CIES
consorcio de investigación económica y social
Construyendo conocimiento para mejores políticas

centro bartolomé de las casas

Estimación de la Productividad Total Factorial a nivel de firmas en el Perú: nueva evidencia a través del método Ackerberg, Caves y Frazer

TERCER INFORME FINAL

PB-A2AN36-90

César Del Pozo Loayza

Departamento de Economía – FCE, Universidad Nacional de La Plata

Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas

Esther Guzmán Pacheco

Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas

Cusco, septiembre 2019

Auspicio:

IDRC | CRDI
International Development Research Centre
Centre de recherches pour le développement international

Canadá

FUNDACION M.J. BUSTAMANTE DE LA FUENTE
Lima - Perú

SUNAT

Contenido

1. Introducción 3
2. Marco teórico 6
2.1 Funciones de Producción 6
2.2 Productividad Total Factorial 9
2.3 Literatura relacionada 10
3. Metodología 14
3.1 Fuente de datos y variables 14
3.2 Métodos de estimación de la Función de Producción 16
Forma funcional de la función de producción 16
Método Olley y Pakes (1996) 18
Método Levinsohn y Petrin (2003) 19
Método Ackerberg, Caves y Frazer (2015) 21
Estimación de la PTF 23
4. Resultados 24
4.1 Descripción de los datos 24
4.2 Estimaciones de la función de producción y la productividad total factorial 27
4.3 Prueba de robustez 35
4.4 Relación entre la productividad y la participación laboral femenina 38
5. Conclusiones 41
6. Recomendaciones de políticas públicas 43
7. Plan de incidencia en políticas o asuntos públicos 44
8. Bibliografía 46

1. Introducción

La productividad mide cómo se emplean los factores de producción combinados para generar unidades de producción. Puede ser considerada como el indicador de desempeño más intuitivo y familiar a distintos niveles. A nivel agregado, la productividad es considerada como una parte fundamental del crecimiento económico y el bienestar. Por su parte, a nivel de firmas, la productividad es un componente fundamental de la rentabilidad empresarial (Färe et al., 2008).

A nivel de firmas y en un contexto de múltiples factores y productos, la productividad es definida como la Productividad Total Factorial (PTF). La PTF resume todas aquellas externalidades positivas que contribuyen al incremento de la producción de las firmas (Abramovitz, 1956; Jorgenson y Griliches, 1967). Sin embargo, la PTF es una variable no observable para los investigadores que buscan estimarla. El cálculo de la productividad depende del enfoque usado, supuestos sobre los factores de producción, la forma funcional de la función de producción y la disponibilidad de información.

En la literatura se han desarrollado distintas metodologías de estimación de la eficiencia y productividad de las firmas. De acuerdo con Cummins y Zi (1998), las metodologías de estimación de la eficiencia o productividad pueden clasificarse en metodologías econométricas y metodologías basadas en programación matemática. En ambas metodologías se estima la eficiencia alrededor de las fronteras de producción.

En las metodologías econométricas se especifican formas funcionales de costos, beneficios o producción. En esta aproximación empírica se han desarrollado metodologías que tratan de corregir problemas de endogeneidad (Griliches y Mairesse, 1995). Recientemente, se han propuesto metodologías de función de control (Olley y Pakes, 1996) en las cuales se estima la productividad a nivel de las firmas como un residuo inobservable resultante de un función de producción que relaciona combinaciones de insumos con resultados de producción. Por su parte, las metodologías basadas en programación matemática, las cuales se basan en métodos no paramétricos, han desarrollado aproximaciones específicas tales como *Data Envelopment Analysis* (DEA) o *Free Disposal Hull* (FDH)[1].

[1] Para una revisión exhaustiva de las metodologías disponibles en la literatura para la estimación de la productividad y eficiencia ver Fried et al., (2008).

En este estudio, para estimar la productividad a nivel de firmas para el caso peruano, se considera relevante emplear la aproximación econométrica; en particular, aquellas aproximaciones basadas en métodos de función de control. En tal contexto, típicamente, la productividad es aproximada por la Productividad Total de Factores (PTF), la cual es calculada como residuo resultante de descontar de la producción de la contribución de los factores de producción (Céspedes et al., 2016). A nivel microeconómico, las estimaciones de la PTF a nivel de firmas han empleado la función de producción Cobb-Douglas, donde se estiman los parámetros de interés a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés) y calculado la PTF como el residuo resultante entre el producto observado y la participación ponderada de los factores productivos (enfoque primal). Sin embargo, al existir el problema de endogeneidad por la presencia de variables omitidas, las estimaciones por OLS resultan inconsistentes (Griliches y Mairesse, 1995). Para el caso peruano, algunos estudios han implementado mejoras metodológicas para dar cuenta del problema de endogeneidad en el cálculo de la PTF[2].

Si bien tales estudios dan cuenta del problema de endogeneidad, principalmente a través del método de Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin, (2003), la *"solución"* propuesta es parcial, ya que no abordan el problema de dependencia condicional entre los factores de producción. La dependencia condicional implica la existencia de colinealidad entre los factores de producción, puesto que los factores (trabajo y la demanda de insumos intermedios principalmente) están determinados por las mismas variables de estado (capital y productividad). La decisión entre trabajo e insumos se toma simultáneamente por parte de las firmas y ambas variables son perfectamente colineales. Esto implicaría que el coeficiente asociado al factor trabajo podría estar incorrectamente identificado en los estudios existentes: Céspedes et al., (2014), empleando la metodología Olley y Pakes (1996), estiman que dicho coeficiente sería de 0.45, y Tello (2012), para firmas manufactureras, estima dicho coeficiente en 0.42 y 0.44 con las metodologías Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (2003) respectivamente.

Por un lado, a nivel internacional, recientemente Ackerberg, Craves y Fraser (2015) muestran que tanto la metodología Olley-Pakes como Levinshon-Petrin ofrecerían estimaciones inconsistentes de la participación del trabajo, generando ciertas imprecisiones en la estimación de la PTF a nivel de firmas. Por otro lado, los estudios más relevantes para el caso peruano; es decir, los de Tello (2012) y Céspedes et al., (2004), estiman la productividad a nivel de firmas para el periodo 2002-2007 y 2002-

[2] Los estudios más relevantes son Tello (2012) y Céspedes et al., (2014).

2011 respectivamente. En el presente estudio se considera que resulta necesario actualizar tales estimaciones en función a la disponibilidad de datos más recientes. Lo anterior sugiere la siguiente pregunta: *¿La estimación de la PTF a nivel de firmas para el caso peruano es imprecisa?*

Ackerberg, Craves y Fraser (2015) proponen una aproximación que podría ofrecer estimaciones consistentes para la función de producción y permitiría un cálculo más preciso de la PTF ante problemas de endogenidad y dependencia condicional. Por ello, el objetivo de la presente investigación es, por un lado, estimar de forma relativamente más precisa la PTF para el caso peruano, dando cuenta no solo del problema de endogenidad, sino también el problema de dependencia condicional entre los factores de producción; y, por otro lado, ofrecer estimaciones de la PTF actualizadas en función a la disponibilidad de datos más recientes.

Se ha empleado información de la Encuesta Económica Anual (EEA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) correspondientes a una muestra panel entre los años 2014, 2015 y 2016. Por lo anterior, *¿se justifica una nueva estimación de la PTF?* De acuerdo con Céspedes et al. (2016) y Tello (2017), al ser la productividad no observable, su medición es difícil y está condicionada a la calidad de los datos, lo cual explicaría que la literatura que busca estimar la PTF en el Perú es aún escasa. Este estudio busca contribuir en tal dirección.

2. Marco teórico

2.1 Funciones de Producción

La producción es el resultado de la transformación de factores productivos dada una tecnología, siendo los factores productivos insumos, trabajo, capital, etc. Considerando información sobre producción y factores productivos es posible estimar empíricamente las funciones de producción de las firmas. La estimación de las funciones de producción cumple un rol básico en los modelos económicos, pues permite determinar la contribución de diversos factores al crecimiento económico, el grado de complementariedad o sustituibilidad entre factores productivos, direcciones de cambios tecnológicos, estimación de economías de escala, evaluación de nuevas tecnologías o políticas públicas en el desempeño de las firmas, entre otras aplicaciones a nivel de firmas.

Una función de producción es una descripción de la tecnología de producción que relaciona los factores de producción (inputs) con el resultado de producción (outputs) de un proceso productivo. Conceptualmente, la tecnología de producción puede ser representada a través de las funciones de producción estocásticas (Griliches y Mairesse, 1995):

$$Y_{i,t} = F\left(K_{i,t},, L_{i,t}, M_{i,t}, \omega_{i,t}, \varepsilon_{i,t}\right) \quad (1)$$

En la ecuación anterior, $Y_{i,t}$ es el nivel de producción de la firma “i” en el periodo “t”, el cual depende del uso de insumos ($M_{i,t}$), trabajo (, $L_{i,t}$), capital ($K_{i,t}$), la productividad ($\omega_{i,t}$) y un término de error ($\varepsilon_{i,t}$). Entre los argumentos del lado derecho de la ecuación anterior, dos de ellos son inobservables ($\omega_{i,t}, \varepsilon_{i,t}$). Por un lado, $\varepsilon_{i,t}$ representa shocks de producción o productividad que no son observables o predecibles por las firmas antes que éstas toman sus decisiones de uso de factores de producción en el periodo “t”. Por otro lado, $\omega_{i,t}$ representan shocks de productividad que son potencialmente observables o predecibles por las firmas cuando estas toman decisiones sobre el uso de factores de producción. Intuitivamente, $\omega_{i,t}$ puede resumir la habilidad o experiencia de los gerentes o conductores de las firmas y/o diversos shocks esperados.

No obstante, a pesar de su importancia en el análisis económico, la estimación empírica de las funciones de producción está afectada por diversos desafíos empíricos. Entre los más relevantes se encuentran los siguientes (Aguirregabiria, 2018):

- Errores de medición tanto en los indicadores de la producción (ventas o ingresos) como en los indicadores de factores de producción (valor económico del capital, calidad del factor trabajo, etc.).
- Problemas de especificación en la forma funcional a través de la cual los factores de producción se interrelacionan.
- Simultaneidad, lo cual implica que determinados factores de producción (trabajo y capital) pueden estar correlacionados con factores de producción y shocks de productividad inobservables (habilidad administrativa, calidad de los factores, etc.).
- Multicolinealidad, lo cual implica que determinados factores de producción, típicamente trabajo y capital, están correlacionados.
- Sesgo de selección, en paneles de datos la salida de firmas de la muestra no es exógena y está correlacionada con el tamaño, donde empresas de menor tamaño tienen una mayor probabilidad de salir del marcado que firmas más grandes.

En la Tabla 1 se muestran los problemas empíricos mayormente abordados en la literatura relacionada con la estimación de la función de producción y la participación de los factores en la función de producción de las firmas. En primer término, el sesgo de selección implica la correlación entre el capital y el término estocástico no observable de la función de producción ($\varepsilon_{i,t}$). Dicho problema implicaría una subestimación de la participación del capital en el producto y ha sido abordado en la literatura por Olley y Pakes (1996).

En segundo término, el problema de simultaneidad implica la correlación en los factores de producción y el término de error por la presencia de variables omitidas, en particular la productividad inobservable. Dicho problema empírico ha sido abordado en la literatura por Levinsohn y Petrin (2003).

Finalmente, el problema de dependencia condicional implica la presencia de colinealidad entre los factores de producción. Al igual que el problema de simultaneidad, la dependencia condicional generaría la subestimación de la participación del capital en

el producto y la sobreestimación de la participación del trabajo. Recientemente, el problema de dependencia condicional en la estimación de función de producción ha sido abordado en la literatura por Ackerberg, Caves y Fraser (2015).

Tabla 1: Estimación de la función de producción

Problemas empíricos	Definición	Dirección del sesgo en la participación de los factores de producción	Metodologías
Sesgo de selección	Correlación entre el capital y el término estocástico no observable de la función de producción	Sesgo hacia abajo en la participación del capital (*downward bias:* $\hat{\beta}_{k,OLS} < \beta_k$)	Olley y Pakes (1996)
Endogeneidad por simultaneidad	Correlación entre los factores de producción y el término estocástico en la función de producción	Sesgo hacia abajo en la participación del capital (*downward bias:* $\hat{\beta}_{k,OLS} < \beta_k$)	Olley y Pakes (1996)
		Sesgo hacia arriba en la participación del trabajo (*upward bias:* $\hat{\beta}_{l,OLS} > \beta_l$)	Levinsohn y Petrin (2003)
Dependencia condicional	Colinealidad entre los factores de producción	Sesgo hacia abajo en la participación del capital (*downward bias:* $\hat{\beta}_{k,OLS} < \beta_k$)	Ackerberg, Caves y Fraser (2015)
		Sesgo hacia arriba en la participación del trabajo (*upward bias:* $\hat{\beta}_{l,OLS} > \beta_l$)	

Fuente: Van Beveren (2012)
Elaboración Propia

2.2 Productividad Total Factorial

Tanto la eficiencia como la productividad son consideradas por la literatura como indicadores de desempeño económico (Fried et al., 2008). En particular, la productividad mide cómo se emplean múltiples factores de producción combinados para generar múltiples unidades de producción. Usualmente, la productividad es definida como el ratio entre la medición del volumen de producción y la medición del volumen de factores utilizados en el proceso productivo (OECD, 2001; Färe et al., 2008).

De acuerdo con Färe et al., (2008), la productividad puede ser considerada como el indicador de desempeño más intuitivo y familiar a distintos niveles. A nivel agregado, la productividad es considerada como una parte fundamental del crecimiento económico y el bienestar. Por su parte, a nivel de firmas, la productividad es un componente fundamental de la rentabilidad empresarial.

A nivel de firmas, la estimación empírica de la función de producción puede generar información suficiente para calcular una medición residual de la productividad total de los factores de producción (PTF). La PTF es una aproximación de la productividad a nivel de firmas en un contexto de múltiples factores y productos. En este estudio se considera que la PTF resume todas aquellas externalidades positivas inobservables que contribuyen al incremento de la producción de las firmas (Abramovitz, 1956; Jorgenson y Griliches, 1967). El cálculo de la PTF a nivel de firmas permite medir el rol de cambios tecnológicos y cambios en la eficiencia operativa en la producción (Färe et al., (2008).

Empíricamente, la PTF puede ser calculada como el residuo resultante entre el cambio proporcional en el producto observado menos el cambio proporcional en el uso de los factores de producción, residuo denominado como “residuo de Solow” (Solow 1957). Los problemas empíricos descritos anteriormente sobre la estimación de la función de producción han generado un creciente interés en la literatura por desarrollar metodologías que buscan dar cuenta de dichos problemas y ofrecer estimaciones más precisas de la participación de los factores de producción en la función de producción y con ello obtener cálculos de la PTF más precisos. Este estudio busca contribuir a la literatura para el caso peruano en tal dirección.

2.3 Literatura relacionada

En la literatura, la estimación de la función de producción y la PTF a nivel de firmas se ha enmarcado, principalmente, en el enfoque primal y métodos paramétricos. La estimación de la función de producción parte de asumir una función de producción estocástica, asumiendo en general una forma funcional (log-linealizada) de tipo Cobb-Douglas (Griliches y Mairesse, 1995). Bajo esta aproximación, el análisis econométrico se ha enfocado inicialmente en estimar los parámetros estructurales de la función de producción empleando el estimador OLS. Los parámetros estimados aproximan la participación del capital y trabajo en el producto, y con ello se estima la PTF como el residuo resultante. Sin embargo, el problema potencial de endogeneidad en la determinación de los factores de producción y la productividad genera que las estimaciones por OLS sean inconsistentes (Griliches y Mairesse, 1995).

En la literatura empírica se han desarrollado diversas estrategias para superar los problemas de sesgo de selección y endogeneidad en la función de producción. Inicialmente, se emplearon paneles de datos con efectos fijos (Mundlak, 1961; Mundlak y Hoch, 1965), donde se asume que los shocks de productividad son invariantes en el tiempo. Bajo dicho supuesto, las estimaciones de los parámetros estructurales pueden ser consistentes. Al respecto, Ackerberg et al. (2007) menciona que dicho supuesto es poco plausible, ya que la productividad es susceptible a variar en el tiempo, además que la inconsistencia de las estimaciones se incrementa si existen errores de medición en las variables empleadas como proxies de los factores de producción.

Ante ello, Olley y Pakes (1996) desarrollan un método semi-paramétrico que plantea una relación determinística entre la productividad y la inversión, asumiendo que dicha relación es la misma para todas las firmas; es decir, que todas las firmas enfrentarían los mismos precios y condiciones de mercado. Este método impone el supuesto de monotonicidad en la relación entre la inversión y productividad, condición que asegura la invertibilidad de la función de demanda de la inversión. De acuerdo con Ackerberg, Craves y Fraser (2015), el problema con este método radica en que para muchas firmas la inversión está truncada hacia cero; es decir, la inversión tiene el mismo valor para distintos valores de la productividad, por lo que no será posible invertir la función de demanda de la inversión. Una posibilidad es excluir todas las firmas para las cuales la inversión sea nula; no obstante, el riesgo potencial es una significativa pérdida de observaciones, lo cual afectaría a las propiedades asintóticas del estimador.

Por su parte, Levinsohn y Petrin (2003) proponen emplear los insumos en lugar de la inversión en la función de control. En este método se asume que los insumos dependen de la productividad y del capital. Como en el método anterior, se asume monotonicidad en la relación entre insumos y productividad. Este método estima los parámetros de interés a través del estimador Método Generalizado de Momentos (GMM, por sus siglas en ingles), las condiciones de momentos se plantean en términos de los errores idiosincráticos de la función de producción y el proceso estocástico de la productividad ortogonal a los instrumentos (capital e insumos rezagados un periodo).

Sin embargo, de acuerdo con Ackerberg et al. (2007) y Ackerberg, Craves y Fraser (2015), tanto en el método propuesto por Olley y Pakes (1996) como en el propuesto por Levinsohn y Petrin (2003), todas las variables de decisión (trabajo, insumos e inversión) dependen de las mismas variables de estado (capital y productividad), lo cual generaría la existencia de colinealidad entre los factores de producción, puesto que los factores, trabajo e insumos principalmente, están determinados por las mismas variables de estado (capital y productividad).

La decisión entre trabajo y el uso de insumos se toma simultáneamente, donde ambas variables son perfectamente colineales no paramétricamente, problema denominado como dependencia condicional (Ackerberg et al., 2007 y Ackerberg, Craves y Fraser, 2015). En la medida que el trabajo sea una variable dinámica o esté asociada a la inversión o a los insumos, el parámetro asociado al factor trabajo no podría ser identificado plausiblemente tanto en Olley y Pakes (1996) como en Levinsohn y Petrin, (2003). Para abordar adecuadamente el problema de dependencia condicional, Ackerberg, Craves y Fraser (2015) asumen que la productividad también depende del factor trabajo y que, a través de las condiciones de momentos de los errores ortogonales con el capital y el trabajo, es posible identificar adecuadamente los parámetros de ambos factores.

Respecto de la estimación de la función de producción y la PTF para el caso peruano, en la Tabla 2 se muestran los principales estudios que han buscado estimar la función de producción y la PTF a nivel de firmas. Entre ellos se encuentran los estudios de Tello (2012) y Céspedes et al. (2014). En primer término, Tello (2012) estima la función de producción para empresas manufactureras en el periodo 2002-2007. Emplea una forma funcional Cobb-Douglas y cinco metodologías alternativas: OLS, paneles de datos con efectos fijos, paneles de datos con efectos aleatorios, Olley-Pakes y Levinsohn-Petrin. Encuentra que OLS sobreestima la participación de los factores de trabajo y capital, y

empleando la metodología de Levinsohn y Petrin (2003) encuentra que la participación del trabajo es 0.445 y del capital es 0.229. Dichas estimaciones serían consistentes ante problemas de endogeneidad, pero potencialmente sesgadas ante el problema de dependencia condicional.

Por su parte, Céspedes et al. (2014) estiman la función de producción para el periodo 2002-2011 con información de los estados financieros de firmas registradas por la Superintendencia de Administración Tributaria (SUNAT). La muestra panel empleada es de 8,996 firmas de diversos sectores económicas (Agricultura, Comercio, Construcción, Electricidad, Industria, Intermediación Financiera, Minería, Servicios y Pesca). Los autores asumen una función de producción Cobb-Douglas y emplean cuatro aproximaciones para la estimación de la participación de los factores en la función de producción: OLS, Efectos Fijos, Arellano-Bond (asumiendo que la productividad es invariante en el tiempo) y Olley-Pakes. Los autores encuentran que, de acuerdo con la metodología Olley y Pakes (1996), la participación del trabajo es 0.45 y del capital es 0.78. Dichas estimaciones serían consistentes ante problemas de endogeneidad, pero potencialmente sesgadas ante el problema de dependencia condicional.

Tabla 2. Literatura relacionada para el caso peruano

Estudios	Objetivo	Forma funcional de la función de producción	Aborda el problema de endogeneidad	Aborda el problema de dependencia condicional	Participación del trabajo y capital en el producto
Tello (2012)	Estimación de la función de producción a nivel de firmas manufactureras entre 2002 y 2007	Cobb-Douglas	Si -OLS -Panel con efectos fijos/aleatorios - Olley Pakes (OP) - Levinsohn Petrin (LP)	No	OLS: L=0.463 K=0.295 OP: L=0.422 K=0.276 LP: L=0.445 K=0.229
Céspedes et al., (2014)	Estimación de la función de producción a nivel de firmas entre 2002 y 2011	Cobb-Douglas	Si -OLS -Panel con efectos fijos - Arellano Bond - Olley Pakes (OP)	No	OLS: L=0.442 K=0.623 OP: L=0.45 K=0.78

Fuentes:
Tello, M. 2012. "Productividad total factorial en el sector manufacturero del Perú 2002-2007" Economía 35(70), pp. 103-141.
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, Revista Estudios Económicos 28, pp. 9-26

3. Metodología

3.1 Fuente de datos y variables

Para la estimación empírica de las funciones de producción usualmente se han empleado paneles de datos de firmas o plantas con información anual y mediciones de producción valorizada, ingresos, ventas o valor agregado (output). Los factores de producción son aproximados a través de mediciones específicas en función de la disponibilidad de información (Van Beveren, 2012 y Aguirregabiria, 2018): trabajo (gasto de personal, número de trabajadores), capital (activos totales, activos fijos), insumos (gasto total en insumos).

En el presente estudio se considera pertinente emplear como principal fuente de información a la Encuesta Económica Anual (EEA) la cual es desarrollada y aplicada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). La EEA releva información económica y financiera de firmas en 14 actividades económicas: agencias de viajes, agroindustria, centro educativos no estatales, comercio, construcción, establecimiento de hospedaje, hidrocarburos, pesca, manufactura, servicios eléctricos, transporte y comunicaciones, universidades no estatales, restaurantes y servicios. La población está compuesta por más de 75 mil firmas a nivel nacional, de la cual la muestra de firmas relevadas en EEA es probabilística de la población de firmas registradas en el Padrón de Contribuyentes de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT)[3].

De acuerdo con la ficha técnica de la EEA, la muestra es probabilística, estratificada, unietápica e independiente en cada departamento, de estrato forzoso y auto-representada, donde las firmas son seleccionadas mediante un procedimiento de selección sistemático aleatorio. El conjunto de datos puede ser expresado en términos generales como (Aguirregabiria, 2018):

$$Data = \{Y_{i,t},, L_{i,t}, K_{i,t}, M_{i,t} : i = 1,2, \dots, N; t = 1,2, \dots, T\}_{i,t} \quad (2)$$

[3] La EEA incluye información de empresas que registran valor de ventas, en condición de activas y habidas en SUNAT. No incluye información de empresas agrícolas, empresas de educación pública, empresas del gobierno central, organismos extraterritoriales, instituciones financieras y empresas mineras.

Donde $Y_{i,t}$ es el resultado del proceso productivo (output), el proceso productivo se basa en factores de producción: trabajo, capital e insumos ($L_{i,t}, K_{i,t}, M_{i,t}$, respectivamente), N es el número de firmas "i" disponibles en la muestra y T es el número de periodos con información disponible de las firmas.

En la Tabla 3 se muestran las principales variables consideradas de acuerdo con la ecuación (1) y los cuestionarios de datos de la EEA. Se han considerado los ejercicios económicos correspondientes a los años 2014, 2015 y 2016. En primer término, para aproximar el producto ($Y_{i,t}$) se ha considerado el valor monetario de la producción total, la producción está determinada como la suma de la producción del ejercicio correspondiente y el margen comercial. Por un lado, la producción del ejercicio es la suma de las ventas netas, prestación de servicios, variación de la producción en almacenes y la producción del activo inmovilizado. Por otro lado, el margen comercial es la suma de las ventas netas de mercancías más la variación de existencias menos la compra de mercancías.

En segundo término, el factor trabajo ha sido aproximado a través del valor monetario de los gastos de personal (que incluye a trabajadores de planta, directores y gerentes). Se ha considerado dicho indicador para aproximar el precio del trabajo en el proceso productivo de acuerdo con lo sugerido por Aguirregabiria (2018).

En tercer término, el factor capital ha sido aproximado a través del valor monetario del activo total neto de depreciación, el cual está determinado como la suma entre el activo corriente y el activo no corriente. Se ha considerado dicho indicador para aproximar el precio del capital de acuerdo con lo sugerido por Aguirregabiria (2018).

Los insumos fueron aproximados como el valor monetario de la suma de las compras de materias primas, insumos auxiliares, suministros, repuestos, envases y embalajes, más costos vinculados con las compras. Se han considerado algunas variables adicionales, entre ellas la inversión, esta variable es aproximada como la valoración de la suma de inversiones inmobiliarias (edificaciones) más inversiones en inmuebles, maquinaria y equipo (maquinaria, equipos y equipos diversos). Para aproximar la participación femenina en el proceso productivo, se ha considerado la proporción del número total de mujeres trabajadores respecto del total de trabajadores, la proporción del número de trabajadores ejecutivas mujeres respecto del total de ejecutivos, la proporción del número de trabajadores empleadas mujeres respecto del total de

ejecutivos y la proporción del número de trabajadores obreras mujeres respecto del total de obreros.

Tabla 3. Variables

Variables	Definición
$Y_{i,t}$	Producción total: suma de la producción total del ejercicio y el margen comercial, reportado como el valor monetario reportado en el Estado de Resultados por Naturaleza.
$L_{i,t}$	Gastos de personal, directores y gerentes. Valor monetario reportado en el Estado de Resultados por Naturaleza.
$K_{i,t}$	Total activo: suma del total activo corriente más total activo no corriente netos de depreciación. Valor monetario reportado en el Estado de Resultados por Situación Financiera.
$M_{i,t}$	Insumos: suma de las compras de materias primas, auxiliares, suministros, repuestos, envases y embalajes más costos vinculados con las compras. Valor monetario reportado en el Estado de Resultados por Naturaleza.
Variables adicionales:	
Ratio mujeres trabajadoras respecto de total trabajadores	
Ratio ejecutivas mujeres respecto del total de ejecutivos	
Ratio empleadas mujeres respecto del total de empleados	
Ratio obreras mujeres respecto del total de obreros	

Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

Con el objetivo de mejorar la comparabilidad en el tiempo, las variables expresadas en valores monetarios fueron deflactadas temporalmente a precios de 2009, empleando para ello el Índice de Precios del Consumidor de Lima Metropolitana para los años 2014, 2015 y 2016. Adicionalmente, fueron incluidas solamente firmas con información completa de producción e insumos por al menos tres años consecutivos. En la Sección 4.1 se describe la muestra empleada.

3.2 Métodos de estimación de la Función de Producción

Forma funcional de la función de producción

Se asume una función de producción de valor agregado de tipo Leontief de la ecuación (1)[4], donde las ventas totales son proporcionales al uso de insumos (Ackerberg et al., 2015:

$$Y_{i,t} = min\left\{\beta_0 K_{i,t}^{\beta_k} L_{i,t}^{\beta_l} \mathrm{e}^{v_{i,j,t}}, M_{i,t}\right\} \quad (3)$$

En la ecuación anterior, $Y_{i,t}$ son las ventas totales de la firma "i" en el periodo "t". Las ventas son una función del capital ($K_{i,t}$), trabajo ($L_{i,t}$) y son proporcionales a los insumos ($M_{i,t}$). Asumiendo *Hick's neutral productivity shocks* (Gandhi et al., 2014), el término $v_{i,t}$, puede ser descompuesto en:

$$v_{i,t} = \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Si las condiciones de primer orden se cumplen $Y_{i,t} = M_{i,t} = min\left\{\beta_0 K_{i,t}^{\beta_k} L_{i,t}^{\beta_l} \mathrm{e}^{v_{i,j,t}}\right\}$ y tomando logaritmos, es posible plantear la función de producción agregada "*Value-added production*" como[5]:

$$va_{i,t} = \beta_0 + \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

En la ecuación anterior, $va_{i,t} = y_{i,t} - m_{i,t}$ es el valor agregado de la producción expresada como la diferencia entre el logaritmo de las ventas ($y_{i,t}$) y el uso de insumos ($m_{i,t}$). $l_{i,t}$ es el logaritmo del trabajo, $k_{i,t}$ es el logaritmo del capital, $\omega_{i,t}$ es una variable que representa la productividad no observable, pero potencialmente observable o predecible por la firma para tomar decisiones *ex - ante* respecto del uso de los factores de producción. $\varepsilon_{i,t}$ es un shock estocástico en la producción o la productividad, el cual ocurre luego de ser tomadas las decisiones de uso de insumos intermedios y de producción por parte de las firmas. No obstante, es posible extender los resultados de la estimación de la función de producción empleando formas funcionales más usuales como la Cobb-Douglas para la identificación de la participación del trabajo y capital en el producto. Dicha forma funcional en la función de producción fue empleada como análisis de robustez de los resultados, para evaluar la sensibilidad de los resultados ante el cambio en la forma funcional asumida de la función de producción.

[4] La especificación de tipo Leontief de la función de producción corresponde a la situación donde una cantidad específica de cantidad de insumos es necesaria para producir una unidad de producto.
[5] Se plantea una función de producción agregada "*Value-added production*" explícitamente para que los insumos no entre como regresor en la función de producción a estimar.

Método Olley y Pakes (1996)

A diferencia de otros métodos desarrollados en la literatura para estimar la función de producciones basadas en variables instrumentales y paneles de datos, Olley y Pakes (1996) proponen utilizar variables observables para controlar por la productividad inobservable. Olley y Pakes (1996) desarrollan un estimador semi-paramétrico consistente ante problemas de endogeneidad empleando el nivel de inversión ($I_{i,t}$) como una proxy de los shocks de productividad inobservable. Al inicio de cada periodo, cada firma decide continuar o no continuar con sus operaciones. Si se mantiene en el mercado, la firma decide el nivel de factores de producción y de inversión. La firma maximiza el valor esperado de flujo de caja e inversiones sujeto a la expectativa sobre la estructura futura de mercado.

En el método de Olley y Pakes (1996) se asume que el trabajo ($L_{i,t}$) es un factor perfectamente flexible, se asume además que la inversión ($I_{i,t}$) depende del nivel de productividad y del capital: $I_{i,t} = I(\omega_{i,t}, K_{i,t})$, y que la inversión es estrictamente creciente con la productividad ($\omega_{i,t}$). Entonces, las firmas que esperan un shock positivo de productividad en el periodo "t" incrementaran su nivel de inversión en dicho periodo para un nivel de capital dado. La productividad ($\omega_{i,j,t}$) sigue un proceso de Markov de primer orden: $\omega_{i,t} = \mathbb{E}[\omega_{i,t}|\Omega_{i,t}] + \xi_{i,t} = \mathbb{E}[\omega_{i,t}|\omega_{i,t-1}] + \xi_{i,t} = g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t}$. Con ello la función inversa para la productividad puede ser expresada como (condición de invertibilidad en inversión):

$$\omega_{i,t} = I^{-1}(I_{i,t}, K_{i,t}) = h(I_{i,t}, K_{i,t}) \tag{6}$$

La función de control expresada en la ecuación (6) puede ser introducida en la ecuación (5). Con ello, la función de producción agregada "*Value-added production*" puede ser expresada como:

$$va_{i,t} = \beta_0 + \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + h(I_{i,t}, K_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \tag{7}$$

Re-expresando la ecuación anterior y expresando la inversión y el capital en logaritmos:

$$va_{i,t} = \beta_l l_{i,t} + \varphi(i_{i,t}, k_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \tag{8}$$

En la ecuación anterior $\varphi(i_{i,t}, k_{i,t}) = \beta_0 + \beta_k k_{i,t} + h(I_{i,t}, K_{i,t})$, la ecuación es aproximada a través de un polinomio de segundo orden (Yasar et. al., 2008). La estimación de la ecuación (8) por OLS constituye la primera etapa del método de Olley y Pakes (1996). El coeficiente estimado relacionado con la participación del trabajo en el valor agregado ($\hat{\beta}_l$) puede ser consistente toda vez que la función $\varphi(i_{i,t}, k_{i,t})$ estimada controla por la productividad inobservada (función de control), donde el término de error no estaría correlacionado con los factores de producción. La ecuación (8) no identifica el coeficiente relacionado con el capital (β_k), para ello, en la segunda etapa del método, se propone la estimación de la siguiente ecuación:

$$va_{i,t} - \hat{\beta}_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} = \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \tag{9}$$

Dado que $\omega_{i,t} = g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t}$ y la función $g(.)$ puede ser expresada como $g(\omega_{i,t-1}) = +\gamma_1 \omega_{i,t-1} + \gamma_2 \omega_{i,t-1}^2 + \gamma_3 \omega_{i,t-1}^3$ donde $\omega_{i,t-1} = \hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1}$, con ello la ecuación anterior puede ser re-expresada como:

$$\begin{aligned} va_{i,t} - \hat{\beta}_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} & \\ &= \gamma_1(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1}) + \gamma_2(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^2 \\ &+ \gamma_2(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^3 + \xi_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \tag{10}$$

De la estimación de la ecuación anterior a través de Mínimos Cuadros No Lineales (NLLS) es posible identificar la participación del capital en el producto ($\hat{\beta}_k$).

Método Levinsohn y Petrin (2003)

En el método de Levinsohn y Petrin (2003) se asume que el trabajo ($L_{i,t}$) es un factor perfectamente flexible. A diferencia del método anterior, en lugar de la inversión, se asume que la demanda por insumos ($M_{i,t}$) depende del nivel de productividad y del capital: $M_{i,t} = M(\omega_{i,t}, K_{i,t})$. Asimismo, se asume que dicha demanda es estrictamente creciente con la productividad ($\omega_{i,t}$). De acuerdo con Levinsohn y Petrin (2003), la identificación de la función de control a través de la inversión podría generar estimaciones inconsistentes de la participación del trabajo en la producción debido a dos argumentos. Por un lado, la inversión puede responder solamente a shocks más persistentes en la productividad; en contraste, los insumos pueden responder a cualquier tipo de shock de productividad. Por otro lado, en las bases de datos

disponibles para la estimación de la productividad, la inversión reportada por las firmas puede estar truncada a valores próximos a cero, con ello si $I_{i,t} = 0$. En consecuencia, no se cumpliría la condición de invertibilidad en la ecuación (6), dado que dicha función no sería estrictamente creciente.

En el método Levinsohn y Petrin (2003), la demanda de insumos ($M_{i,t}$) depende del nivel de productividad y del capital: $M_{i,t} = M(\omega_{i,t}, K_{i,t})$. La función inversa para la productividad puede ser expresada como (condición de invertibilidad en insumos):

$$\omega_{i,t} = M^{-1}(M_{i,t}, K_{i,t}) = f(M_{i,t}, K_{i,t}) \tag{11}$$

Donde la productividad ($\omega_{i,j,t}$) sigue un proceso de Markov de primer orden: $\omega_{i,t} = \mathbb{E}[\omega_{i,t}|\Omega_{i,t}] + \xi_{i,t} = \mathbb{E}[\omega_{i,t}|\omega_{i,t-1}] + \xi_{i,t} = g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t}$. Empleando la forma funcional asumida en la ecuación (5), la función de producción puede ser plantada como:

$$va_{i,t} = \beta_l l_{i,t} + \varphi(m_{i,t}, k_{i,t}) + \eta_{i,t} \tag{12}$$

En la ecuación anterior, la función $\varphi(m_{i,t}, k_{i,t}) = \beta_0 + \beta_k k_{i,t} + f(M_{i,t}, K_{i,t})$ es aproximada a través de un polinomio de tercer orden (Petrin et. al., 2004). La estimación de la ecuación (12) por OLS constituye la primera etapa del método. El coeficiente estimado relacionado con la participación del trabajo en el valor agregado ($\hat{\beta}_l$) puede ser consistente toda vez que la función $\varphi(m_{i,t}, k_{i,t})$ estimada está controlada por la productividad inobservada.

La segunda etapa permite identificar la participación del capital (β_k) en el valor agregado de la producción. Para ello, en la segunda etapa del método, se propone la estimación de la siguiente ecuación:

$$va_{i,t} - \hat{\beta}_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} = \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \tag{13}$$

Dado que $\omega_{i,t} = g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t}$ y la función $g(.)$ puede ser expresada como $g(\omega_{i,t-1}) = +\gamma_1 \omega_{i,t-1} + \gamma_2 \omega_{i,t-1}^2 + \gamma_3 \omega_{i,t-1}^3$, donde $\omega_{i,t-1} = \hat{\varphi}(m_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1}$. Con ello, la ecuación anterior puede ser re-expresada como:

$$\xi_{i,t} + \varepsilon_{i,t} = va_{i,t} - \hat{\beta}_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} - \gamma_1(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1}) + \gamma_2(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^2 + \gamma_2(\hat{\varphi}(i_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^3 \quad (14)$$

La ecuación anterior es estimada a través del Método Generalizado de Momentos (GMM, por sus siglas en inglés), en la cual es posible identificar la participación del capital en el producto ($\hat{\beta}_k$) a través de la solución al siguiente problema de optimización:

$$\min_{\beta_k} \sum_t \{va_{i,t} - \hat{\beta}_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} - \gamma_1(\hat{\varphi}(m_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1}) + \gamma_2(\hat{\varphi}(m_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^2 + \gamma_2(\hat{\varphi}(m_{i,t-1}, k_{i,t-1}) - \beta_k k_{i,t-1})^3\}^2 \quad (15)$$

Método Ackerberg, Caves y Frazer (2015)

Ackerberg et al. (2007) y Ackerberg et al. (2015) plantean una crítica a los dos métodos anteriores. La crítica se enfoca en la identificación de la función de control en la estimación de la función de producción generado por la colinealidad entre los factores de producción. Dicho problema es denominado como dependencia condicional. El problema de dependencia condicional se genera porque las variables de decisión (trabajo, insumos e inversión) dependen de las mismas variables de estado (capital y productividad). Para el factor trabajo: ($l_{i,t} = f_{1,t}(\omega_{i,t}, k_{i,t})$), para el factor insumos ($m_{i,t} = f_{2,t}(\omega_{i,t}, k_{i,t})$), para la inversión ($i_{i,t} = f_{3,t}(\omega_{i,t}, k_{i,t})$).

Se asume que las firmas acumulan capital de acuerdo con $k_{i,t} = k(k_{i,t-1}, i_{i,t-1})$, donde las decisiones de inversión son tomadas en el periodo "t-1" y las decisiones sobre la cantidad de trabajo son tomadas en el periodo "t" y "t-1". La demanda por insumos de la firma "i" en el periodo "t" puede ser expresada como $m_{i,t} = \widetilde{f}_t(\omega_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t})$, la cual depende de la productividad y el capital, y está condicionada al factor trabajo. Bajo el supuesto de monotonicidad estricta $\widetilde{f}_t(.)$ es estrictamente creciente con la productividad ($\omega_{i,t}$), por ello, es posible invertir la demanda de insumos de la forma: $\omega_{i,t} = \widetilde{f_{i,t}^{-1}}(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t})$. Dicha expresión puede ser sustituida en la ecuación (3):

$$va_{i,t} = \beta_0 + \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + \widetilde{f_{i,t}^{-1}}(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} = \widetilde{\Phi}_t(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad (16)$$

La condición de momentos de la primera etapa puede ser planteada en los siguientes términos: $E\left[\varepsilon_{i,t}|\Omega_{i,t}\right] = E\left[va_{i,t} - \widetilde{\Phi}_t\left(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t}\right)|\Omega_{i,t}\right] = 0$. En la primera etapa, el parámetro asociado al trabajo no está conceptualmente identificado, mientras que la función $\widetilde{\Phi}_t\left(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t}\right)$ puede ser estimada no paramétricamente ($\widehat{\widetilde{\Phi}}_t\left(m_{i,t}, k_{i,t}, l_{i,t}\right)$) a través de un polinomio de segundo orden en $l_{i,t}$, $k_{i,t}$ y $m_{i,t}$. Con ello se recupera un estimado no paramétrico de $\widehat{\widetilde{\Phi}}_t$, donde $\widehat{\widetilde{\Phi}}_t = \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + \beta_m m_{i,t} + \omega_{i,t}$. Asumiendo que el término de innovación de $\omega_{i,j,t}$ sigue un proceso de Markov de primer orden: $\omega_{i,t} = \mathbb{E}\left[\omega_{i,t}|\Omega_{i,t}\right] + \xi_{i,t} = \mathbb{E}\left[\omega_{i,t}|\omega_{i,t-1}\right] + \xi_{i,t} = g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t}$, incorporando esta expresión en la ecuación (3) se tiene que:

$$va_{i,t} = \beta_0 + \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + g(\omega_{i,t-1}) + \xi_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \tag{17}$$

Si $\eta_{i,t} = \xi_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$, la ecuación anterior poder ser expresada como $\eta_{i,t} = va_{i,t} - \beta_0 - \beta_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} - g(\omega_{i,t-1})$. La función $g(.)$ puede ser expresada como $g\left(\omega_{i,t-1}\right) = \gamma_1\omega_{i,t-1} + \gamma_2\omega_{i,t-1}^2 + \gamma_3\omega_{i,t-1}^3$, como se definió anteriormente $\omega_{i,t-1} = \widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}$. La segunda etapa del método implica estimar los parámetros de interés empleado la siguiente Condición de Momentos:

$$\begin{aligned}\mathbb{E}\left[\eta_{i,t}|\Omega_{i,t-1}\right] = E\Big[&va_{i,t} - \beta_0 - \beta_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} \\ &- \gamma_1\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right) \\ &- \gamma_2\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right)^2 \\ &- \gamma_3\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right)^3 |\Omega_{i,t-1}\Big]\end{aligned} \tag{18}$$

De la estimación de la ecuación anterior a través del Método Generalizado de Momentos (GMM, por sus siglas en inglés) es posible identificar tanto la participación del trabajo ($\hat{\beta}_l$) como del capital ($\hat{\beta}_k$) en el producto a través de la solución al siguiente problema de optimización:

$$\begin{aligned}\min_{\beta_l,\beta_k} \sum_t &va_{i,t} - \beta_0 - \beta_l l_{i,t} - \beta_k k_{i,t} - \gamma_1\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right) \\ &- \gamma_2\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right)^2 \\ &- \gamma_3\left(\widehat{\widetilde{\Phi}}_{t-1} - \beta_l l_{i,t-1} - \beta_k k_{i,t-1} - \beta_m m_{i,t-1}\right)^3 |\Omega_{i,t-1}\end{aligned} \tag{19}$$

En el problema de optimización planteado anteriormente, la estimación por GMM de la participación del trabajo ($\hat{\beta}_l$) podría generar una mejor identificación de dicho factor, reduciendo el sesgo de dependencia condicional respecto de los métodos de Olley y Pakes (1996) y Levinsohn y Petrin (2003).

Para la solución del problema de optimización, las condiciones de ortogonalidad son: $\mathbb{E}[k_{i,t}\eta_{i,t}] = 0$, $\mathbb{E}[l_{i,t-1}\eta_{i,t}] = 0$ y $\mathbb{E}[m_{i,t-1}\eta_{i,t}]$, donde la consistencia asintótica del estimador GMM depende de la ausencia de correlación serial de segundo orden en los errores del modelo. Se plantea verificar empíricamente dicho supuesto a través del contraste de Sargan (1958) y Hansen (1982), donde la hipótesis nula de dicho contraste implica que la estructura de instrumentos impuesta en el modelo es válida.

Estimación de la PTF

La estimación de los coeficientes $\beta_l \, y \, \beta_k$ a través de los métodos descritos anteriormente permitirían calcular la Productividad Total Factorial ($\omega_{i,t}$) de la forma:

$$PTF_{i,t}: \widehat{\omega}_{i,t} = va_{i,t} - \hat{\beta}_l \, l_{i,t} - \hat{\beta}_k k_{i,t} \tag{20}$$

4. Resultados

4.1 Descripción de los datos

En este estudio se ha empleado información de la Encuesta Económica Anual (EEA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el análisis se ha restringido a aquellas firmas que reportaron información de todas las variables necesarias para la estimación de la función de producción por al menos tres años consecutivos, se han considerado firmas que reportan ventas anuales superiores a 170 Unidades Impositivas Tributarias en los 14 sectores económicos, las cuales completaros los formatos de información de la EEA: B1, M, U, A1 y R2 en la EEA.

En la Tabla 4 se muestran los posibles paneles de datos susceptibles de ser empleados en el análisis. Se observa que la muestra de 4 y 5 años consecutivos no serían viables de utilizar por mostrar un insuficiente número de observaciones, solamente el panel conformado por firmas entre los ejercicios económicos 2014, 2015 y 2016 sería viable de ser empleado en el análisis. Dicha muestra panel contiene información de 1291 firmas en una estructura de panel balanceado.

Tabla 4. Identificación de muestras panel

Años consecutivos (ejercicios económicos)	Número de firmas
2014-2015-2016	1291
2013-2014-2015-2016	473
2012-2013-2014-2015-2016	12

Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

Para asegurar el cumplimiento de las propiedades asintóticas de los estimadores se ha restringido la muestra panel 2014-2015 y 2016. Para ello, se ha considerado solamente sectores económicos con un número suficiente de observaciones y se han excluido de la base de datos los sectores de agencias de viajes, centros educativos no estatales, pesca, servicios eléctricos y universidades no estatales. En general, en dichos sectores el número de observaciones resultó menor de 30.

En la Tabla 5 se describe la estructura sectorial de la muestra panel entre 2014, 2015 y 2016, los sectores económicos están clasificados en función a la división de la CIIU revisión 4. Se han considerado los siguientes sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes

y servicios. En la muestra, el 44% de firmas pertenecen al sector comercio, 19% al sector servicios y 16% manufactura. Estos tres sectores conglomeran el 79% de la muestra, el 21% restante corresponde al resto de sectores económicos.

Tabla 5. Muestra restringida por sector económico (Panel: 2014-2015-2016)

Sectores económicos	Muestra panel	
	Firmas	%
Agroindustria	31	3%
Comercio	524	44%
Construcción	62	5%
Hidrocarburos	28	2%
Manufactura	190	16%
Transportes y comunicaciones	112	9%
Restaurantes	23	2%
Servicios	222	19%
Total	1192	100%

Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

En la Tabla 6 se reportan las estadísticas descriptivas básicas de las variables consideradas para la estimación de la función de producción: producción ($Y_{i,t}$), trabajo ($L_{i,t}$), capital ($K_{i,t}$) e insumos ($M_{i,t}$). Entre los factores productivos se observa que los insumos muestran una mayor desviación estándar, lo cual sugiere una mayor dispersión de los datos del uso de insumos entre las firmas de la muestra. Por su parte, el capital muestra la menor dispersión. La inversión muestra valores truncados a cero, mientras que la edad promedio de las firmas es de 60 años, el número promedio de trabajadores es de 331 y la participación laboral femenina es, en promedio, 30%.

Tabla 6. Estadísticas descriptivas
(Panel: 2014-2015-2016)

Variables	Obs	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
$Y_{i,t}$	3555	16.5	1.5	12.3	21.2
$L_{i,t}$	3523	15.0	1.5	10.3	19.5
$K_{i,t}$	3544	16.9	1.4	13.3	21.6
$M_{i,t}$	1800	14.9	2.6	6.3	23.1
Inversión	3576	4.79	6.48	0	19.15
Edad de la firma	2383	60	48.86	2	115
Número de trabajadores	3576	331	1036	0	15806
Participación laboral femenina	3538	0.30	0.20	0	1

Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

En la Tabla 7 se reportan las estadísticas descriptivas básicas de las variables consideradas para la estimación de la función de producción por quintiles de la producción. La producción de las firmas en el quintil más alto es 1.29 veces más que las firmas del quintil más bajo. Por su parte, el uso de trabajo, capital e insumos en el quintil más alto es 1.27, 1.19 y 1.48 más que las firmas del quintil más bajo respectivamente. Las firmas más grandes son más intensivas en el uso de insumos respecto de las más pequeñas, lo cual podría ser atribuido a las características sectoriales, toda vez que más del 25% de firmas en el quintil 5 pertenecen al sector manufactura y más de 93% del quintil 1 al sector comercio.

Por otro lado, el nivel de inversión el quintil 5 (firmas más grandes) es 2.2 veces más que en el quintil 1 (firmas más pequeñas). Las firmas más grandes son más antiguas que las firmas más pequeñas. Asimismo, el número de trabajadores de las firmas más grandes es 37 veces más que las firmas más pequeñas. Finalmente, la participación laboral femenina es mayor en las firmas más pequeñas, en las cuales en promedio 33% de trabajadores son mujeres. Dicha proporción es de 28% en las firmas más grandes.

Tabla 7. Estadísticas descriptivas
(Panel: 2014-2015-2016)
Quintiles de la producción ($Y_{i,t}$)

Variables	Total	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
$Y_{i,t}$	16.5	14.5	15.8	16.5	17.2	18.7
$L_{i,t}$	15.0	13.1	14.5	15.0	15.6	16.7
$K_{i,t}$	16.9	15.6	16.3	16.6	17.3	18.7
$M_{i,t}$	14.9	11.4	13.6	14.2	15.3	16.9
Inversión	4.8	2.8	3.8	5.1	5.9	6.2
Edad de la firma	60	50	59	60	64	66
Número de trabajadores	320	30	82	127	260	1101
Participación laboral femenina	0.30	0.33	0.32	0.30	0.28	0.28

Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

4.2 Estimaciones de la función de producción y la productividad total factorial

La participación del capital en la función de producción está representada empíricamente por los coeficientes β_l y β_k de la ecuación (5). Dichos coeficientes fueron estimados a través de cinco métodos: Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés), Efectos Fijos (FE, por sus siglas en inglés)[6], Olley y Pakes (OP), Levinhson y Petrin (LP), y Ackerberg, Caves y Fraser (ACF).

En la Tabla 8 se reportan los principales resultados del estudio. Se han estimado los coeficientes de participación del trabajo y capital considerando una forma funcional de tipo Leontief de acuerdo con lo planteado en las ecuaciones (3), (4) y (5). La magnitud de los coeficientes estimados difiere en función al método de estimación empleado, lo cual permite identificar la dirección de los sesgos conceptuales generados por los problemas empíricos en la estimación de la función de producción descritos previamente en la Tabla 1. Todas las estimaciones reportadas fueron efectuadas en STATA 15 ®. Para el caso de los métodos OLS y FE, fueron empleados los comandos "*reg*" y "*xtreg, fe*" respectivamente; para el caso del método Olley y Pakes, se utilizó el comando "*opreg*", desarrollado por Yasar et al. (2008); para el caso del método Levinsohn y Petrin, se utilizó el comando "*levpet*", desarrollado por Petrin et al. (2004); y, finalmente, para el caso del método Ackerberg, Caves y Frazerm, se utilizó el comando "*acfest*", desarrollado por Manjón y Mañez (2016).

Considerando que la estructura de la muestra panel es balanceada, el presente estudio se enfoca en los problemas de endogeneidad y dependencia condicional en la estimación de la función de producción[7]. Tales problemas generarían teóricamente que la estimación de los coeficientes de participación de los factores de producción por OLS muestren un sesgo hacia arriba en el caso de la participación del trabajo (*upward bias:* $\hat{\beta}_{l,OLS} > \beta_l$) y un sesgo hacia abajo en el caso de la participación del capital (*downward bias:* $\hat{\beta}_{k,OLS} < \beta_k$).

En la columna (1) de la Tabla 8 se muestran los resultados estimados con OLS, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo y del capital en la función de producción son $\hat{\beta}_{l,OLS} = 0.524$ y $\hat{\beta}_{k,OLS} = 0.499$ respectivamente. De

[6] Los dos primeros métodos no fueron descritos en la parte metodológica del documento, para mayores detalles sobre ambos ver Wooldridge (2002).
[7] Se deja por fuera el análisis del efecto del sesgo de selección toda vez que en la muestra panel empleada se consideran firmas que presentan información completa por tres años consecutivos.

acuerdo con Van Beveren (2012), conceptualmente, el método de FE corregiría el problema de endogeneidad por simultaneidad en la estimación por OLS. Esto no se observa en el coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,FE}$) y tampoco en el relacionado con el capital. Los coeficientes estimados por FE relacionados con la participación del trabajo y del capital son $\hat{\beta}_{l,FE} = 0.527$ y $\hat{\beta}_{k,FE} = 0.366$ respectivamente.

En la columna (3) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción por OP, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo y del capital en la función de producción son $\hat{\beta}_{l,OP} = 0.495$ y $\hat{\beta}_{k,OP} = 0.470$ respectivamente. Comparando los coeficientes estimados por OP respecto de OLS y FE, se observa que el método OP da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,OP}$). En contraste, el coeficiente relacionado con el capital resultó menor respecto del método OLS, pero relativamente mayor que el coeficiente estimado por FE ($\hat{\beta}_{k,OLS} > \hat{\beta}_{l,OP} > \hat{\beta}_{l,FE}$).

En la columna (4) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción a través del método LP, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo y del capital en la función de producción son $\hat{\beta}_{l,LP} = 0.491$ y $\hat{\beta}_{k,LP} = 0.468$ respectivamente. Comparando los coeficientes estimados por LP respecto de OLS y FE, se observa que el método LP da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,LP}$). En contraste, el coeficiente relacionado con el capital resultó menor respecto del método OLS, lo cual sugeriría que el *downward bias* en dicho coeficiente se mantendría, a pesar de que en este método dicho coeficiente es relativamente mayor que el estimado por el método FE, lo cual resultaría congruente con lo sugerido teóricamente.

Finalmente, en la columna (5) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción a través del método ACF. De acuerdo con dicha aproximación, la participación del trabajo en el producto es $\hat{\beta}_{l,ACF} = 0.464$, mientras que la participación del capital es $\hat{\beta}_{k,ACF} = 0.427$. Comparando los coeficientes estimados por ACF respecto de OLS y FE, se observa que el método ACF da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,ACF}$) y de similar modo con los métodos OP y LP, lo cual sugeriría que conceptualmente el método ACF daría cuenta de los sesgos generados por los problemas de endogeneidad y dependencia condicional, principalmente en el factor trabajo.

Por su parte, el coeficiente estimado relacionado con el capital por el método ACF resultó mayor que el estimado por FE, lo cual sugiere que si bien el método FE daría cuenta del problema de endogenidad en la participación del capital en el producto, no corregiría el problema de dependencia condicional, el cual sería abordado de mejor manera por el método ACF, ofreciendo una aproximación relativamente más precisa que los métodos OP y LP.

La consistencia asintótica los coeficientes estimados depende de la ausencia de correlación serial de segundo orden en los errores. Para ello, se ha verificado empíricamente la hipótesis nula que la estructura de instrumentos impuesta en el modelo es válida a través del contraste de Sargan (1958) y Hansen (1982), denominado Sargan-Hasen J Statistics. En la Tabla 8 se reporta el resultado de dicho contraste junto su respectivo *p-value*. El resultado sugiere que no es posible rechazar la hipótesis nula que las condiciones de momentos establecidas en la ecuación (18) son válidas.

Tabla 8. Estimación de la participación del trabajo y capital en la función de producción
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)

Factores	Métodos				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	OLS	FE	OP	LP	ACF
Trabajo	0.524	0.527	0.495	0.491	0.464
	(0.024)	(0.087)	(0.034)	(0.023)	(0.678)
Capital	0.499	0.366	0.470	0.468	0.427
	(0.022)	(0.087)	(0.032)	(0.104)	(0.232)
Obs.	1732	1732	1732	1732	1005
Sargan-Hansen J-statistic (p-value)					0.65 (0.421)

Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
OLS: Mínimos Cuadrados Ordinarios.
FE: Panel de datos con efectos fijos.
OP: Olley y Pakes (1996).
LP: Levinsohn y Petrin (2003).
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Sargan-Hansen J-statistics: hipótesis nula restricciones de sobreidentificación son válidas
Errores estándar estimados por cluster a nivel de firmas (200 replicaciones).
Elaboración Propia.

En general, las diferencias relativas en las magnitudes de las estimaciones de los coeficientes de trabajo y capital entre ACF y el resto de métodos empleados sugerirían que los sesgos generados por los problemas de endogeneidad y dependencia

condicional en la estimación de la función de producción serían particularmente relevantes en la muestra de firmas empleada en el análisis, y que no dar cuenta de dichos problemas generaría estimaciones imprecisas de la Productividad Total Factorial. Lo anterior muestra la relevancia y pertinencia de la implementación del método ACF en la estimación de la función de producción.

De acuerdo con lo propuesto en la ecuación (20), la Productividad Total Factorial (PTF) puede ser aproximada a través de residuo de Solow. Para determinar la participación del trabajo y capital se han empleado los coeficientes estimados de los métodos empíricos discutidos anteriormente. Los resultados de la estimación de la PTF empleando los métodos OLS, FE, OP, LP y ACF se reportan en la Tabla 9. En primer término, se observa que la estimación de la PTF promedio varía en función del método de estimación; por ello, su comparación en términos absolutos no sería relevante. No obstante, es posible efectuar un comparación en términos relativos, principalmente en términos de la dispersión de la productividad estimada, aproximada como el ratio entre el percentil 75 respecto del percentil 25 de la distribución de la PTF ($\widehat{\omega}_{i,t}$). Se observa que la estimación de la PTF a través de los métodos OLS y FE presenta una mayor dispersión relativa. En contraste, las estimaciones por OP y LP se observan menos dispersas.

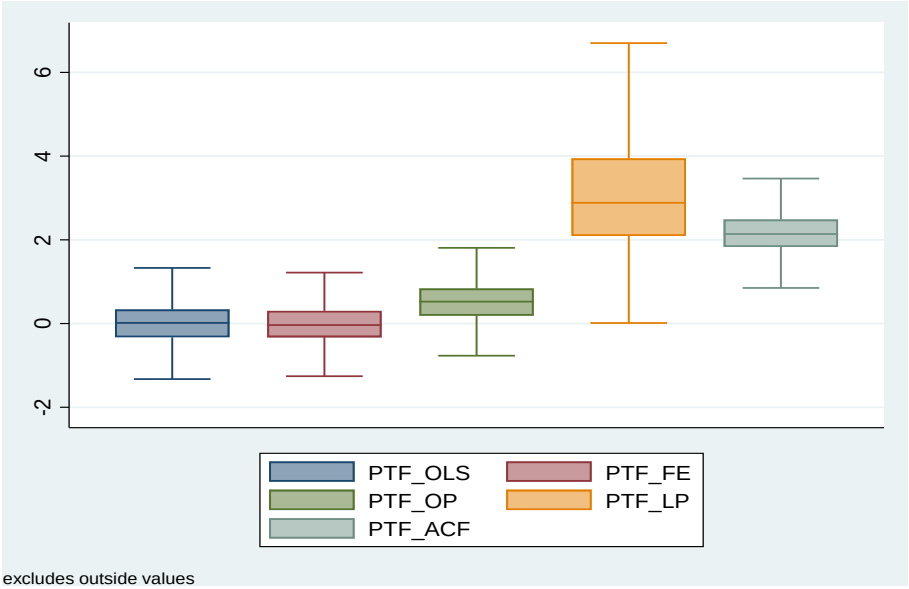
Tabla 9. Estimación de la Productividad Total Factorial
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)

Métodos	Estadísticos				
	Media	Desviación estándar	P25	P75	Ratio P75/P25
OLS	0.01	0.65	-0.33	0.34	0.98
FE	0.00	0.65	-0.33	0.30	1.08
OP	0.52	0.64	0.19	0.84	0.22
LP	3.58	3.18	2.09	3.95	0.53
ACF	2.16	0.64	1.83	2.49	0.74

Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
OLS: Mínimos Cuadrados Ordinarios.
FE: Panel de datos con efectos fijos.
OP: Olley y Pakes (1996).
LP: Levinsohn y Petrin (2003).
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Elaboración Propia.

En el Gráfico 1 se comparan las estimaciones de la PTF con base en los métodos considerados. Por un lado, se observa que las estimaciones de la PTF con base en los métodos OLS, FE y OP mostrarían una relativa subestimación. Por otro lado, las estimaciones por LP y ACF muestran valores más altos de la PTF, en particular la estimación por LP muestra una mayor heterogeneidad respecto del resto de metodologías.

Gráfico 1. Estimación de la Productividad Total Factorial
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)



Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
OLS: Mínimos Cuadrados Ordinarios.
FE: Panel de datos con efectos fijos.
OP: Olley y Pakes (1996).
LP: Levinsohn y Petrin (2003).
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Elaboración Propia.

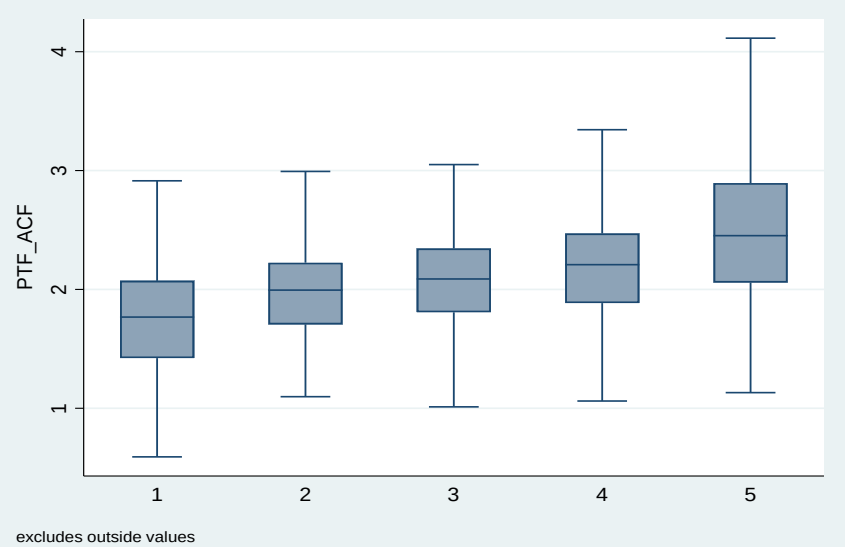
En la muestra de empresas empleada, el insuficiente número de observaciones no permitió realizar estimaciones desagregadas por tamaño de las firmas, las cuales permitan identificar heterogeneidades en la intensidad del uso de los factores de producción. No obstante, en el Gráfico 2 se muestra la estimación de la PTF con base en el método ACF desagregada por quintiles del volumen de la producción total. La definición de la producción fue descrita en la Tabla 3. En primer término, se observa que la PTF se incrementa en los quintiles más altos de la producción, lo cual sugiere que empresas con mayor volumen de producción serían relativamente más productivas. En particular se encuentra que las empresas más grandes (ubicadas en el quintil 5) tienen

un nivel de productividad 46% mayor que las empresas más pequeñas (ubicadas en el quintil 1).

En segundo término, se observa que la estimación de la PTF es más dispersa en los quintiles extremos de la distribución de la PTF. En el caso del quintil más bajo, la dispersión es relativamente sesgada hacia valores más bajo de productividad; mientras que en el caso del quintil más alto, la dispersión es relativamente sesgada hacia valores más altos de la productividad. Lo anterior sugiere una elevada heterogeneidad de la productividad sesgada hacia abajo en el caso de firmas pequeñas y sesgada hacia arriba en el caso de firmas grandes.

Finalmente, se observa que las estimaciones del nivel de productividad en empresas ubicadas en los quintiles intermedios son relativamente similares y muestran también una menor heterogeneidad.

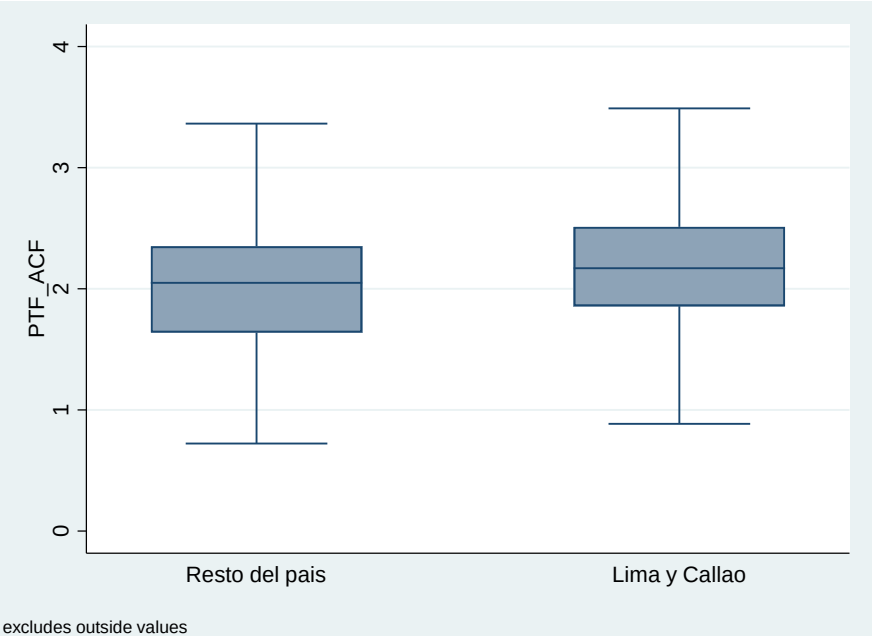
Gráfico 2. Estimación de la Productividad Total Factorial por quintiles de la producción
Método Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)



Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Elaboración Propia.

En el Gráfico 3 se muestra la estimación de la PTF con base en el método ACF desagregada por ubicación geográfica de las firmas. Se han considerado dos ámbitos geográficos: (1) Lima y Callao y (2) Resto del Perú. En el primer ámbito se localiza el 82% de la muestra empleada en el presente estudio y el restante 18% se ubica en el resto de regiones del Perú. Se encuentra que el nivel de productividad promedio correspondiente a firmas ubicadas en Lima y Callo es 8% más alto respecto del correspondiente a firmas ubicadas en el resto de regiones. Dicha diferencia es significativa estadísticamente al 1%.

Gráfico 3. Estimación de la Productividad Total Factorial por ubicación geográfica de las firmas
Método Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)

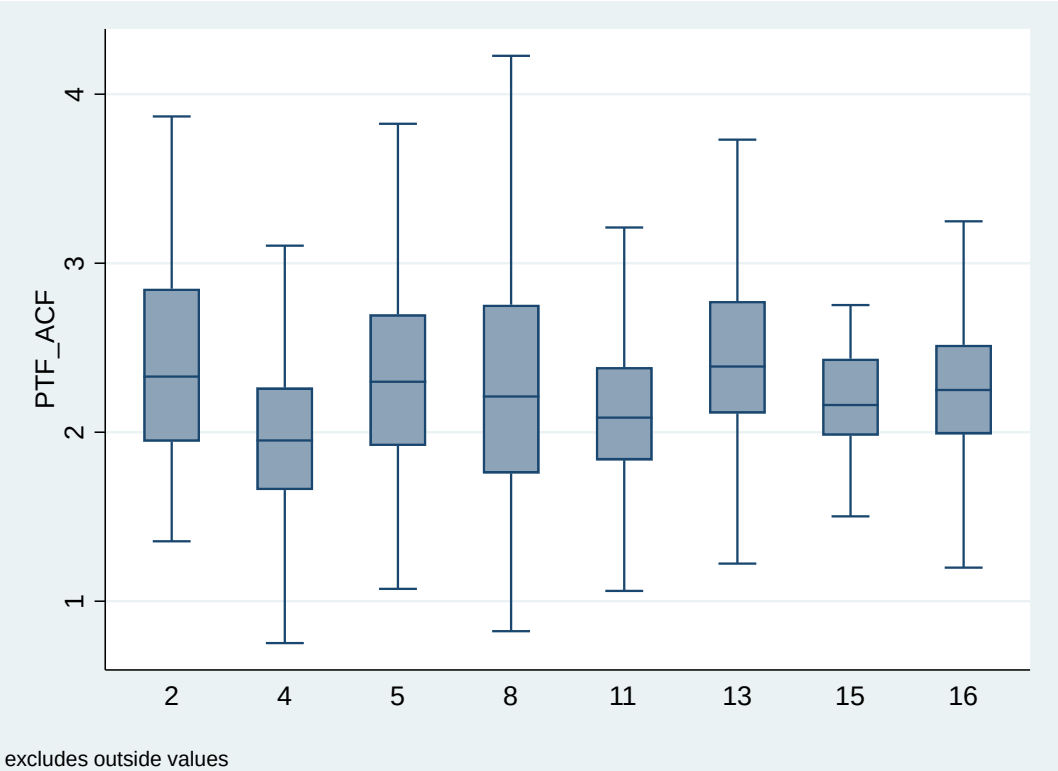


Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Elaboración Propia.

Considerando el cálculo de la PTF con base en el método ACF, en el Gráfico 4 se reporta la distribución de la PTF por sectores económicos de acuerdo con la clasificación establecida en la EEA y la muestra de firmas empleada entre 2004, 2015 y 2016. En primer término, se evidencia que la PTF es relativamente heterogénea entre sectores y más heterogénea aún dentro de cada sector económico. En segundo término, el mayor nivel de productividad promedio se observa en firmas que pertenecen a los sectores transportes y comunicaciones, agroindustria y construcción; mientras que los menores

niveles de productividad promedio se observan en los sectores de comercio y manufactura. En tercer término, la mayor heterogeneidad en la PTF entre firmas se observa en los sectores agroindustria e hidrocarburos, mientras que la menor heterogeneidad en el sector restaurantes.

Gráfico 4. Estimación de la Productividad Total Factorial por sectores económicos
Método Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
(Función de producción de valor agregado)
(Muestra panel 2014-2015-2016)



Notas:
Sectores:
(2) Agroindustria
(4) Comercio
(5) Construcción
(8) Hidrocarburos
(11) Manufactura
(13) Transportes y comunicaciones
(15) Restaurantes
(16) Servicios.
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Elaboración Propia.

4.3 Prueba de robustez

A modo de prueba de robustez respecto de las potenciales mejoras metodológicas en la estimación de la función de producción y la PTF propuesta por Ackerberg, Caves y Frazer (2015), se ha evaluado el desempeño de dicho metodología considerando cambios en la forma funcional asumida para la función de producción. Con el objetivo de contrastar en algún modo los resultados previos y ponderar sus posibles aportes en el contexto de literatura relacionada para el caso peruano, se ha estimado la función de producción asumiendo una forma funcional de tipo Cobb-Douglas.

Se asume una función de producción de tipo Cobb-Douglas de la ecuación (1):

$$Y_{i,t} = \beta_0 K_{i,t}^{\beta_k} L_{i,t}^{\beta_l} M_{i,t}^{\beta_M} \mathrm{e}^{v_{i,j,t}} \tag{21}$$

En la ecuación anterior, $Y_{i,t}$ son las ventas totales de la firma "i" en el periodo "t". Las ventas son una función del capital ($K_{i,t}$), trabajo ($L_{i,t}$) e insumos ($M_{i,t}$). Asumiendo ***Hick's neutral productivity shocks*** (Gandhi et al., 2014), el término $v_{i,t}$, puede ser descompuesto en: $v_{i,t} = \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$. Tomando logaritmos, es posible plantear la función de producción como:

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta_l l_{i,t} + \beta_k k_{i,t} + \beta_m m_{i,t} + \omega_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \tag{22}$$

En la ecuación anterior, $y_{i,t}$ es el logaritmo de la producción, $l_{i,t}$ es el logaritmo del trabajo, $k_{i,t}$ es el logaritmo del capital, $m_{i,t}$ es el uso de insumos, $\omega_{i,t}$ es una variable que representa la productividad no observable, y $\varepsilon_{i,t}$ es un shock estocástico en la producción o la productividad. Los resultados de la estimación de la ecuación (22) se reportan en la Tabla 10. Para ello, se ha empleado la muestra panel restringida descrita anteriormente y se han estimado las participaciones del trabajo y capital empleando los siguientes métodos: OLS, FE, OP, LP y ACF.

En la columna (1) se muestran los resultados estimados con OLS, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo, capital e insumos en la función de producción Cobb-Douglas son $\hat{\beta}_{l,OLS} = 0.388$, $\hat{\beta}_{k,OLS} = 0.511$ y $\hat{\beta}_{m,OLS} = 0.154$ respectivamente. Por su parte, en la columna (2) se muestran los resultados estimados por FE. Los coeficientes estimados dan cuenta de una sub-estimación de la participación

del trabajo en OLS y una sobre-estimación de la participación del capital e insumos generado por la endogeneidad de los factores productivos.

En la columna (3) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción por OP, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo, capital e insumos en la función de producción son $\hat{\beta}_{l,OP} = 0.342$ y $\hat{\beta}_{k,OP} = 0.430$ y $\hat{\beta}_{m,Op} = 0.158$ respectivamente. Comparando los coeficientes estimados por OP respecto de OLS y FE, se observa que el método OP da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,OP}$). En contraste, el coeficiente relacionado con el capital resultó menor respecto del método OLS, pero relativamente mayor que el coeficiente estimado por FE ($\hat{\beta}_{k,OLS} > \hat{\beta}_{l,OP} > \hat{\beta}_{l,FE}$).

En la columna (4) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción a través del método LP, donde los coeficientes estimados relacionados con la participación del trabajo, capital e insumos son $\hat{\beta}_{l,LP} = 0.364$, $\hat{\beta}_{k,LP} = 0.980$ y $\hat{\beta}_{m,LP} = 0.190$ respectivamente. Comparando los coeficientes estimados por LP respecto de OLS y FE se observa que el método LP da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo ($\hat{\beta}_{l,OLS} > \hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,LP}$). Por su parte, el coeficiente relacionado con el capital resultó mayor respecto de los métodos OLS y FE. Asumiendo una forma funcional de tipo Cobb-Douglas, el método LP daría cuenta del sesgo hacia abajo en la participación del capital.

En la columna (5) se muestran los resultados de la estimación de la función de producción Cobb-Douglas a través del método ACF. De acuerdo con dicha aproximación, la participación del trabajo en el producto es $\hat{\beta}_{l,ACF} = 0.400$, mientras que las participaciones del capital y de los insumos son $\hat{\beta}_{k,ACF} = 0.378$ y $\hat{\beta}_{m,ACF} = 0.156$ respectivamente. Comparando los coeficientes estimados por ACF respecto de OLS y FE, se observa que el método ACF da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo, sobre todo respecto del método FE ($\hat{\beta}_{l,FE} > \hat{\beta}_{l,ACF}$). La estimación de la participación del trabajo es relativamente similar entre OLS y ACF.

El coeficiente de participación del capital por el método ACF resultó mayor que el estimado por FE, lo cual sugiere que, si bien el método FE daría cuenta del problema

de endogenidad en la participación del capital en el producto, no corregiría el problema de dependencia condicional, el cual sería abordado de mejor manera por el método ACF, ofreciendo una aproximación relativamente más precisa que los métodos OP y LP. En particular este último sobre-estimaría la participación del capital en el producto.

Tabla 10. Estimación de la participación del trabajo y capital en la función de producción
(Función de producción Cobb-Douglas)
(Muestra panel 2014-2015-2016)

Factores	Métodos				
	(1) OLS	(2) FE	(3) OP	(4) LP	(5) ACF
Trabajo	0.388	0.446	0.342	0.364	0.400
	(0.023)	(0.066)	(0.033)	(0.020)	(0.083)
Capital	0.511	0.218	0.430	0.980	0.378
	(0.154)	(0.059)	(0.254)	(0.247)	(0.151)
Insumos	0.154	0.113	0.158	0.190	0.156
	(0.010)	(0.016)	(0.020)	(0.096)	(0.217)

Notas:
Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
OLS: Mínimos Cuadrados Ordinarios.
FE: Panel de datos con efectos fijos.
OP: Olley y Pakes (1996).
LP: Levinsohn y Petrin (2003).
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Sargan-Hansen J-statistics: hipótesis nula restricciones de sobreidentificación son válidas
Errores estándar estimados por cluster a nivel de firmas (200 replicaciones).
Elaboración Propia.

4.4 Relación entre la productividad y la participación laboral femenina

En el presente estudio, el enfoque de género puede ser implementado solamente de manera parcial, debido principalmente a la limitada disponibilidad de información sobre el tema en la estructura de los cuestionarios de las base de datos de la EEA. Por ello, solamente se ha incorporado las diferencias entre hombres y mujeres en términos de explorar la participación laboral femenina en el proceso industrial peruano por sectores económicos e indagar potenciales diferencias en términos de productividad de las firmas en función de la proporción del grado de la participación laboral femenina en el proceso productivo.

En primer término, en la Tabla 11 se observa que en la muestra considerada (empresas con ingresos anuales mayores de 1700 U.I.T y en determinados sectores), la participación laboral femenina es en promedio 23%, los sectores con mayor número promedio de trabajadoras mujeres son restaurantes (34%) y agroindustria (26%), mientras que el sector con menor participación laboral femenina es el sector construcción.

En segundo término, la proporción de ejecutivas mujeres respecto del total de ejecutivos de las firmas es en promedio 35%, el cual es relativamente mayor en agroindustrias (40%) y servicios (38%), y relativamente menor, principalmente, en el sector construcción (28%). La proporción de empleadas mujeres respecto del total de empleados permanentes es mayor en restaurantes (20%) y agroindustria (19%); en contraste, la participación de las mujeres como empleadas es bastante menor en los sectores de construcción e hidrocarburos (4%). Por su parte, la proporción de obreras mujeres respecto del total de obreros permanentes es mayor en servicios (34%) y comercio (33%), y bastante menor en el sector construcción (12%).

Lo anterior sugiere en cierto modo que la participación laboral de las mujeres a nivel de la industria se concentra tanto en rangos altos (ejecutivas) como en rangos bajos (30%), así como en sectores específicos tales como agroindustria, restaurantes, comercio y servicios. En contraste, la participación laboral de las mujeres en sectores industriales, tales como construcción o hidrocarburos, es aún reducida.

Tabla 11. Participación femenina por sector económico (Panel: 2014-2015-2016)

Sectores económicos	Número de trabajadores mujeres	Ratio mujeres/total trabajadores	Ratio ejecutivas mujeres/total ejecutivos	Ratio empleadas mujeres/total empleados	Ratio obreras mujeres/total obreros
	Media	**%**	**%**	**%**	**%**
Agroindustria	309	26%	40%	19%	32%
Comercio	56	24%	36%	17%	33%
Construcción	53	14%	28%	4%	12%
Hidrocarburos	34	21%	30%	4%	23%
Manufactura	72	21%	36%	15%	24%
Transportes y comunicaciones	65	24%	33%	14%	28%
Restaurantes	263	34%	32%	20%	32%
Servicios	210	24%	38%	13%	34%
Total	98	23%	35%	14%	30%

Sectores: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transportes y comunicaciones, restaurantes y servicios.
Fuente: Encuesta Económica Anual 2012-2017 (INEI)
Elaboración Propia

Se plantea analizar diferencias en la productividad a nivel de firmas en función de la proporción de participación laboral femenina. La relevancia empírica de tales variables puede ser estimada a través de la siguiente expresión:

$$\widehat{\omega}_{i,t} = \delta_0 + fp'_{i,t}\beta + fX'_{i,t}\theta + v_{1,i,t} \quad (23)$$

En la ecuación anterior, $fp_{i,t}$ es un indicador de la participación laboral femenina en términos del número total de trabajadoras, proporción de mujeres como ejecutivas, trabajadoras permanentes y obreras respecto de total de trabajadores permanentes. La expresión anterior puede ser estimada por OLS. La prueba de hipótesis nula implica que no hay diferencias en la participación laboral femenina en la productividad a nivel de firmas en el Perú ($\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial fp_{i,t}} = 0$).

Los resultados de la estimación de la ecuación anterior se reportan en la Tabla 13. En el modelo 1 se ha considerado como indicador de la participación laboral femenina el logaritmo del número total de trabajadoras mujeres, el coeficiente estimado que relaciona la participación femenina y la productividad ($\frac{\partial \omega_{i,t}}{\partial fp_{i,t}}$) resultó positiva, pero no significativa estadísticamente.

En el modelo 2 se han considerado como indicadores de la participación laboral femenina la proporción de trabajadoras mujeres como ejecutivas, empleadas u obreras, los coeficientes estimados que relacionan la participación de las mujeres como ejecutivas y empleadas con la productividad resultaron negativos, pero no significativos estadísticamente. En contraste, el coeficiente que relaciona la participación de las mujeres como obreras resultó positivo y significativo estadísticamente (al 1%). La significancia conjunta de la participación femenina en distintas categorías ocupacionales y su relación con la productividad de las firmas no muestra una correlación significativa estadísticamente.

Tabla 13. Correlaciones entre la productividad total factorial y la participación femenina
(PTF estimada por ACF)
(Muestra panel 2014-2015-2016)

	Modelo 1	**Modelo 2**
(Log) Total de mujeres trabajadoras	0.024	
	(0.015)	
Ratio ejecutivas mujeres/total ejecutivos	…	-0.202
		(0.162)
Ratio empleadas mujeres/total empleados	…	-0.216
		(0.176)
Ratio obreras mujeres/total obreros	…	0.512***
		(0.195)
(Log) Edad de la firma	-0.001	0.002
	(0.029)	(0.052)
(Log) Inversión	-0.001	0.001
	(0.003)	(0.004)
Dummies por año	Si	Si
Dummies por sector productivo	Si	Si
Observaciones	1171	1171

Notas:
ACF: Ackerberg, Caves y Frazer (2015).
Errores estándar estimados por cluster a nivel de firmas.
*** 1%, **5% y * 10% de significancia
Elaboración Propia.

5. Conclusiones

La productividad mide cómo se emplean múltiples factores de producción combinados para generar múltiples unidades de producción. A nivel de firmas, la estimación empírica de la función de producción puede generar información suficiente para calcular una medición residual de la productividad total de los factores de producción (PTF). En este estudio se consideró que la PTF resume todas aquellas externalidades positivas inobservables que contribuyen al incremento de la producción de las firmas (Abramovitz, 1956; Jorgenson y Griliches, 1967).

Empíricamente, la PTF puede ser calculada como el residuo resultante entre el cambio proporcional en el producto observado menos el cambio proporcional en el uso de los factores de producción, residuo denominado como “residuo de Solow” (Solow 1957). Diversos problemas empíricos sobre la estimación de la función de producción han producido un creciente interés en la literatura por desarrollar metodologías que busquen dar cuenta de dichos problemas y ofrecer estimaciones más precisas de la participación de los factores de producción en la función de producción y, con ello, obtener cálculos de la PTF más precisos.

En este estudio se empleó la metodología de Ackerberg, Craves y Fraser (2015), quiénes proponen una aproximación que podría ofrecer estimaciones consistentes para la función de producción y permitiría un cálculo más preciso de la PTF ante problemas de endogenidad y dependencia condicional. Por ello, el objetivo fue, por un lado, estimar de forma relativamente más precisa la PTF para el caso peruano, dando cuenta no solo del problema de endogenidad, sino también el problema de dependencia condicional entre los factores de producción; y, por otro lado, ofrecer estimaciones de la PTF actualizadas en función a la disponibilidad de datos más recientes con base en la Encuesta Económica Anual (EEA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) correspondientes a una muestra panel entre los años 2014, 2015 y 2016.

En la muestra de empresas empleada, se consideraron firmas que reportan ventas anuales superiores a 170 Unidades Impositivas Tributarias en distintos sectores productivos de la economía peruana. Dichos niveles de ventas se atribuirían, principalmente, a empresas medianas y grandes. Por ello, los resultados de las estimaciones de la PTF se aplican solamente para este tipo particular de firmas.

Asumiendo una forma funcional de tipo Leontief para la función de producción y el método de Ackerberg, Craves y Fraser (2015), se estimó que la participación del trabajo en el producto es 0.464, mientras que la participación del capital es 0.427. Comparando los resultados de dicha metodología con otras aproximaciones desarrolladas en la literatura, se encontró que el método ACF da cuenta de los posibles sesgos en la estimación del coeficiente relacionado con el trabajo, típicamente la sobre-estimación de la participación del trabajo en el producto, lo cual sugeriría que, conceptualmente, el método Ackerberg, Craves y Fraser (2015) daría cuenta de los sesgos generados por los problemas de endogeneidad y dependencia condicional.

La productividad fue aproximada a través de residuo de Solow, empleando los estimados de la participación del trabajo y capital. La productividad estimada ha sido analizada en función a los quintiles del volumen de la producción de las firmas. Se encuentró que empresas con mayor volumen de producción son relativamente más productivas. Asimismo, se encontró una elevada heterogeneidad de la productividad sesgada hacia abajo en el caso de firmas pequeñas y sesgada hacia arriba en el caso de firmas grandes.

Se analizó la productividad de las firmas en función de su ubicación geográfica. Para ello, se consideraron dos ámbitos geográficos: (1) Lima y Callao y (2) Resto del Perú. Se encontró que el nivel de productividad promedio correspondiente a firmas ubicadas en Lima y Callo es 8% más alto respecto del correspondiente a firmas ubicadas en el resto de regiones.

Finalmente, se analizó la productividad de las firmas por sectores económicos. Se encontró que la productividad es relativamente heterogénea entre sectores y más heterogénea aún dentro de cada sector económico. El mayor nivel de productividad promedio se observó en firmas que pertenecen a los sectores de transportes y comunicaciones, agroindustria y construcción, mientras que los menores niveles de productividad promedio se observaron en los sectores de comercio y manufactura. La mayor heterogeneidad en la productividad se observó en los sectores agroindustria e hidrocarburos; mientras que la menor heterogeneidad, en el sector restaurantes.

Por disponibilidad de información, la participación de las mujeres en el proceso productivo y su relación con la productividad se analizó solo parcialmente. No se encuentran patrones significativos estadísticamente que permitan determinar

claramente la relación entre la participación laboral femenina y la productividad sectorial para el caso peruano.

6. Recomendaciones de políticas públicas

Los principales resultados del presente estudio sugieren la existencia de potenciales brechas de productividad entre firmas para el caso peruano. Las brechas se materializan en función del tamaño de las firmas, su ubicación y el sector económico.

Se espera que los resultados del estudio brinden mejor información a los hacedores de política respecto de la productividad a nivel de firmas en el Perú y permita identificar sectores económicos con menores niveles de productividad. Al respeto, se recomienda que las políticas públicas destinadas a incrementar la productividad se enfoquen en firmas más pequeñas, localizadas fuera de Lima y Callao, y que pertenezcan a los sectores de comercio y manufactura.

Finalmente, se sugiere, para futuras investigaciones, incorporar de mejor manera la temática de género en el proceso productivo, en función a la disponibilidad de mejor información en las bases de datos disponibles, pues la mejora en igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres, no sólo recorta las brechas de género en el mercado laboral, sino que mejora el capital humano y podría generar ganancias de productividad en las firmas. En particular, se sugiere que la Encuesta Económica Anual, así como otros ejercicios estadísticos similares que aplica el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), incluyan de manera más explícita el género tanto de los propietarios, gerentes o administradores de las empresas, así como información más detallada de los trabajadores empleados en las mismas.

La temática de género puede ser introducida en los ejercicios estadísticos incluyendo en los instrumentos de relevamiento de información preguntas relacionadas con los criterios de reclutamiento del personal, capacitaciones, remuneraciones, estructuras salariales de hombres y mujeres, acceso a cargos gerenciales de hombres y mujeres, gestión de la salud ocupacional y riesgos del trabajo, acciones para la proyección de una imagen de equidad a nivel empresarial, entre otras. La información a nivel de firmas más precisa y detallada a nivel de género podría ser útil para visibilizar las potenciales desigualdades entre hombres y mujeres en el ámbito empresarial peruano.

7. Plan de incidencia en políticas o asuntos públicos

Se espera que los resultados del estudio brinden mejor información a los hacedores de política respecto de la productividad a nivel de firmas en el Perú, permita identificar sector económicos con menores niveles de productividad y ofrecer información sobre el rol de la participación femenina, efectos de la inversión y la cualificación del capital humano en la productividad. Lo anterior podría servir para focalizar mejor políticas, programas y proyectos orientados a la mejora de la productividad y la competitividad de la economía peruana.

El objetivo del plan de incidencia es diseminar de la manera más concreta posible los resultados de la investigación, con énfasis en aquellos resultados que tengan el potencial de promover una mejora en el diseño e implementación de políticas públicas en materia de promoción de la productividad empresarial. Los resultados de la investigación pueden ser útiles a los siguientes actores de interés:

- Gremios empresariales.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.
- Ministerio de la Producción.
- Ministerio de Economía y Finanzas
- Banco Central de Reserva del Perú

La diseminación e incidencia de los resultados tiene usuarios objetivo heterogéneos, por lo cual, los instrumentos de diseminación deberán ser diferentes. Se emplearán diferentes instrumentos de diseminación e incidencia: Seminarios de discusión, Resúmenes de Política, Seminarios de discusión y detalle técnico, Talleres de socialización de resultados.

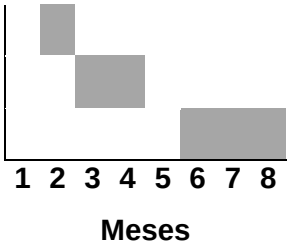
Actividad	Aliados potenciales
Seminario de discusión y detalle técnico con académicos	Centro Socio, Consorcio de Investigación Económico y Social
Seminario de discusión con funcionarios públicos	Centro Socio, Consorcio de Investigación Económico y Social
Postulación de workshops internacionales relacionados con el tema	Centro Socio, Consorcio de Investigación Económico y Social

Actividades de incidencia en políticas o asuntos públicos luego de la culminación del estudio

Seminario académico o mesas cerradas

Seminario funcionarios públicos

Workshop nacional/internacional



8. Bibliografía

Abramovitz, M. 1956. “Resource and Output Trends in the United States since 1870”. American Economic Review 46(2), pp.5-23.

Ackerberg, D. A., L. Benkard, and A. Pakes. 2007. “Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes”, in Handbook of Econometrics. Amsterdam: North-Holland.

Ackerberg, D. A., K. Caves, and G. Frazer. 2015. “Identification properties of recent production function estimators”. Econometrica, Vol. 83, No. 6 (Nov. 2015), pp. 2411-2451.

Aguirregabiria, V. 2018. Empirical Industrial Organization, University of Toronto.

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, Revista de Estudios Económicos 28,9, pp. 9-26.

Céspedes, N., P. Lavado y N. Ramírez-Rondan (Editores). 2016. “Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias”. Universidad del Pacífico, Lima.

Clarke R, George. "Manufacturing Firms in Africa: Some Stylized Facts About Wages and Productivity." *SSRN eLibrary (2012).*

Cummins, D., and H. Zi. 1998). “Comparison of frontier Efficiency Methods: An Application to the U.S. Life Insurance Industry”. Journal of Productivity Analysis. Vol. 10 No. 2, pp. 131-152.

De Loecker, J. 2013. “Detecting Learning by Exporting”. American Economic Journal: Microeconomics 2013, 5(3), pp. 1-21.

Färe, R., S. Grosskopf, and D. Margaritis. 2008. “Efficiency and Productivity: Malmquist and More”. In H. O. Fried, C. A. Knox Lovell, and S. S. Schmidt (Eds.). 2008. “The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth”, Oxford University Press, NY.

Fried, H. O., C. A. Knox-Lovell, and S. S. Schmidt. 2008. “Efficiency and Productivity”. In H. O. Fried, C. A. Knox Lovell, and S. S. Schmidt (Eds.). 2008. “The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth”, Oxford University Press, NY.

Gandhi, A., S. Navarro, and D. Rivers. 2014. “On the Identification of Production Functions: How Heterogeneous is Productivity”. Unpublished Report, University of Wisconsin-Madison.

Griliches, Z., and J. Mairesse. 1995. “Production Functions: The Search for Identification”. NBER Working Paper 5067.

Jorgenson, D., and Z. Griliches. 1967. “The explanation of Productivity Change”. Review of Economics Studies 34(3), pp. 249-283.

Hansen, L. 1982. “Large sample properties of generalized method of moments estimators”. Econometrica 50(3), pp. 1029-1054.

Hsieh, C-T. 2002. “What Explains the Industrial Revolution in East Asia? Evidence from Factor Markets”. American Economic Riview 92(3), pp. 502-526.

Krugman, P. 1994. “The age of Diminished Expectations”. MA: MIT Press.

Levinsohn, J., and A. Petrin. 2003. “Production Functions using Inputs to Control for Unobservables”. Review of Economic Studies 70(2), pp. 317-341.

Manjón, M., and J. Mañez. 2016. “Production function estimation in Stata using the Ackerberg-Caves-Frazer method”, The Stata Journal 16, Number 4, pp.: 900-916.

Mundlak, Y. 1961. “Empirical Production Function Free od Management Bias”. Journal of Farm Economics, 43, pp. 44-56.

Mundlak, Y, and I. Hoch. 1965. “Consecuences of Alternative Specifications in Estimation of Cobb-Douglas Production Functions”. Econometrica, 33, pp. 814-828.

Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD). 2001. “Measrung Productivity: Measurement of Aggregate and Industry – Level Productivity Growth”, OECD, París, Francia.

Olley, S., and A. Pakes. 1996. “The dynamics of Productivity in the Telecomunications Equipment Industry”. Econometrica 64(6), pp. 1263-1297.

Petrin, A., B. P. Poi, and J. Levinsohn. 2004. “Production function estimation in Stata using inputs to control for unobservables”, The Stata Journal 4, Number 2, pp.: 113-123.

Saliola, Federica, and Murat Seker. "Total factor productivity across the developing world." *Enterprise Note Series (2011).*

Sargan, J. 1958. “The estimation of economic relationships using instrumental variables”, Econometrica 26(3), pp. 393-415.

Solow, R. 1957. “Technical change and the aggregate production function”. Review of Economics and Statistics 39(3), pp. 312-320.

Tello, M. 2012. “Productividad total factorial en el sector manufacturero del Perú 2002-2007”. Economía 35(70), pp. 103-141.

Tello, M. 2017. “Inserción en Economía Internacional, Crecimiento y Diversificación Productiva”. En Balance de Investigación en Políticas Públicas 2011-2016 y Agenda de Investigación 2017-2021. Consorcio de Investigación Económica y Social – CIES, Lima.

Van Beveren, I. 2012. “Total Factor Productivity Estimation: A Practical Review”. Journal of Economic Surveys, Vol. 26, No.1, pp. 98-128.

Wooldridge, J. M. 2002. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data, MIT Press, Cambridge MA.

Yasar, M., R. Raciborski, and B. Poi. 2008. “Production function estimation in Stata using the Olley and Pakes method”, The Stata Journal 8, Number 2, pp.; 221-231.