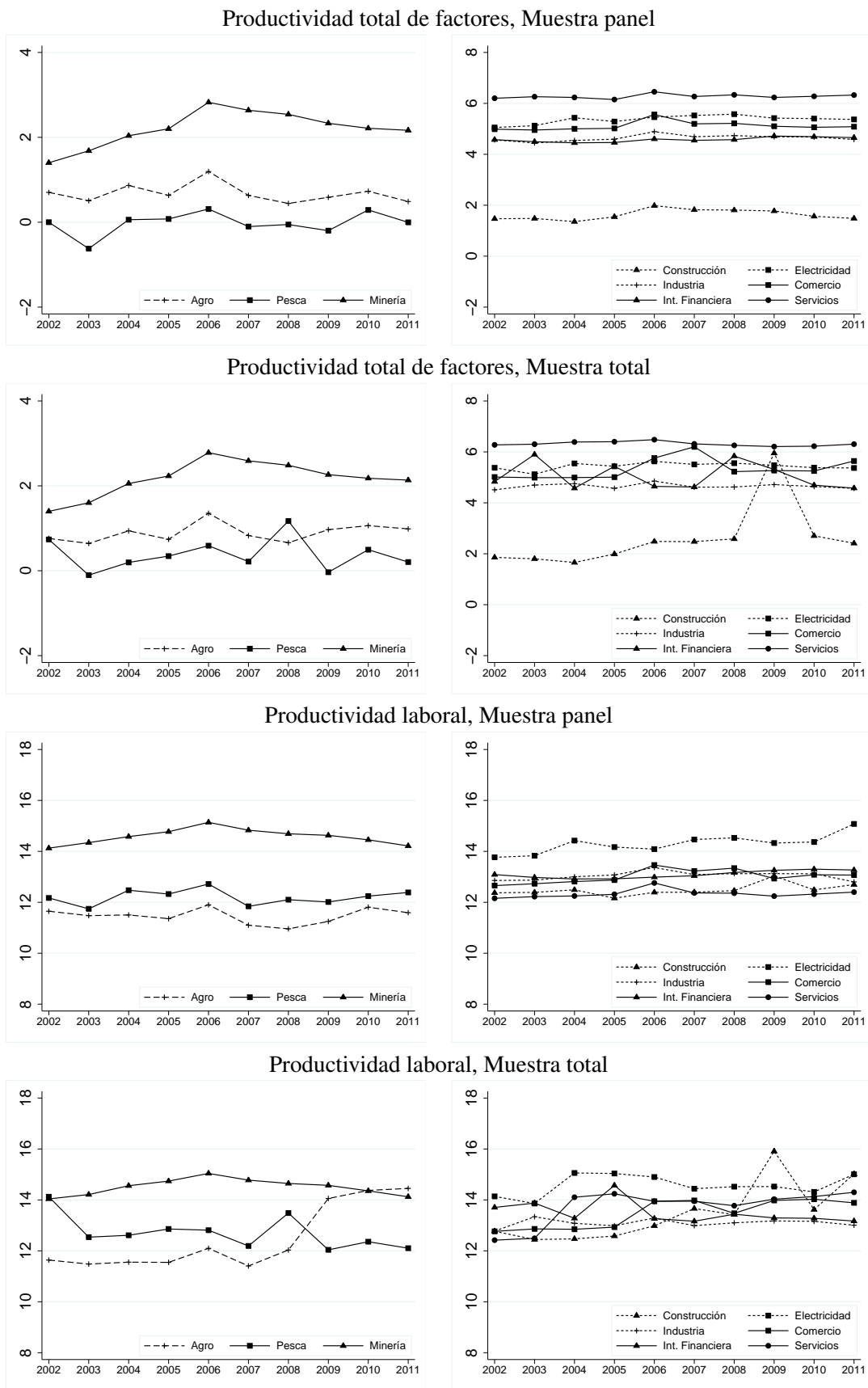
Persistencia de la productividad

Las brechas promedio de la productividad entre sectores son similares en la mayoría de años entre 2002 y 2011. Al mismo tiempo, como se aprecia en el Gráfico 3 (p. 20), se reporta una significativa heterogeneidad en la tendencia de la productividad según sectores.

La persistencia de la productividad en cada sector económico se estima utilizando una variante de la ecuación (6). El coeficiente asociado al primer rezago del indicador de productividad caracteriza al

¹⁰ Vásquez (2014) calcula la productividad agregada como el ratio entre el PBI y el número de trabajadores en cada sector. Existen, sin embargo, ligeras diferencias entre los estimados de la productividad laboral de Vásquez (2014) y los reportados en este estudio. Estas diferencias se justifican por dos razones que caen en el ámbito metodológico: primero, Vásquez (2014) considera a todas las empresas, tanto formales como informales; segundo, en este estudio la productividad laboral promedio en cada sector se calcula como el promedio ponderado de la productividad laboral de cada empresa, con lo cual se controla un potencial sesgo de agregación.

GRÁFICO 3. Evolución de la productividad promedio por sectores



Nota: Productividad promedio en logaritmos. El eje de abscisas denota años.

CUADRO 5. Persistencia y volatilidad de la productividad

Sector	PTF			Productividad laboral		
	$\hat{\rho}$	$t_{\hat{\rho}}$	$\hat{\sigma}_{\epsilon}$	$\hat{\rho}$	$t_{\hat{\rho}}$	$\hat{\sigma}_{\epsilon}$
Agricultura	0.479	6.384	0.365	0.861	15.340	0.477
Comercio	0.753	31.966	0.257	0.893	66.036	0.326
Construcción	0.542	10.835	0.670	0.783	21.234	1.126
Electricidad	0.805	15.417	0.199	0.903	22.041	0.241
Industria	0.854	32.999	0.306	0.932	55.085	0.392
Intermediación Financiera	0.817	18.646	0.294	0.892	30.425	0.321
Minería	0.608	9.237	0.410	0.784	14.672	0.644
Servicios	0.789	11.081	0.299	0.861	19.023	0.352
Pesca	0.223	2.315	0.591	0.342	4.933	0.857
Total	0.666	23.060	0.302	0.832	45.898	0.380

NOTAS: $\hat{\rho}$ corresponde al parámetro de persistencia estimado mediante la ecuación (6) y $\hat{\sigma}_{\epsilon}$ es el error estándar de los residuos. Se usa la muestra total.

parámetro de interés (ρ_j). El otro parámetro de interés es la volatilidad de la productividad la cual se denota por σ_{ϵ} y es la desviación estándar del error en la ecuación. La estimación de estos dos parámetros se realiza para el periodo 2002 a 2011 a nivel de cada sector económico y con los datos de la PTF y de la productividad laboral, estimados en la sección anterior. Se encuentra que la persistencia de la productividad es condicional al sector en consideración, siendo el sector con mayor persistencia el sector comercio y el de menor persistencia el sector construcción (ver Cuadro 5). Adicionalmente, un resultado que es interesante mencionar es que la productividad es más persistente en aquellos sectores en los cuales la volatilidad de este indicador es menor, y viceversa.

Respecto a la volatilidad de la productividad, los sectores construcción y pesca son los más volátiles, mientras que el sector con menor volatilidad es el sector electricidad. El promedio de la persistencia se estima en 0.66 en el caso de la PTF y 0.83 al considerar la productividad laboral, valores promedio que corresponden a estimados mediante la ecuación (6) pero considerando variables artificiales para cada sector. Este resultado es similar al que se obtiene cuando la persistencia agregada se calcula como el promedio ponderado de la persistencia en cada sector.

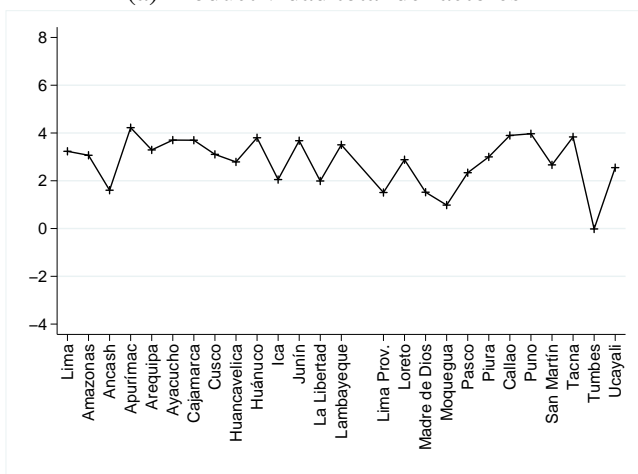
Productividad según regiones

La productividad según regiones es significativamente heterogénea, como se muestra en el Gráfico 4 (p. 22). Las brechas de productividad promedio de las regiones respecto a Lima Metropolitana, y sus respectivos errores estándares, se estiman utilizando una regresión de la productividad respecto a variables binarias que identifican cada región, excluyendo la correspondiente a Lima Metropolitana. Esta regresión es controlada por sectores económicos. Los resultados se muestran en los paneles (b) y (c) del Gráfico 4 para la PTF y los paneles (e) y (f) para la productividad laboral.

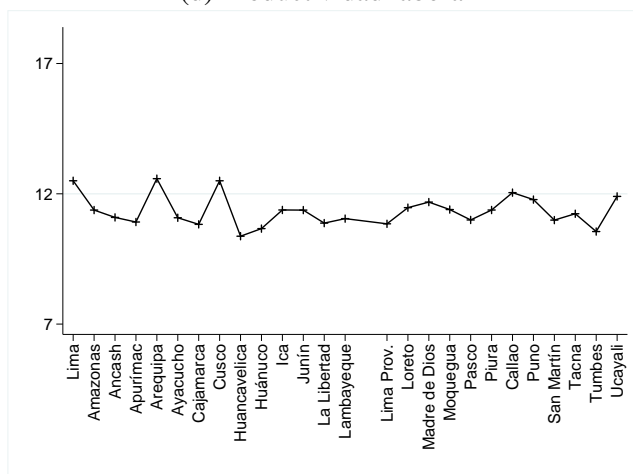
En promedio, Lima Metropolitana y Moquegua están entre las regiones de mayor productividad. Entre las regiones de menor productividad se encuentran Huancavelica, Ayacucho y Tumbes, mientras que entre las regiones con similares niveles de productividad se reporta a Cajamarca, Lima Provincias y Loreto. Este resultado es robusto, con ligeros cambios de magnitudes y en el ordenamiento, al considerar la muestra completa o la muestra panel, y bajo ambos indicadores de productividad.

GRÁFICO 4. Productividad según región

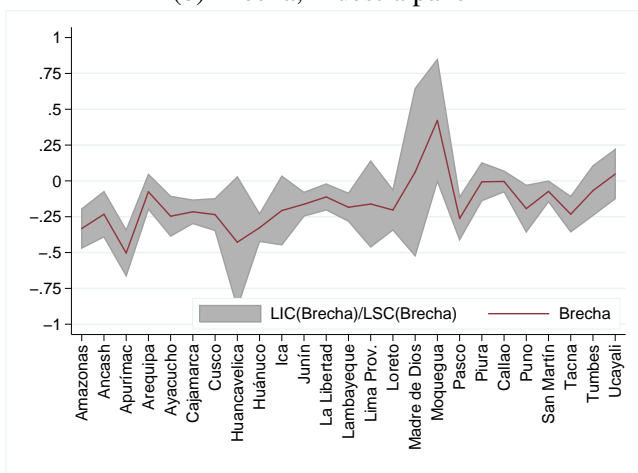
(a) Productividad total de factores



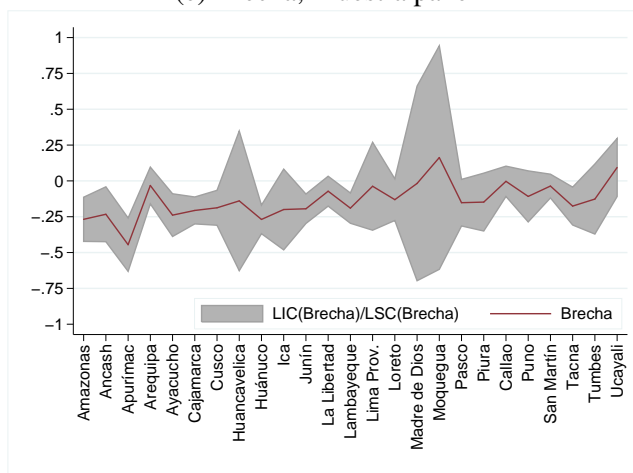
(d) Productividad laboral



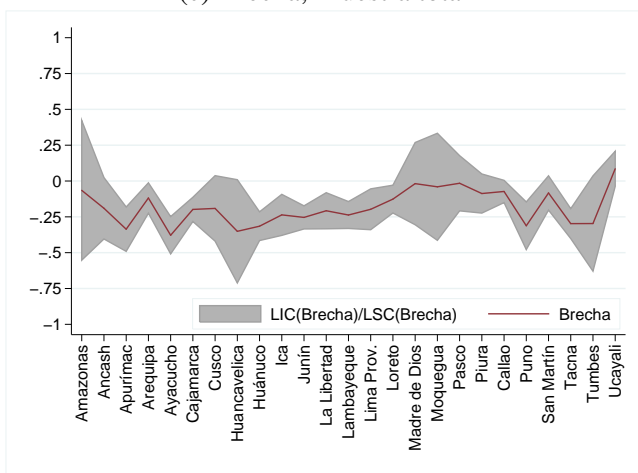
(b) Brecha, Muestra panel



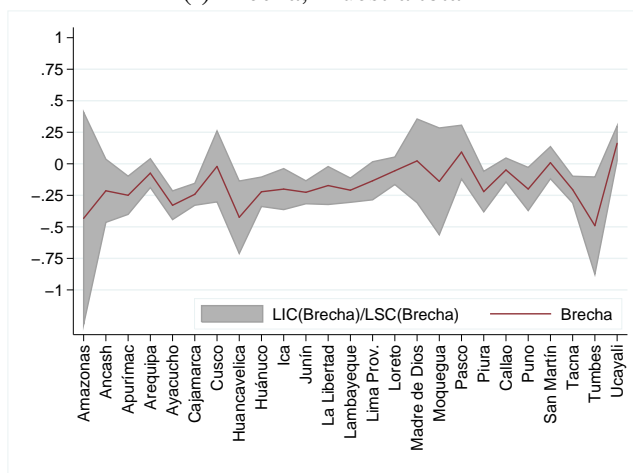
(e) Brecha, Muestra panel



(c) Brecha, Muestra total



(f) Brecha, Muestra total



NOTAS: Los indicadores de productividad están expresados en logaritmos. Las brechas de productividad son relativas a Lima Metropolitana y corresponden a los coeficientes de las variables artificiales por región en la ecuación (6). Las áreas sombreadas son los intervalos de confianza al 5% de significación.

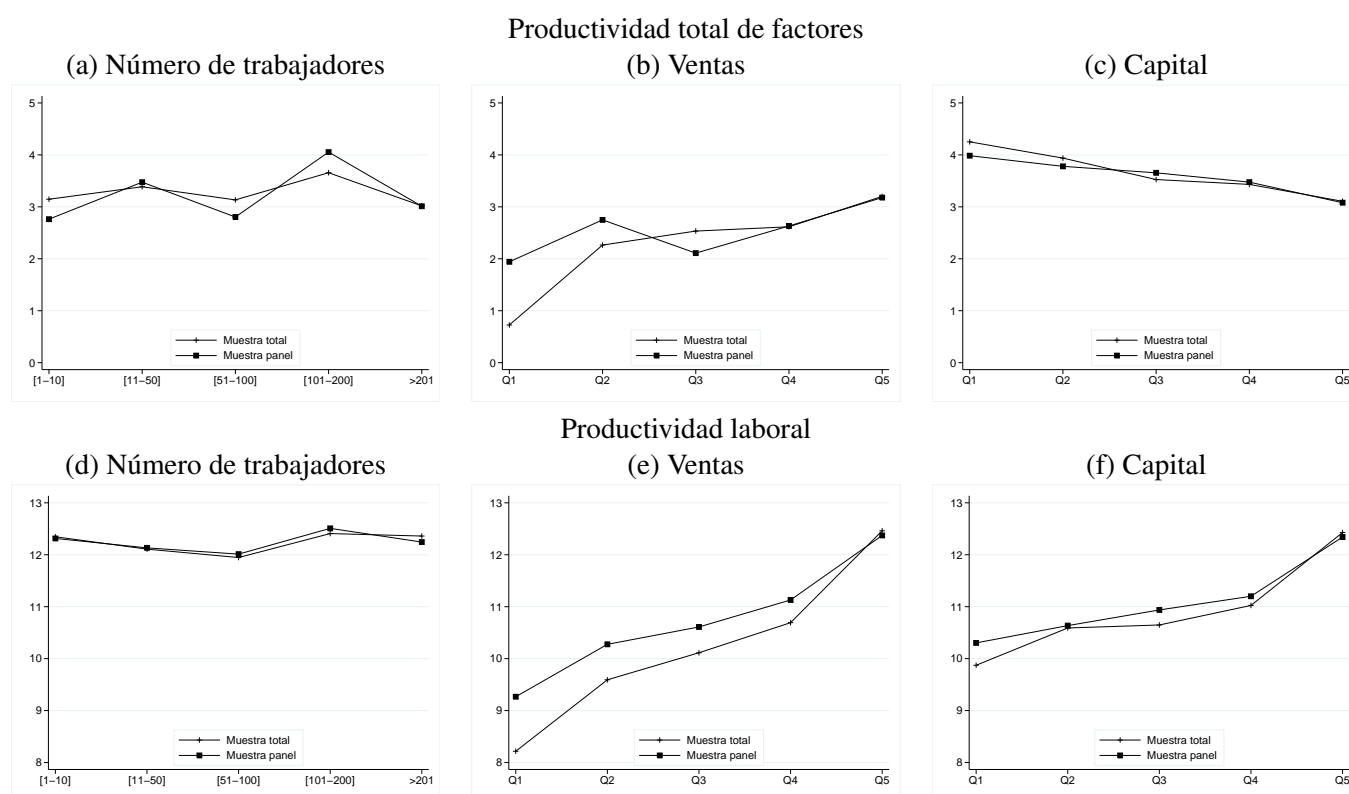
Productividad por tamaño de empresa

La productividad es creciente en el tamaño de empresa, como se muestra en el Gráfico 5, incluso luego de controlar por características observables de las empresas. Se identifica el tamaño de la empresa utilizando tres indicadores como ventas netas, activos fijos y número de trabajadores. Los gráficos muestran los promedios de productividad por quintiles de estas variables. Tanto en la muestra panel como en la total, la productividad en empresas grandes es mayor relativa a empresas de menor tamaño.

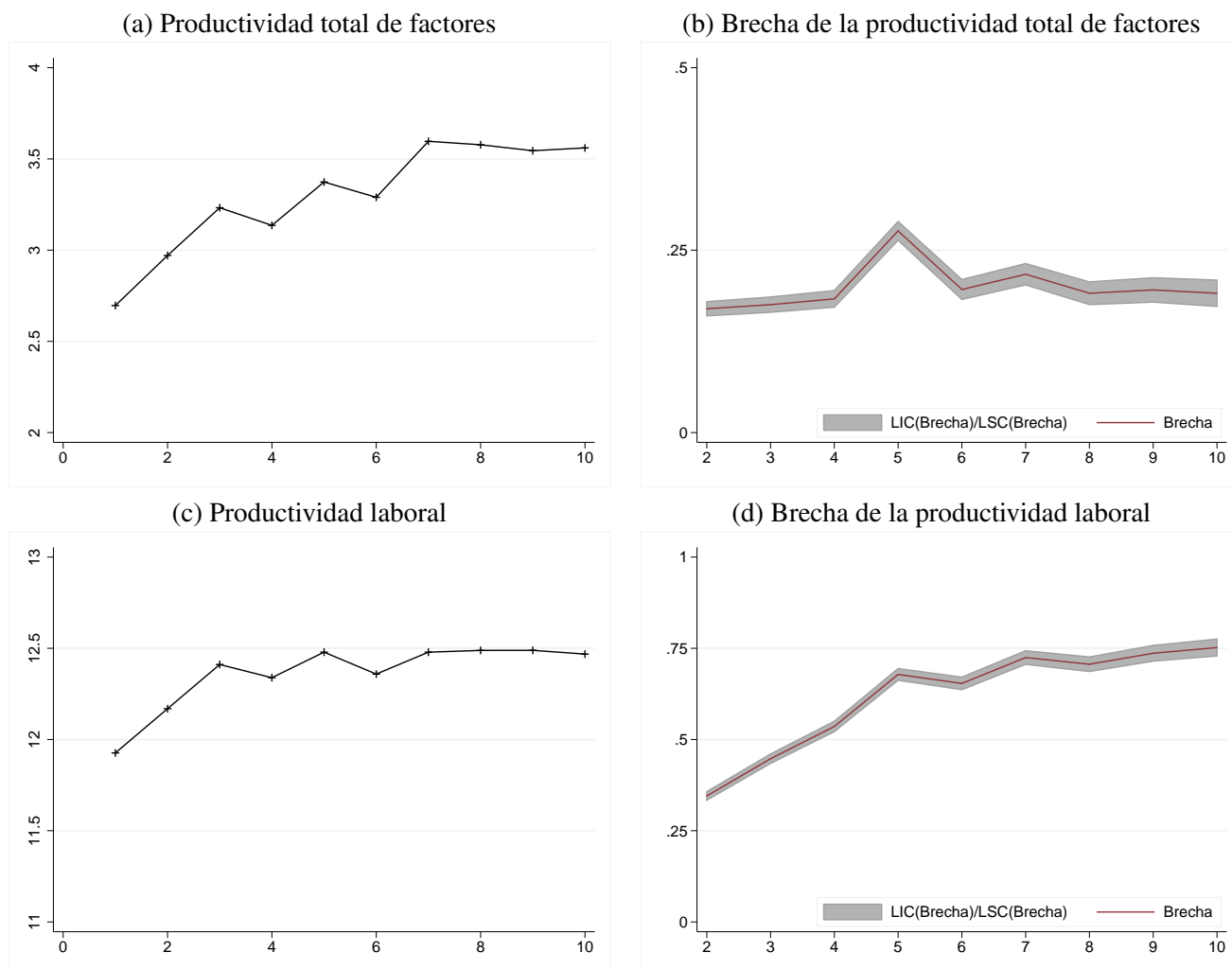
Productividad por edad de firma

La productividad está, en general, positivamente relacionada con la edad de la empresa. Una primera inspección de los datos sugiere que esta relación no es lineal pues las ganancias de productividad por año de vida adicional no parecen ser similares para las empresas de mayor edad en comparación con la empresas nuevas, como se muestra en los paneles (a) y (c) del Gráfico 6 (p. 24). Este Gráfico se construye para la muestra de empresas nacidas después de 2002 por lo que se incluyen empresas que tienen como máximo 9 años de edad. Se incluyen además a las empresas de la muestra panel en la categoría de 10 años y más (al utilizar la muestra total los resultados varían marginalmente).

GRÁFICO 5. Productividad según tamaño de empresa



NOTAS: Las brechas de productividad son calculadas como los coeficientes de las variables artificiales que caracterizan cada tamaño. Las brechas son relativas a las empresas de menor tamaño, las cuales varían según la definición del tamaño de la empresa. El eje de abscisas de los paneles (a) y (d) corresponde a intervalos de tamaños de empresas según número de trabajadores. En los paneles (b) y (e), Q_2 corresponde a empresas con ventas netas anuales comprendidas entre 0.11 y 0.28 millones de nuevos soles, Q_3 a empresas con ventas netas anuales entre 0.28 y 0.68 millones Q_4 con ventas netas anuales entre 0.68 y 2.20 millones y Q_5 a empresas con ventas netas anuales mayores a 2.20 millones. En los paneles (c) y (f), Q_2 corresponde a empresas con activos fijos entre 0.25 y 0.64 millones de nuevos soles, Q_3 a empresas con activo fijo entre 0.64 y 1.55 millones, Q_4 entre 1.55 y 5.27 millones y Q_5 a empresas con activos mayores a 5.27 millones.

GRÁFICO 6. Productividad según edad de empresa

NOTAS: El eje de abscisas corresponde a edad de empresa. El panel (a) muestra la PTF promedio en logaritmos por edad de firma. Los paneles (b) y (d) presentan las brechas de la productividad que se calculan como los coeficientes de las variables artificiales que caracterizan cada edad relativas a las empresas de menor edad (1 año). Las áreas sombreadas corresponden a los intervalos de confianza de las brechas. La muestra corresponde a las empresa que nacieron en el 2002 más aquellas empresas con 10 a más años de edad, incluidas en la categoría de 10 años.

Las firmas tienen inicialmente una productividad superior en 10% por cada año adicional de edad. Este efecto promedio no es homogéneo al existir una concavidad que hace que las ganancias de productividad por año adicional de edad sean decrecientes con la edad, lo que se ilustra en los Gráficos 6(a) y 6(c). Al estimar las brechas de la productividad por cada año de edad de la firma, se encuentra que las brechas son pequeñas para los primeros años de edad. Los paneles (b) y (d) del Gráfico 6 reportan que las brechas son similares entre las empresa jóvenes. Se encuentra asimismo que las ganancias de productividad son mayores entre las empresas con edades superiores a los 5 años.

4 RESUMEN

En este documento hacemos un estudio detallado de la función de producción y de la productividad en el Perú para el periodo de 2002 a 2011. Se estiman las elasticidades de la función de producción

tipo Cobb-Douglas a nivel de sectores económicos y se analiza el comportamiento de dos indicadores de la productividad (PTF según el residuo de Solow y producto por trabajador). Los datos utilizados corresponden a empresas formales con indicadores positivos de ventas, costo de ventas, activo fijo y número de trabajadores mayor a 1 en el periodo de 2001 a 2011.

En términos agregados, los estimados de la participación del capital en el producto son ligeramente superiores a los valores reportados en la literatura para la economía peruana. Además, este parámetro no es constante entre sectores, lo cual caracteriza o justifica la introducción de controles sectoriales en el estudio de la función de producción agregada. En general, los sectores más intensivos en capital reportan valores mayores de la elasticidad respectiva del factor capital en la función de producción Cobb-Douglas.

La productividad es mayor en los sectores minería y electricidad, mientras que los sectores de menor productividad son los otros sectores primarios como agropecuario y pesca. La región de Lima Metropolitana reporta los mayores niveles de productividad, mientras que las regiones menos productivas corresponden a Apurímac y Huancavelica. Las brechas de la productividad regional respecto a la región Lima Metropolitana son similares cuando se controla por tamaño de empresa, año de entrevista de la empresa y sector económico. Se encuentra, asimismo, que la productividad es mayor en empresas grandes y en empresas que tienen más tiempo operando en el mercado. Con los resultados anteriores, la caracterización de la productividad requiere un análisis a nivel de sectores económicos, región geográfica, tamaño de empresa y edad de la firma.

REFERENCIAS

- Arellano, M. y S. Bond (1991), "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations", *Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297.
- Alcalá, F. y A. Ciccone (2004), "Trade and productivity", *Quarterly Journal of Economics*, 119(2), 613-46.
- Bernanke, B. y R. Gurdynak (2002), "Is growth exogenous? Taking Mankiw, Romer, and Weil seriously", En: Bernanke, B. y K. Rogoff (eds.), *NBER Macroeconomics Annual* 16. MIT Press.
- Bond, S. y M. Soderbom (2005), "Adjustment costs and the identification of Cobb Douglas production functions", Institute for Fiscal Studies, Working Paper W05/04.
- Blundell, R. y S. Bond (1998), "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, 87(1), 115-143.
- Cabredo, P. y L. Valdivia (1999), "Estimación del PBI potencial: Perú 1950-1997", Banco Central de Reserva del Perú, *Revista Estudios Económicos*, 5.
- Carranza, E. J. Fernández-Baca y E. Morón (2005), "Peru: Markets, government and the sources of growth", en: Fernández-Arias, E., R. Manuelli, y J. Blyde (eds.), *Sources of growth in Latin America: What is missing?* Inter-American Development Bank, Washington, D.C.
- Céspedes, N., M. E. Aquije, A. Sánchez y R. Vera-Tudela (2014), "Productividad sectorial en el Perú: Un análisis a nivel de firmas", Banco Central de Reserva del Perú, Documento de Trabajo 2014-13.
- Elias, V. J. (1992), *Sources of growth: A study of seven Latin American economies*, ICS Press.
- Griliches, Z. y J. Mairesse (1995), "Production functions: The search for identification", NBER Working Paper 5067.
- Griffith, R., S. Redding y J. Van Reenen (2004), "Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD countries", *Review of Economics and Statistics*, 86(4), 883-95.

- Göbel, K., M. Grimm y L. Jann (2013). “Constrained firms, not subsistence activities: Evidence on capital returns and accumulation in Peruvian microenterprises”, Banco Central de Reserva del Perú, Working Paper 2013-001.
- Hall, R.E. y C.I. Jones (1999), “Why do some countries produce so much more output per worker than others?”, *Quarterly Journal of Economics*, 114(1), 83-116.
- Huergo, E. y J. Jaumandreu (2004), “Firms’ age, process innovation and productivity growth”, *International Journal of Industrial Organization*, 22(4), 541-559.
- Levinsohn, J. y A. Petrin (2003), “Production functions using inputs to control for unobservables”, *Review of Economic Studies*, 70(2), 317-341.
- Miller, S. (2003), “Métodos alternativos para la estimación del PBI potencial: Una aplicación para el caso del Perú”, Banco Central de Reserva del Perú, *Revista Estudios Económicos*, 10.
- Mundlak, Y. (1961), “Empirical production functions free of management bias”, *Journal of Farm Economics*, 43(1), 44-56.
- Olley, S. y A. Pakes (1996), “The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry”, *Econometrica*, 64(6), 1263-1297.
- Seminario, B. y A. Beltrán (1998), “Crecimiento económico en el Perú: 1896-1995. Nuevas evidencias estadísticas”, Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, Documento de Trabajo 32.
- Tello, M. (2012), “Productividad total factorial en el sector manufacturero del Perú 2002-2007”, Pontificia Universidad Católica del Perú, *Economía*, 35(70), 103-141.
- Valderrama, J., J. Coronado, J. Vasquez y G. Chiang (2001), “Productividad y crecimiento económico en el Perú”, Instituto Peruano de Economía (IPE), Series de Estudios 075.
- Vásquez, F. (2014), “Evolución de la productividad laboral”, Banco Central de Reserva del Perú, *Revista Moneda*, 157, 30-32.
- Vega-Centeno, M. (1989), “Inversiones y cambio técnico en el crecimiento de la economía peruana”, Pontificia Universidad Católica del Perú, *Economía*, 12(24), 9-48.
- Vega-Centeno, M. (1997), “Inestabilidad e insuficiencia del crecimiento: El desempeño de la economía peruana durante 1950-1996”, Pontificia Universidad Católica del Perú, *Economía*, 20(39-40), 11-61.