



BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ

**Productividad Total de Factores y Eficiencia
en la asignación de recursos:
Perú 2011-2019**

Edward Manuel Ruiz Crosby*

* Banco Central de Reserva del Perú

DT. N° 2026-005
Serie de Documentos de Trabajo
Working Paper series
Abril 2026

Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden a los de los autores y no reflejan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú.

The views expressed in this paper are those of the authors and do not reflect necessarily the position of the Central Reserve Bank of Peru

DOCUMENTO DE TRABAJO

Productividad Total de Factores y Eficiencia en la asignación de recursos: Perú 2011-2019

AUTOR

Edward Manuel Ruiz Crosby

Palabras clave: Función transcendental logarítmica, Productividad total de factores, Marco conceptual neo-Schumpeteriano

Códigos JEL: D01, D21, D22, D24

LIMA - PERÚ
2025

Resumen

A partir de bases de datos consolidadas de la Encuesta Económica Anual (EEA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de 2011 a 2019 a empresas formales, se estiman las funciones de producción Cobb-Douglas y Translogarítmica (Translog) mediante el modelo de Akerberg, D., K. Caves, y G. Frazer (2015), obteniendo elasticidades producto de los factores de producción capital y trabajo, y la productividad total de factores (PTF) a nivel de empresas y sectores de la economía peruana.

Los principales hallazgos de la especificación Translog frente a la Cobb-Douglas son los siguientes: i) las elasticidades producto de los factores de producción sectoriales son todas positivas; ii) captura variabilidad intrasectorial de las elasticidades producto de los factores de producción; iii) los sectores más intensivos en capital como Electricidad e Hidrocarburos son los más productivos; iv) la PTF es positiva para todos los sectores en la muestra con panel de datos balanceado; v) la mediana de la PTF del panel de datos balanceado es mayor en todos los sectores a la correspondiente al panel de datos no balanceado, considerando que el primero contiene sólo empresas grandes y medianas. Asimismo, en relación al panel de datos balanceado, tanto con la especificación Cobb-Douglas como con la Translog, la PTF se ha estancado de 2011 a 2019 con un crecimiento promedio anual de 0,2 por ciento en valor absoluto.

Luego, la PTF se descompone “a lo Olley-Pakes” para una medición de la eficiencia en la asignación de recursos en la economía. La descomposición arroja que existe ineficiencia en la asignación de recursos en la economía peruana debido a la baja proporción (menor a 40 por ciento) de la actividad económica de cada sector asignada a las empresas más productivas.

Finalmente, se aplica un marco conceptual neo-Schumpeteriano, de los recientemente ganadores del premio Nobel de Economía en 2025 Phillipe Aghion y Peter Howitt, para estimar los determinantes de la tasa de crecimiento de la PTF a nivel de firmas y se corrobora: i) el impacto del crecimiento del tamaño de la firma en el crecimiento de su PTF; ii) la interrelación de empresas de frontera y empresas rezagadas contrastando las hipótesis de *pass-through* y *catch-up* para la mayoría de sectores económicos; iii) el impacto de 3 indicadores de gobernanza mundial de Kauffman y Kraay (2024).

Agradezco las observaciones y comentarios de Carlos Mendiburu, Renzo Castellares, Nikita Céspedes, Zenón Quispe y Marco Vega, así como la consolidación de la base de datos de la EEA en conjunto con Rita Huaranca. Una versión preliminar de esta investigación se presentó en el XLIII Encuentro de Economistas del Banco Central de Reserva del Perú en las instalaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Por tanto, también agradezco los valiosos comentarios del moderador de la sesión en la que fue presentada esta investigación, José Gallardo Ku.

1. Introducción

La estimación de la función de producción es fundamental para examinar el cambio tecnológico, la dispersión de la productividad, los márgenes de ganancia (*markups*) de las firmas y el impacto de las políticas públicas, tal como lo menciona Norris, A. et. al. (2024) (27).

En la misma línea, Felipe et. al. (2024)(13) afirma que el principal objetivo de la estimación de la función de producción es obtener las elasticidades de los factores de producción con respecto al producto. Luego, estos estimados pueden ser empleados para contrastar diversas hipótesis, calcular la productividad total de factores, construir modelos de crecimiento económico, así como evaluar decisiones de política.

Acorde con Zymek (2024)(45), la productividad total de factores (PTF) explica la generación de ingresos sin necesidad de emplear más insumos, o el mantener el mismo nivel de ingresos utilizando menos insumos. Estos insumos o factores de producción, individualmente, tienen rendimientos marginales decrecientes, por lo que la única manera de lograr un crecimiento sostenido de una firma, un sector económico o un país, es a través de incrementos en la PTF. Esta variable es obtenida como un residuo de la estimación de la función de producción, es decir, de la parte de la producción que no se puede atribuir a los factores de producción.

En el presente documento se estiman funciones de producción mediante el modelo de Akerberg, D., K. Caves, Y G. Frazer (ACF, 2015)(1) para obtener las elasticidades y la PTF a nivel de firmas. La estimación se realiza bajo 2 especificaciones diferentes de la función de producción: Cobb-Douglas y Translogarítmica. Previamente, se analizan las propiedades y diferencias entre estas funciones. Luego, con los coeficientes estimados, se calculan indicadores microeconómicos, tales como la elasticidad producto del trabajo y el capital, la productividad marginal del trabajo y del capital, la tasa marginal de sustitución técnica y, para la especificación Translogarítmica, la elasticidad de sustitución entre los factores de producción. Después, se realiza un análisis intersectorial, intrasectorial (con la especificación Translogarítmica), temporal y regional de la PTF, el cual considera también a la productividad laboral como referente. Esta comparación es la primera contribución de la presente investigación a la literatura empírica en el Perú.

Una segunda contribución consiste en descomponer la PTF para analizar cuánto de la productividad corresponde a eficiencia en la asignación de recursos, medida esta última como la covarianza entre la participación de las firmas en términos de su actividad económica (valor agregado) y su productividad. Es decir, a mayor covarianza, mejor la eficiencia en la asignación de recursos.

Finalmente se emplea un marco conceptual neo-Schumpeteriano constituido por los ganadores del Premio Nobel de Economía 2025 Phillipe Aghion y Peter Howitt, el cual clasifica a las empresas en firmas líderes o de la frontera tecnológica y firmas seguidoras o rezagadas. En consecuencia, se contrastan 2 hipótesis: del *pass-through* y del *catch-up*. La primera hipótesis analiza el impacto de la tasa de crecimiento de la PTF de las firmas líderes o de la frontera tecnológica en la tasa de crecimiento de la PTF de las seguidoras o rezagadas. La segunda sostiene que mientras más alejada esté la firma seguidora o rezagada de la líder o de la frontera tecnológica, mayor crecimiento económico tendrá (convergencia). Además se estiman otros determinantes de la tasa de crecimiento de la PTF a nivel de firmas, tales como los indicadores de gobernanza mundial de Kaufmann y Kraay (2024). Aplicar el marco conceptual neo-Schumpeteriano es la tercera y principal contribución de la presente investigación respecto a la literatura actual para el Perú.

Para la aplicación de la metodología empírica de la presente investigación se utiliza información de la Encuesta Económica Anual (EEA) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del Perú, que recopila información de producción, capital, empleo, insumos intermedios, etc. de empresas formales¹.

El resto del documento está estructurado como sigue: i) revisión de la literatura; ii) hechos estilizados, iii) marco teórico y metodología; iv) resultados de la estimación; v) descomposición de la PTF: evaluación de la eficiencia en la asignación de recursos de la economía peruana vi) determinantes de la PTF a nivel de firmas; y vii) comentarios finales.

¹Para estimar la función de producción se pueden utilizar diversas fuentes de información, tales como datos agregados de países, datos de agencias tributarias y encuestas realizadas a firmas.

2. Revisión de la Literatura

Como la productividad total de factores es una variable no observable, existen diversas metodologías para estimarla. Yasar, M. et. al. (2018)(44) explican el método de Olley y Pakes (1996), el primer método que busca corregir los sesgos de simultaneidad y de selección a la hora de estimar una función de producción. El primer sesgo resulta de la correlación entre los factores de producción y la productividad. El segundo sesgo consiste en la relación entre los choques de productividad y la probabilidad de salida de la firma: a mayor nivel de capital, menor probabilidad de salida de la firma, porque ésta puede obtener mayores beneficios futuros. Esta correlación negativa sesgaría a la baja el coeficiente del capital.

Manjón, M. y J. Mañez (2016)(25) presentan el método ACF (2015)² y mencionan que el sesgo de selección es menos importante que el sesgo de simultaneidad. En la misma línea, Rovigatti, G. y V. Mollisi (2018)(31) presentan el comando ‘prodest’ en Stata, que enfatiza la corrección de este último sesgo y que engloba a las metodologías de Olley-Pakes (1996), Levinsohn y Petrin (2003), ACF (2015), entre otros³. El modelo ACF es un método de 2 etapas y es utilizado con el comando ‘prodest’ del paquete estadístico de software Stata. Este comando permite estimar una función de producción Cobb-Douglas, así como una función Translogarítmica. Esta metodología emplea como variable *proxy* de la PTF al consumo intermedio tal como el método de Levinsohn y Petrin (2003), en vez de la inversión empleada con el método Olley y Pakes (1996) debido a que las decisiones de inversión son discretas y distantes en el tiempo, pero en vez de estimar el coeficiente del factor trabajo en la primera etapa, estima todos los coeficientes del modelo en la segunda etapa para evitar problemas de identificación. Por estas cualidades, el método ACF es el que se emplea en la presente investigación.

Por su parte, la aplicación del marco conceptual neo-Schumpeteriano a nivel internacional ha sido llevada a cabo por Gal, P. (2013)(15), quien aprovecha la base de datos comercial ORBIS y el Análisis Estructural de la OCDE (OECD STAN) que contiene datos de firmas de países de la OCDE y otros países del mundo para diferentes años. El autor calcula la productividad como residuo de Solow (con una función Cobb-Douglas de retornos constantes a escala y participaciones de los factores de producción), además del cálculo de la PTF a través del método de mínimos cuadrados ordinarios, efectos fijos, el método de Levinson-Petrin y el de Wooldridge, considerando como variable dependiente al valor agregado. Adicionalmente, encuentra un impacto negativo de las regulaciones a los productos en el crecimiento de la productividad de las empresas, comprobando además las hipótesis de *pass-through* y *catch-up*. Sin embargo, la variable dependiente no es la tasa de crecimiento de la PTF estimada econométricamente, sino que la calcula con dicho residuo de Solow. En la presente investigación sí se estima dicha variable dependiente, además de estimar una función Translog, sin restringir la función de producción a una de retornos constantes a escala (RCE).

Saia, A. et al (2015)(32) mencionan que el marco conceptual neo-Schumpeteriano es el “caballo de batalla” o modelo de referencia para investigar el crecimiento de la productividad. Describen las hipótesis de *pass-through* y *catch-up* como el aprender y beneficiarse de las nuevas innovaciones de la frontera tecnológica y de adoptar tecnologías existentes y converger hacia dicha frontera, respectivamente. Con datos de 15 países de la OCDE y de diferentes industrias, de 1984 a 2007, los autores calculan la tasa de crecimiento de la PTF como un residuo de Solow de una función Cobb-Douglas con RCE y con elasticidades aproximadas por la participación laboral en el valor agregado. Luego, contrastan ambas hipótesis, además de otras variables de política tales como interconexión con la frontera global, inversiones en capital humano, en I&D, regulaciones anticompetitivas a los insumos, entre otras. No obstante, los datos no se encuentran a nivel de firmas como en la presente investigación.

Koch, N. y Themann, M. (2022)(21) también emplean el enfoque neo-Schumpeteriano. Evalúan el impacto de las regulaciones del sistema de comercio de emisiones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono – CO₂) de la Unión Europea en la PTF de las firmas. Para estimar la PTF, los autores emplean una función Cobb-Douglas para cada sector de firmas europeas, con datos de ORBIS, el valor agregado como variable dependiente, y el método de estimación de Collard-Wexler y De Loecker (2016). Encuentran que las regulaciones de las emisiones aumentan la PTF de las firmas, pero reducen su velocidad de avance hacia la frontera. El método mencionado corrige errores de medición en la variable capital. Sin embargo, la solución econométrica propuesta no necesariamente se puede aplicar a una especificación translogarítmica de la función de producción puesto que los errores de medición pueden ser no lineales.

Un análisis que compara la estimación de una función de producción Cobb-Douglas y una Translogarít-

²Más adelante se detallarán sus principales aportes para su uso en este documento.

³Tales como el de Wooldridge (2009) y el de Robinson (1988). La primera metodología emplea el método de momentos generalizados y la segunda utiliza variables instrumentales.

mica, como la que se realiza en esta investigación, es la de Francis, D. et al. (2020)(14) con datos a nivel de firmas de las encuestas del Banco Mundial a las empresas, de 2006 a 2019. Como variable dependiente se utiliza el valor agregado (o ventas) y como explicativas al capital y trabajo (si se usan ventas como variable dependiente, se agregan los insumos intermedios como variable explicativa). Los autores resaltan que la PTF obtenida está basada en ingresos o en valores monetarios, en contraposición a la PTF física⁴. Las firmas operarían, en promedio, bajo retornos constantes a escala⁵.

Por otro lado, Norris, A. et. al. (2024)(27) desarrollan una metodología de estimación novedosa en la que incorporan como datos adicionales las expectativas de las firmas acerca de la producción e insumos futuros (un período adelante), recolectadas mediante encuestas hechas a firmas del Reino Unido entre 2017 y 2020, lo que permite obtener parámetros consistentes, relajando los supuestos del modelo ACF.

Para el caso del Perú, aún no hay documentos de trabajo que contengan el marco conceptual neo-Schumpeteriano. No obstante, existen diversas estimaciones de la PTF con datos nacionales, así como investigaciones que utilizan la EEA.

Céspedes, N. et. al. (2014)(8) emplean información de los estados financieros de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) del Perú para calcular la PTF a nivel de firmas para el período 2002-2011. Estos autores emplean, por un lado, los métodos de mínimos cuadrados ordinarios, de efectos fijos, de datos de panel dinámico de Arellano-Bond, imponiendo restricciones de retornos constantes a escala, y por otro lado, el modelo de Olley-Pakes (1996). Además, Céspedes, N. (2019)(9) utiliza datos de registros administrativos de los estados financieros obtenidos en la SUNAT para el período 2008-2018. Se estima la PTF para la muestra total y para una muestra de datos de panel bajo la especificación Cobb-Douglas y el método de mínimos cuadrados ordinarios como referencia, una estimación con efectos fijos y una con el método de Arellano-Bond. Así, las empresas más productivas son las que participan en el comercio internacional y las de mayor tamaño. El método ACF (2015) no es empleado por los autores.

Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019)(11) utilizan el método ACF (2015) con datos de panel obtenidos de la EEA de los ejercicios económicos correspondientes a los años 2014, 2015 y 2016. Los autores estimaron una función de producción Cobb-Douglas para obtener la PTF y encontraron que no existe una correlación estadística significativa entre la PTF y la participación laboral femenina. Igualmente, Del Pozo, C. y E. Guzmán (2022)(12) estiman el impacto de la inversión en ciencia, tecnología e innovación tecnológica (CTI) en la PTF a nivel empresarial para diversos sectores de la economía peruana, utilizando datos de la EEA de los ejercicios económicos 2014, 2015 y 2016 y siguiendo la metodología de modelos de cambio de régimen endógeno (*Endogenous Switching Model*). Para obtener la PTF, los autores emplean el método ACF (2015). Obtienen que la inversión en CTI tiene un impacto positivo en la PTF de los sectores agroindustria, comercio, manufactura y restaurantes.

Documentos que también emplean la EEA para diversos temas son los de Livia, D. y A. Molinari (2018)(22) que examinan la causalidad entre la productividad laboral y los salarios, así como entre la PTF y los salarios, para el sector manufacturero peruano de 2008 a 2015; Lozada (2019)(23) quien utiliza datos de panel de firmas manufactureras para el período 2009-2015 y encuentra que el impacto de la diversificación a nivel de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) de las empresas tiene un efecto positivo y significativo en la PTF; Alva, C. (2023)(3) que estima la relación entre eficiencia técnica y el tamaño de las firmas del sector manufacturero peruano empleando los datos de 2019, con un análisis de fronteras estocásticas en una primera etapa y un modelo de mínimos cuadrados ordinarios además de uno Tobit en una segunda etapa; Ramírez (2023)(30) emplea datos de 2012 a 2018 correspondientes al sector de transportes y comunicaciones pero encuentra una correlación nula entre el costo promedio ponderado del capital de las empresas y el rendimiento sobre los activos de las mismas.

Un documento de trabajo en el que se estima una función translogarítmica para obtener la PTF es el de Schiffbauer, M. et. al. (2022)(33). Utilizan datos de la EEA de 2007 a 2017 para contrastar si la remoción de barreras burocráticas declaradas ilegales o carentes de razonabilidad por la autoridad competente (INDECOPI) de 1 800 municipalidades del Perú incrementó la PTF de las firmas. Los autores encontraron que la PTF de las empresas ubicadas en zonas que eliminaron estas barreras burocráticas aumentó en comparación con otras localidades. La misma base de datos elaborada por estos autores es empleada por

⁴La PTF no física podría estar capturando, además de la productividad de las firmas, el poder de mercado a través del *mark-up*.

⁵La alta heterogeneidad de las elasticidades de las firmas dentro de cada sector muestra evidencia que no apoya la especificación Cobb-Douglas.

Chin, M. (2024)(10). La autora estima el impacto de la legislación laboral y la legislación tributaria en la productividad de las firmas con un modelo de regresión lineal local con discontinuidad⁶. En particular, halla que las firmas con menos de 20 trabajadores son 40 por ciento menos productivas que las firmas con más de 20 trabajadores. Además, respecto al régimen especial del impuesto a la renta, las firmas con ventas por debajo de S/ 525 mil son 40 por ciento menos productivas que las firmas por encima de dicho umbral.

Uno de los economistas peruanos que más ha utilizado la EEA para realizar estudios sobre la PTF de las firmas es Mario Tello⁷, en particular de empresas del sector manufactura. Tello, M. (2022)(37), extrae el índice de eficiencia técnica (IET) de la PTF de las firmas de la EEA⁸. Estimando una función de producción estocástica bajo la especificación Cobb-Douglas, el autor encuentra que el producto total de las empresas de la muestra total se podría multiplicar por 2,6 sin requerir factores productivos adicionales si fueran técnicamente eficientes. El IET de las empresas informales es el 40,8 por ciento de las formales.

Tello, M. (2024a)(38) utiliza datos de empresas manufactureras de 2002 a 2019 y estima la PTF con los métodos de mínimos cuadrados, Olley y Pakes, Levinson y Petrin, ACF y De Loecker (2011), todas bajo la especificación de la función Cobb-Douglas. Con todas estas metodologías, se encontró que la PTF se mantuvo en niveles bajos de 2002 a 2009 para luego saltar a niveles más elevados (aunque decrecientes) a partir de 2010. Este salto se explicaría por el crecimiento de los términos de intercambio y por los acuerdos comerciales con EEUU, China y la UE. Además, el canal vía mercados internos no sería suficiente para incrementos sustantivos de la PTF en el Perú.

Tello, M. (2024b)(39) emplea información de empresas manufactureras de 2002 a 2019 para examinar el impacto de tres factores sobre la tasa de crecimiento de la PTF: la tasa de crecimiento del PBI real, los términos de intercambio y los procesos de liberalización representados por los promedios de los aranceles preferenciales de los 3 acuerdos comerciales firmados por el Perú con EEUU, la UE y China. El autor emplea el método de De Loecker (2011) y encuentra que: i) el crecimiento de la economía tiene un impacto negativo por una mayor proporción de empresas no exportables menos eficientes; ii) los incrementos de los términos de intercambio tienen un impacto positivo; iii) las importaciones que compiten con la producción interna tienen un impacto negativo. Con la influencia de este documento de trabajo, en la presente investigación se emplearán como variables de control adicionales a los términos de intercambio y al PBI real de cada sector.

Adicionalmente, Tello, M., D. Tello-Trillo y P. Rojas (2025)(40) evalúan la interrelación entre la PTF y el poder de mercado (*mark-up*) de las firmas manufactureras de 2002 a 2019. No obstante, a pesar de utilizar 7 indicadores de poder de mercado y varias metodologías, no encuentran una relación de causalidad o impacto del poder de mercado en la productividad.

⁶ *Local linear regression discontinuity* en inglés.

⁷ El autor continuamente hace énfasis en la importancia de hacer análisis de la PTF para las economías. Por ejemplo, en Tello (2004)(36), realiza un estudio sobre la importancia de incidir en los factores que determinan la PTF para aumentar la capacidad exportable en el Perú, tales como la institucionalidad, el capital humano, la infraestructura pública y los costos de transacción.

⁸ Y de otras bases de datos como la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) del INEI y la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del INEI para incorporar a empresas informales y agropecuarias, respectivamente. El autor emplea los datos de la EEA de los ejercicios de 2007 a 2014 para estimar el IET de empresas formales no agropecuarias.

3. Hechos estilizados de las empresas formales peruanas según la EEA

La fuente de información empleada en el presente trabajo es la Encuesta Económica Anual (EEA) publicada por el INEI⁹. Esta contiene información de empresas formales. Las firmas provienen del Directorio Central de Empresas y Establecimientos, actualizado con el Padrón del Registro Único de Contribuyentes de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT).

Las firmas se clasifican según la cuarta revisión de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU Rev.4). A su vez, se agrupan en 14 sectores económicos.

Las empresas de la EEA son formales con ventas anuales superiores a 150 Unidades Impositivas Tributarias (UIT) hasta el año 2018. Para el año 2019 se amplía la muestra a empresas con ventas mayores a 50 UIT. Las empresas se clasifican en grandes, medianas, pequeñas y microempresas, bajo el régimen general laboral, régimen MYPE tributario o régimen especial de renta.

A partir de la base de datos, las variables para la estimación de la función de producción son las que se muestran en el Cuadro 1:

Cuadro 1: Variables elegidas para la estimación de la función de producción

Variabes	Capítulos de la EEA
Valor Agregado (VA)	Capítulo 3 para las empresas grandes y medianas / Capítulo 4M para las empresas pequeñas y microempresas hasta 2018 / Capítulo 05P para las empresas pequeñas y microempresas en 2019. Variable: producción total de la empresa menos consumo intermedio (materias primas, alquileres, servicios básicos, etc.)
Trabajo (L)	Capítulo 11 para las empresas grandes y medianas / Capítulo 6MA para las empresas pequeñas y microempresas hasta 2018 / Capítulo 05P para las empresas pequeñas y microempresas en 2019. Variable: número de trabajadores de la empresa.
Capital (K)	Capítulo 5 para las empresas grandes y medianas / Capítulo 7M para las empresas pequeñas y microempresas hasta 2018 / Capítulo 06P para las empresas pequeñas y microempresas en 2019. Variable: saldo final de los activos totales de la empresa.
Consumo Intermedio (CI)	Capítulos 3 para las empresas grandes y medianas / Capítulo 4M para las empresas pequeñas y microempresas hasta 2018 / Capítulo 05P para las empresas pequeñas y microempresas en 2019. Variable: materias primas, alquileres, servicios básicos, etc.

Fuente: INEI-EEA

A diferencia de Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019, 2022)(11)(12), que emplean la suma de activos corrientes y no corrientes como variable de capital, en este documento se considera al total de activos inmovilizados (terrenos, edificaciones, maquinaria, muebles, etc.) e intangibles, porque estos datos están disponibles para todo tamaño de empresa. En la variable capital definida en el Cuadro 1, están incorporados los activos intangibles que dichos autores utilizan para obtener las variables de ciencia, tecnología e innovación tecnológica (CTI), ya que estos están detallados para empresas grandes y medianas. Pero, para las pequeñas y microempresas no se dispone de ese nivel de detalle. Tampoco están disponibles los activos corrientes y no corrientes para estas últimas empresas.

El total de observaciones de la EEA de 2011 a 2019 es 87 785, con un promedio de 9 754 empresas por año y 1 981 empresas se repiten en todos los años. Sin embargo, para las estimaciones, se consideraron 2 grupos de datos. El primer grupo de datos consiste en una submuestra del total de empresas de la EEA que considera únicamente a las firmas con valores no vacíos y positivos para las variables elegidas, así como aquellas que pertenecen a un solo sector económico. Asimismo, las empresas agroindustriales presentes en 2019 en el sector manufacturero se consideraron como parte del sector agroindustria para ese año. Se trata de un panel no balanceado. El segundo grupo de datos consiste en una submuestra del total de empresas de la EEA con las características de las que pertenecen al primer grupo, pero adicionalmente

⁹La información recopilada recolecta datos económicos y financieros de las empresas a nivel nacional que desarrollaron alguna actividad económica durante el periodo contable o año calendario previo. Las empresas pertenecen a 14 actividades económicas: Agencias de viajes, agroindustria, centros educativos no estatales, comercio, construcción, hospedaje, hidrocarburos, pesca (extractiva, transformativa) o acuicultura, manufactura, electricidad, transportes y comunicaciones, universidades no estatales, restaurantes, y servicios. Para el año 2019 el INEI eliminó el sector agroindustria. Sin embargo, empresas agroindustriales que aparecen en años anteriores fueron ubicadas por el INEI en el sector manufactura, en su mayoría, para el año 2019.

se eliminan a las empresas que no están presentes para todos los años, así como las empresas que presentan alta volatilidad de 2011 a 2019 en las variables valor agregado, consumo intermedio, capital y/o trabajo. Es un panel balanceado.

En adelante, el primer grupo de datos se denominará “toda la muestra” y el segundo, “panel de datos”. En toda la muestra, el promedio de firmas por año es de 8 715. El total de observaciones para toda la muestra es 78 439 (89,4 por ciento del total de las observaciones), tal como se ve en el Cuadro 2. Para el panel de datos, el número de firmas por año es de 1 430 y el total de observaciones es 12 870 (16,4 por ciento de toda la muestra y 14,7 por ciento del total de observaciones), acorde como aparece en el Cuadro 3.

Cuadro 2: N° de empresas y observaciones por sector económico y por año para toda la muestra

Sector	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOTAL
Agencias de Viaje	90	77	84	100	101	88	113	136	62	851
Agroindustria	213	227	245	241	266	255	237	188	222	2 094
Centros Educativos No Estatales	140	125	148	156	214	153	156	228	154	1 474
Comercio	2 342	2 149	2 163	2 642	2 861	2 585	2 563	1 629	4 852	23 786
Construcción	595	545	540	571	640	662	602	422	813	5 390
Establecimientos de Hospedaje	137	134	143	110	137	124	137	175	88	1 185
Hidrocarburos	59	38	57	66	64	55	64	49	55	507
Pesca o Acuicultura	131	118	114	127	184	157	138	153	153	1 275
Manufactura	2 140	1 892	1 925	1 681	1 804	1 797	1 696	2 161	1 212	16 308
Electricidad	55	57	52	68	65	67	68	73	78	583
Transportes y Comunicaciones	587	518	583	743	815	774	656	749	972	6 397
Universidades No Estatales	62	61	72	78	80	77	77	70	84	661
Restaurantes	154	153	148	144	235	230	255	138	218	1 675
Servicios	1 587	1 260	1 587	1 845	2 047	1 873	2 004	2 289	1 761	16 253
TOTAL	8 292	7 354	7 861	8 572	9 513	8 897	8 766	8 460	10 724	78 439

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP

Cuadro 3: N° de empresas y observaciones por sector económico y por año para el panel de datos

Sector	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOTAL
Agencias de Viaje	16	16	16	16	16	16	16	16	16	144
Agroindustria	63	63	63	63	63	63	63	63	63	567
Centros Educativos No Estatales	12	12	12	12	12	12	12	12	12	108
Comercio	609	609	609	609	609	609	609	609	609	5 481
Construcción	34	34	34	34	34	34	34	34	34	306
Establecimientos de Hospedaje	16	16	16	16	16	16	16	16	16	144
Hidrocarburos	11	11	11	11	11	11	11	11	11	99
Pesca o Acuicultura	12	12	12	12	12	12	12	12	12	108
Manufactura	265	265	265	265	265	265	265	265	265	2 385
Electricidad	22	22	22	22	22	22	22	22	22	198
Transportes y Comunicaciones	116	116	116	116	116	116	116	116	116	1 044
Universidades No Estatales	29	29	29	29	29	29	29	29	29	261
Restaurantes	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
Servicios	215	215	215	215	215	215	215	215	215	1 935
TOTAL	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	1 430	12 870

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP

Más del 70 por ciento del número de firmas pertenece a los sectores Comercio, Manufactura y Servicios, tanto para toda la muestra como para el panel de datos, siendo el sector Comercio el de mayor proporción con más del 30 por ciento, seguido del sector Manufactura con más del 18 por ciento y finalmente el sector servicios con más del 15 por ciento, tal cual se observa en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Participación de los sectores económicos (%)

Sector	Toda la muestra	Panel de datos
Agencias de Viaje	1,1	1,1
Agroindustria	2,7	4,4
Centros Educativos No Estatales	1,9	0,8
Comercio	30,3	42,6
Construcción	6,9	2,4
Establecimientos de Hospedaje	1,5	1,1
Hidrocarburos	0,6	0,8
Pesca o Acuicultura	1,6	0,8
Manufactura	20,8	18,5
Electricidad	0,7	1,5
Transportes y Comunicaciones	8,2	8,1
Universidades No Estatales	0,8	2,0
Restaurantes	2,1	0,7
Servicios	20,7	15,0
TOTAL	100,0	100,0

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP

En la EEA se catalogan a las empresas como grandes y medianas por un lado y como pequeñas y microempresas por otro lado. Para toda la muestra, el total de empresas grandes y medianas representa el 66,4 por ciento de todas las empresas. El panel de datos prácticamente está compuesto sólo por empresas grandes y medianas. Esto se puede observar en el Cuadro 5 con las medianas de las variables valor agregado (VA), capital (K), trabajo (L) y consumo intermedio (CI):

Cuadro 5: Mediana de las variables (Nº para el factor trabajo y S/ Millones para el resto)

Toda la Muestra	VA	K	L	CI
Grande y mediana	5,4	4,9	61,0	4,8
Mypes	0,5	0,4	10,0	0,6
Total	2,3	2,1	26,0	1,9
Panel de datos	15,4	18,6	159,0	12,5

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP.

A continuación, se muestran las medianas de las variables en los cuadros 6 y 7. Las medianas más elevadas de VA, K y CI son las de los sectores hidrocarburos y electricidad.

Cuadro 6: Medianas - Toda la muestra (Nº para el factor trabajo y S/ Millones para el resto)

Sectores	2011				2019			
	VA	K	L	CI	VA	K	L	CI
Agencias de Viaje	1,3	0,5	17,5	3,7	3,6	1,2	32,5	9,7
Agroindustria	4,8	10,2	108,0	19,6	12,4	37,4	178,5	37,8
Centros Educativos No Estatales	3,2	2,0	93,0	1,1	5,6	3,7	101,5	1,6
Comercio	1,6	1,2	18,0	0,8	1,3	1,3	15,0	0,6
Construcción	2,5	1,3	47,0	4,5	2,9	1,8	33,0	4,8
Establecimientos de Hospedaje	1,7	4,5	34,0	1,5	5,4	12,9	86,0	4,4
Hidrocarburos	62,1	71,0	94,0	32,3	38,0	286,2	55,0	37,7
Pesca o Acuicultura	5,0	11,0	73,0	8,9	5,8	13,4	55,0	9,4
Manufactura	1,4	1,7	24,0	3,2	5,3	9,4	72,5	10,3
Electricidad	27,3	216,0	55,0	43,0	30,8	278,0	30,0	19,0
Transportes y Comunicaciones	3,2	3,3	37,0	4,3	4,5	5,7	37,0	4,1
Universidades No Estatales	20,4	31,2	570,5	6,6	16,1	31,2	268,5	5,5
Restaurantes	0,8	0,6	32,0	2,0	1,5	1,2	40,0	2,4
Servicios	3,2	1,4	42,0	1,7	6,4	3,3	50,0	3,5
TOTAL	2,1	1,7	29,0	2,1	2,6	2,5	23,0	2,0

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP.

Cuadro 7: Medianas - Panel de datos (Nº para el factor trabajo y S/ Millones para el resto)

Sectores	2011				2019			
	VA	K	L	CI	VA	K	L	CI
Agencias de Viaje	6,3	2,6	101,5	13,7	14,9	3,2	100,0	14,2
Agroindustria	11,3	33,7	297,0	44,9	25,0	94,6	364,0	60,0
Centros Educativos No Estatales	13,9	8,0	216,5	3,3	24,0	18,1	227,5	6,4
Comercio	5,4	3,9	56,0	2,2	8,2	10,8	84,0	3,7
Construcción	25,6	8,9	444,0	26,3	46,7	32,8	558,0	48,7
Establecimientos de Hospedaje	16,9	97,8	293,0	9,0	28,2	162,1	311,0	18,5
Hidrocarburos	273,8	383,1	153,0	72,9	229,2	901,7	192,0	86,9
Pesca o Acuicultura	16,9	27,3	183,5	34,1	16,3	50,1	206,5	45,4
Manufactura	17,1	36,8	255,0	40,1	25,1	76,6	267,0	44,6
Electricidad	60,5	468,5	195,0	73,1	152,3	878,0	224,0	155,4
Transportes y Comunicaciones	18,7	36,1	161,5	21,4	36,3	76,6	224,5	26,6
Universidades No Estatales	35,7	48,9	883,0	10,5	93,9	212,5	1452,0	23,0
Restaurantes	8,8	10,3	288,0	10,9	30,3	47,9	707,5	31,2
Servicios	17,5	12,1	242,0	8,3	34,5	31,4	295,0	13,9
TOTAL	11,6	10,4	136,5	9,4	18,1	29,2	176,5	14,4

Fuente: INEI-EEA. Elaboración: BCRP.

Prácticamente todos los sectores presentan mayores valores en el panel de datos de las medianas de todas las variables que en toda la muestra. Cabe señalar que la suma del valor agregado de las empresas del panel de datos de 2019 representa el 75,5 por ciento del PBI nominal del año 2019. Para las estimaciones posteriores, se deflactaron las variables VA, K y CI empleando la ratio del PBI constante y corriente de 2011 a 2019 reportados por el INEI al nivel más desagregado posible, para cada sector económico¹⁰.

¹⁰Tal como en Schiffbauer, M. et. al. (2022)(33). Gal, P. (2013)(15) indica que, si bien emplear deflatores para cada sector económico es una práctica usual en la literatura, advierte que las diferencias de productividad dentro de un mismo sector pueden reflejar también diferencias en el poder de mercado de las firmas.

4. Marco teórico y metodología

El presente apartado consiste en el análisis de la estimación de la función de producción Translogarítmica (Translog), así como de la Cobb-Douglas, estimadas para cada uno de los 14 sectores. Tal como lo menciona Pavelescu, F. (2011)(29), la denominación correcta de la Translog es la función de producción transcendental logarítmica. El autor menciona que esta función es una aproximación de segundo orden de series de Taylor de la función de Elasticidad de Sustitución Constante (CES por sus siglas en inglés). Asimismo, siguiendo a Hoff, A. (2002)(19), mientras que la Translog y la Cobb-Douglas son lineales en logaritmos, la CES no puede ser linealizada analíticamente. Por esta razón se trabajan con las 2 funciones mencionadas¹¹.

Para ambas funciones se asume que las firmas producen un bien homogéneo con capital y trabajo, además de ser neutrales a la Hicks¹². La función de producción Translog (1) a estimar está dada por :

$$Y_{ist} = \Omega_{ist} L_{ist}^{\beta_{ls}} K_{ist}^{\beta_{ks}} e^{\gamma [\alpha_1 \{\ln(L_{ist})\}^2 + \alpha_2 \{\ln(L_{ist}) \ln(K_{ist})\} + \alpha_3 \{\ln(K_{ist})\}^2]} e^{\epsilon_{ist}} \quad (1)$$

donde Y_{ist} , L_{ist} y K_{ist} son el valor agregado, los factores de producción trabajo y capital de la empresa i en el sector s en el año t , respectivamente. Ω_{ist} es la productividad de la firma i en el sector s en el año t o productividad total de factores (PTF), e es una función exponencial natural, y ϵ_{ist} son los residuos para la firma i en el sector s en el año t , es decir, el componente no explicado de la producción. Cabe señalar que si el coeficiente $\gamma = 0$, se tiene una función de producción Cobb-Douglas, por lo que esta es un caso especial de la Translog. Sean $\gamma\alpha_1 = \beta_{lls}$, $\gamma\alpha_2 = \beta_{lks}$, $\gamma\alpha_3 = \beta_{kks}$. Entonces los coeficientes β_{ls} , β_{ks} , β_{lls} , β_{lks} y β_{kks} son los coeficientes por estimar. Si estos coeficientes equivalen a 0, entonces tendríamos la función Cobb-Douglas. En la función de producción hay dos variables no observables: Ω_{ist} y ϵ_{ist} .

Denotando el logaritmo de las variables con las mismas letras en minúsculas, se tiene la función de producción en logaritmos (2) con los coeficientes β :

$$y_{ist} = \beta_{ls} l_{ist} + \beta_{ks} k_{ist} + \beta_{lls} l_{ist}^2 + \beta_{lks} l_{ist} k_{ist} + \beta_{kks} k_{ist}^2 + \omega_{ist} + \epsilon_{ist} \quad (2)$$

A partir de la función de producción en logaritmos, se pueden obtener las elasticidades producto¹³ del factor trabajo (3) y del factor capital (4). Además, ambas son funciones Cobb-Douglas en logaritmos:

$$\frac{\partial \ln(Y_{ist})}{\partial \ln(L_{ist})} = \frac{\partial y_{ist}}{\partial l_{ist}} = \hat{\theta}_{ist}^L = \hat{\beta}_{ls} + 2\hat{\beta}_{lls} l_{ist} + \hat{\beta}_{lks} k_{ist} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \ln(Y_{ist})}{\partial \ln(K_{ist})} = \frac{\partial y_{ist}}{\partial k_{ist}} = \hat{\theta}_{ist}^K = \hat{\beta}_{ks} + 2\hat{\beta}_{kks} k_{ist} + \hat{\beta}_{lks} l_{ist} \quad (4)$$

Al mismo tiempo¹⁴, considerando que las variables en mayúsculas están en niveles, los productos marginales (PMg) del factor trabajo (5) y del factor capital (6) se pueden expresar en función de los respectivos productos medios (PMe) y son, respectivamente:

$$PMg L_{ist} = \hat{\theta}_{ist}^L \times PMe L_{ist} = [\hat{\beta}_{ls} + 2\hat{\beta}_{lls} l_{ist} + \hat{\beta}_{lks} k_{ist}] \times \frac{Y_{ist}}{L_{ist}} \quad (5)$$

$$PMg K_{ist} = \hat{\theta}_{ist}^K \times PMe K_{ist} = [\hat{\beta}_{ks} + 2\hat{\beta}_{kks} k_{ist} + \hat{\beta}_{lks} l_{ist}] \times \frac{Y_{ist}}{K_{ist}} \quad (6)$$

Nótese que para niveles finitos de X_{ist} (factores de producción en niveles), el producto marginal de X_{ist} es positivo para valores altos de X_{jst} (del otro factor) pero puede ser negativo si $\beta_{jhs} > 0 \forall j, h$ y $X_{jst} \rightarrow 0$.

¹¹Existe literatura empírica que emplea funciones de producción CES para estimar económicamente la elasticidad de sustitución. Para ello, véanse por ejemplo Claro, S. (2003)(7), Maha, K. y H. Kamel (2015)(24), y Selvanathan, E. (2024)(34). No obstante, se puede calcular directamente la elasticidad de sustitución estimando los coeficientes de la función Translog, método que se sigue en esta investigación.

¹²Mert, M. (2021)(26) indica que, si la función de producción es “neutral a la Hicks” $Y_{ist} = \Omega_{ist} F(K_{ist}, L_{ist})$, esto significa que el progreso tecnológico tiene un impacto en el producto vía los factores de producción capital y trabajo. En este caso, el progreso tecnológico es la productividad total de factores (PTF). En cambio, si la función de producción es “neutral a la Harrod” $Y_{ist} = F(K_{ist}, \Omega_{ist} L_{ist})$, el progreso tecnológico tiene impacto en el producto únicamente a través del factor trabajo. En este caso, el progreso tecnológico es la productividad laboral. Finalmente, si la función de producción es “neutral a la Solow” $Y_{ist} = F(\Omega_{ist} K_{ist}, L_{ist})$, el progreso tecnológico tiene impacto en el producto únicamente a través del factor capital. En este caso, el progreso tecnológico es la productividad del capital. El progreso tecnológico neutral a la Hicks es denominado “residuo de Solow”.

¹³En la siguiente sección se obtienen estas elasticidades para cada sector y se pueden obtener también a nivel de firmas.

¹⁴En adelante, se sigue a Boisvert, R. (1982)(6).

Además, el producto marginal puede ser negativo si al menos un $\beta_{jhs} < 0$ $X_{jst} \rightarrow \infty$. Entonces, con la Translog no se asegura que el producto marginal sea positivo para todos los valores de los factores de producción. Por tanto, se necesita que las elasticidades θ sean positivas para que los productos marginales sean positivos.

Asimismo, para que el producto marginal del trabajo y del capital sean decrecientes, se requiere que $\hat{\theta}_{ist}^L(\hat{\theta}_{ist}^L - 1) + 2\hat{\beta}_{lls} < 0$ y $\hat{\theta}_{ist}^K(\hat{\theta}_{ist}^K - 1) + 2\hat{\beta}_{kks} < 0$, respectivamente, como se ve en las siguientes ecuaciones (7) y (8):

$$\begin{aligned}\frac{\partial PMgL_{ist}}{\partial L_{ist}} &= -\hat{\theta}_{ist}^L \times \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} + \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} \times 2\hat{\beta}_{lls} + PMgL_{ist} \times \frac{\hat{\theta}_{ist}^L}{L_{ist}} \\ &= -\hat{\theta}_{ist}^L \times \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} + \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} \times 2\hat{\beta}_{lls} + \hat{\theta}_{ist}^L \times \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} = \frac{Y_{ist}}{L_{ist}^2} [\hat{\theta}_{ist}^L(\hat{\theta}_{ist}^L - 1) + 2\hat{\beta}_{lls}]\end{aligned}\quad (7)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial PMgK_{ist}}{\partial K_{ist}} &= -\hat{\theta}_{ist}^K \times \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} + \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} \times 2\hat{\beta}_{kks} + PMgK_{ist} \times \frac{\hat{\theta}_{ist}^K}{K_{ist}} \\ &= -\hat{\theta}_{ist}^K \times \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} + \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} \times 2\hat{\beta}_{kks} + \hat{\theta}_{ist}^K \times \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} = \frac{Y_{ist}}{K_{ist}^2} [\hat{\theta}_{ist}^K(\hat{\theta}_{ist}^K - 1) + 2\hat{\beta}_{kks}]\end{aligned}\quad (8)$$

Los factores de producción serán complementarios si se cumple que $\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K + \hat{\beta}_{lks} > 0$, y sustitutos si $\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K + \hat{\beta}_{lks} < 0$. como se puede ver en las siguientes ecuaciones (9) y (10):

$$\begin{aligned}\frac{\partial PMgL_{ist}}{\partial K_{ist}} &= \frac{\beta_{lks} Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} + PMgK_{ist} \times \frac{\hat{\theta}_{ist}^L}{L_{ist}} \\ &= \frac{\beta_{lks} Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} + \frac{\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} = \frac{Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} [\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K + \hat{\beta}_{lks}]\end{aligned}\quad (9)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial PMgK_{ist}}{\partial L_{ist}} &= \frac{\beta_{lks} Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} + PMgL_{ist} \times \frac{\hat{\theta}_{ist}^K}{K_{ist}} \\ &= \frac{\beta_{lks} Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} + \frac{\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} = \frac{Y_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} [\hat{\theta}_{ist}^L \hat{\theta}_{ist}^K + \hat{\beta}_{lks}]\end{aligned}\quad (10)$$

La tasa marginal de sustitución técnica entre los factores de producción está dada por la siguiente expresión (11):

$$TMST_{ist} = \frac{PMgL_{ist}}{PMgK_{ist}} = \frac{\hat{\theta}_{ist}^L}{\hat{\theta}_{ist}^K} \times \frac{PMgL_{ist}}{PMgK_{ist}} = \frac{\hat{\beta}_{ls} + 2\hat{\beta}_{lls}l_{ist} + \hat{\beta}_{lks}k_{ist}}{\hat{\beta}_{ks} + 2\hat{\beta}_{kks}k_{ist} + \hat{\beta}_{lks}l_{ist}} \times \frac{PMgL_{ist}}{PMgK_{ist}} \quad (11)$$

Y la elasticidad de sustitución viene dada por¹⁵ la expresión (12):

$$\begin{aligned}\sigma_{ist} &= \frac{L_{ist} PMgL_{ist} + K_{ist} PMgK_{ist}}{K_{ist} L_{ist}} \times \\ &\quad \frac{PMgL_{ist} PMgK_{ist}}{2 \times \frac{\partial PMgL_{ist}}{\partial K_{ist}} \times PMgL_{ist} PMgK_{ist} - \frac{\partial PMgL_{ist}}{\partial L_{ist}} (PMgK_{ist})^2 - \frac{\partial PMgK_{ist}}{\partial K_{ist}} (PMgL_{ist})^2}\end{aligned}\quad (12)$$

Estos indicadores microeconómicos se corresponden con una función Cobb-Douglas, considerando que las elasticidades producto de los factores de producción son constantes y que los coeficientes β_{lls} , β_{lks} y β_{kks} equivalen a 0.

La elasticidad de sustitución equivale a 1 para la función Cobb-Douglas. Este indicador mide cuán sustituible es el factor trabajo y el factor capital cuando sus precios cambian, manteniendo el nivel de producción constante. Es decir, cuando el precio relativo de cualquier factor de producción cambia, las empresas sustituyen un insumo más caro por el más barato. Esto a su vez aumenta la intensidad del insumo más barato en la producción y eleva la producción del ingreso total destinado a ese insumo. Acorde con Harrasova, J. (2020)(17), si este parámetro es mayor a 1, significa que el capital y el trabajo son fácilmente sustituibles.

La función de producción Translog tiene las siguientes ventajas sobre la tradicional Cobb-Douglas:

¹⁵Véanse Hoff, A. (2002)(19) para más información y Vásquez, A. (1969)(41) para la derivación de la expresión.

- No requiere del supuesto de sustitución suave entre los factores de producción.
- Las elasticidades producto de cada factor de producción no son constantes, sino que dependen de los niveles de los insumos utilizados en el proceso de producción. De esta manera, se pueden obtener elasticidades producto de cada insumo para cada empresa y para cada sector.
- Se agregan más variables explicativas al modelo de regresión para evitar el problema de variables omitidas. De esta manera, se reduce el problema de sobreestimación de la productividad total de factores enunciado por Céspedes, N. et. al. (2014)(8).

La principal ventaja de la función de producción Cobb-Douglas es su simplicidad y su interpretación, ya que los coeficientes estimados son directamente las elasticidades producto de los factores de producción. Además, la contabilidad del crecimiento del producto es más directa.

La estimación¹⁶ se hace para todos los años de 2011 a 2019, para cada sector, para toda la muestra y para el panel de datos. Los parámetros relevantes se estiman por sector. De esta manera, tal como lo resaltan Francis, D. et. al. (2020)(14), se evita que las firmas intensivas en un factor de producción de un sector económico tengan la misma elasticidad que aquellas intensivas en otro factor de producción de otro sector. Más aún, la Translog permite que dentro de una industria se pueda calcular elasticidades de los factores de producción respecto al producto diferentes. Por tanto, se consideran diferencias intersectoriales e intrasectoriales.

ACF (2015) recomiendan utilizar al valor agregado como variable dependiente, debido a que ya no se emplearía a la variable de insumos intermedios como factor de producción y así se evitaría un problema de identificación en la estimación de los coeficientes, a diferencia de Tello, M. (2024a)(38)¹⁷ y Tello, M. (2024b)(39). Asimismo, Gal, P. (2013)(15) señala que emplear el valor agregado como variable dependiente es mejor que el producto bruto o el ingreso total, debido a que compañías con mucha actividad de reventas (por ejemplo, compañías minoristas o de *retail*) tendrán un valor elevado del producto bruto o ingreso total. El valor agregado, al descontar por insumos intermedios (incluidos bienes de reventa, típicos en el sector *retail*), resuelve este problema.

Siguiendo a Manjón, M. y J. Mañez (2016)(25), para la estimación econométrica se asume que los factores de producción difieren en 2 dimensiones fundamentales: si su elección en el periodo corriente afecta el costo de producción en periodos futuros (naturaleza dinámica) y si el periodo en el que fueron elegidos es el mismo periodo en el que son empleados en el proceso de producción (sincronización). Un insumo no dinámico (primera dimensión) o variable/libre (segunda dimensión) es el trabajo. Un insumo dinámico (primera dimensión) o fijo (segunda dimensión) es el capital. El capital es la variable de estado.

Si la función de producción se estimase por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), los coeficientes estimados serían sesgados e inconsistentes por la correlación entre los factores de producción y la productividad. Las soluciones estándar tales como la estimación por efectos fijos y la del uso de variables instrumentales no son ideales para corregir este problema de endogeneidad. La estimación por efectos fijos puede corregir el problema a costa de imponer que los choques de productividad no varíen en el tiempo. Asimismo, la solución de variables instrumentales tiene la dificultad de encontrar los instrumentos apropiados. Por ello, se emplea la metodología ACF no solo por la posibilidad de estimar una función de producción Translog, sino que también asegura estimadores consistentes.

En particular, el problema de estimar la función de producción mediante el método de MCO es que no se cumple el supuesto clásico de exogeneidad:

$$E[\eta_{ist}/X_{ist}] \neq 0$$

con $\eta_{ist} = \omega_{ist} + \epsilon_{ist}$ y X_{ist} son los factores de producción. Este supuesto no se cumple por la correlación entre la PTF y dichos factores. La metodología ACF permite corregir este inconveniente.

Olley-Pakes (1996) fueron los primeros en proponer un procedimiento consistente de estimación en 2 etapas. La clave de este método es utilizar como variable proxy de la PTF a la inversión de las firmas, de manera que, bajo ciertos supuestos en una primera etapa, se estimen los coeficientes de las variables

¹⁶Para la estimación de las funciones de producción Translog y Cobb-Douglas, se utilizó el comando `prodest` en Stata. Este comando engloba diversas metodologías de estimación de la función de producción. La metodología que se empleó fue la de Akerberg, Caves y Frazer (2015), debido a que dicho comando permite estimar una función de producción Translog con el método (ACF) y también la función Cobb-Douglas.

¹⁷El autor también estimó la función de producción con el valor agregado como variable dependiente. No obstante, los resultados no fueron reportados.

libres y, en la segunda etapa, se estimen los coeficientes de las variables de estado. Por su parte, Levinson y Petrin (2003) utilizan a los insumos intermedios como proxy ya que pueden existir costos de ajuste sustanciales que ocasionan que la variable inversión registre muchos ceros en las encuestas porque la decisión de inversión no es continua, sino discreta y pospuesta algunos años. En ambos casos, la variable proxy se aproxima con una función de control (polinomio o mínimos cuadrados ponderados locales, respectivamente) que depende de la PTF y que es invertible.

El problema con las 2 metodologías anteriores es que, la variable libre (o insumo no dinámico) del factor trabajo puede que no varíe independientemente de la especificación de la función de control y, por tanto, su coeficiente no sería identificable. La metodología ACF (2015) corrige este problema empleando el marco teórico de ambas metodologías, pero estima todos los coeficientes de los factores de producción en la segunda etapa¹⁸.

¹⁸Para mayor detalle de las metodologías de estimación, véase Yasar, M. et. al. (2008)(44); Manjón, M. y J. Mañez (2016)(25); y Rovigatti, G. y V. Mollisi (2018)(31).

5. Resultados de la estimación

Esta sección presenta los resultados para los dos grupos de bases de datos obtenidos de la EEA de 2011 a 2019: i) para toda la muestra; y ii) para el panel de datos.

Con relación a la función de producción Cobb-Douglas¹⁹, los coeficientes estimados reportados en el cuadro 8 son positivos salvo la elasticidad del producto respecto al capital para el sector construcción en toda la muestra. Excepto el sector Agencias de Viaje para toda la muestra, las elasticidades son menores a la unidad. Sin embargo, tanto para toda la muestra como para el panel de datos, no todos los sectores reportan elasticidades significativas. En dichos cuadros también se reporta si la función presenta rendimientos constantes a escala (RCE). Más de un sector presentaría RCE tanto para toda la muestra como para el panel de datos²⁰.

Respecto a la función de producción Translog²¹, la mayoría de los coeficientes estimados reportados en los cuadros 9 y 10 resultan significativos. En dichos cuadros se muestra que no hay RCE, excepto para el sector Agencias de Viaje en el caso de toda la muestra. Por otro lado, cabe señalar que, a diferencia de la función Cobb-Douglas, los coeficientes estimados de la función Translog no tienen una interpretación directa.

Adicionalmente, en los cuadros 9 y 10 se muestran las elasticidades del producto respecto a los factores trabajo (empleo) y capital, positivas para todos los sectores con la especificación Translog. Para toda la muestra, los sectores más intensivos en capital son el sector de Hidrocarburos y el de Electricidad, tanto para la especificación Cobb-Douglas como para la Translog y el resto de los sectores son más intensivos en mano de obra²². En cambio, para el panel de datos, para la especificación Cobb-Douglas el sector Agroindustria pasa a ser intensivo en capital, además de los sectores de Hidrocarburos y Electricidad; y para la especificación Translog los sectores Establecimientos de Hospedaje y Transportes y Comunicaciones pasan a ser intensivos en capital, además de los sectores de Hidrocarburos y Electricidad. Esto se debe a que el panel de datos prácticamente incorpora sólo a empresas grandes y medianas, por lo que estas serían más intensivas en capital respecto a las empresas más pequeñas del sector correspondiente.

¹⁹Para toda la muestra y bajo la especificación Cobb-Douglas, la estimación del total de la muestra y para el sector Comercio se llevó a cabo con el comando 'acfest' y para el resto de los sectores el comando 'prodest' del paquete estadístico de software Stata. Ambos comandos emplean la metodología ACF (2015). Sin embargo, se empleó el primer comando en los dos grupos mencionados porque no se podían calcular los estadísticos de inferencia con el segundo comando, siendo que los coeficientes estimados con el segundo comando son muy parecidos. Para el caso de datos de panel y bajo la especificación Cobb-Douglas, no se empleó el comando 'acfest'.

²⁰Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019)(11) usan como variable de empleo el gasto de personal, directores y gerentes mientras que en este documento se emplea el número de trabajadores. Los autores obtienen una elasticidad del factor trabajo respecto al producto igual a 0,464 y una elasticidad del factor capital respecto al producto igual a 0,427 con un número de observaciones equivalente a 1 005 firmas.

²¹Schiffbauer, M. et. al. (2022)(33), estimaron la función Translog para 13 sectores a 2 dígitos.

²²Estos resultados difieren de lo obtenido por Céspedes, N. (2019)(9). El autor reporta, bajo las estimaciones con un modelo de efectos fijos y de panel dinámico, que el sector eléctrico es intensivo en mano de obra (elasticidad producto respecto al capital menores a 0,5), mientras que los sectores comercio y construcción serían intensivos en capital (elasticidad producto respecto al capital mayor a 0,5).

Cuadro 8: Resultados de la estimación Cobb-Douglas

Sectores	Toda la muestra				Panel de Datos			
	$\hat{\theta}_s^L$	$\hat{\theta}_s^K$	Obs.	RCE	$\hat{\theta}_s^L$	$\hat{\theta}_s^K$	Obs.	RCE
Agencias de Viaje	1,001	0,085	851	Sí	0,607	0,163	144	No
Agroindustria	0,582***	0,431*	2 094	Sí	0,312**	0,513**	567	No
Centros Educativos No Estatales	0,798***	0,273***	1 474	Sí	0,805***	0,213**	108	No
Comercio	0,667***	0,207***	12 494	No	0,424***	0,314***	5 481	Sí
Construcción	0,909***	-0,052	5 390	Sí	0,445	0,215	306	No
Establecimientos de Hospedaje	0,756***	0,244**	1 185	Sí	0,597	0,310	144	No
Hidrocarburos	0,129	0,728***	507	Sí	0,092*	0,602**	99	No
Pesca o Acuicultura	0,518*	0,351*	1 275	Sí	0,148	0,525	108	No
Manufactura	0,693***	0,291***	16 308	No	0,408***	0,431***	2 385	Sí
Electricidad	0,253	0,647	583	Sí	0,190	0,845	198	No
Transportes y Comunicaciones	0,618***	0,310***	6 397	No	0,317**	0,315**	1 044	No
Universidades No Estatales	0,856***	0,353***	661	No	0,531***	0,462***	261	No
Restaurantes	0,758***	0,164***	1 675	Sí	0,295*	0,435***	90	No
Servicios	0,591***	0,269***	16 253	No	0,369***	0,228***	1 935	Sí
TOTAL	0,576***	0,321***	78 439	No	0,394***	0,360***	12 870	No

Nota: *: p-value < 0,10; **: p-value < 0,05; ***: p-value < 0,01. La ultima columna corresponde a la hipótesis nula (H_o) de existencia de rendimientos constantes a escala (RCE) y dice Sí en caso que el p-value sea mayor a 0,10 y No en caso contrario.

Cuadro 9: Resultados de la estimación Translog - Toda la muestra

Sectores	$\hat{\beta}_{ls}$	$\hat{\beta}_{ks}$	$\hat{\beta}_{lls}$	$\hat{\beta}_{llks}$	$\hat{\beta}_{kkks}$	θ_s^L	θ_s^K	Obs.	RCE
Agencias de Viaje	1,195***	-0,159***	0,027***	-0,025***	0,013**	1,153	0,053	851	Sí
Agroindustria	0,982***	-0,530***	0,008***	-0,035***	0,040***	0,658	0,390	2 094	No
Centros Educativos No Estatales	0,959***	0,054***	0,057***	-0,044***	0,013***	1,033	0,293	1 474	No
Comercio	1,010***	-0,048***	0,014***	-0,033***	0,016***	0,785	0,243	23 786	No
Construcción	0,664***	-0,085***	0,057***	-0,025***	0,012***	0,859	0,143	5 390	No
Establecimientos de Hospedaje	1,107***	-0,107***	0,098***	-0,094***	0,044***	0,865	0,784	1 185	No
Hidrocarburos	1,786***	-0,327***	0,079***	-0,128***	0,048***	0,612	1,052	507	No
Pesca o Acuicultura	0,762***	-0,166***	0,036***	-0,034***	0,019***	0,682	0,237	1 275	No
Manufactura	0,810***	-0,101***	0,020***	-0,015***	0,032***	0,807	0,519	16 308	No
Electricidad	1,363***	-0,790***	0,066***	-0,075***	0,077***	0,840	1,332	583	No
Transportes y Comunicaciones	1,240***	-0,362***	0,048***	-0,074***	0,040***	0,815	0,468	6 397	No
Universidades No Estatales	1,072***	-0,386***	0,000***	-0,004***	0,021***	1,026	0,125	661	No
Restaurantes	1,022***	0,026***	0,059***	-0,076***	0,021**	0,821	0,378	1 675	No
Servicios	0,808***	-0,137***	0,041***	-0,034***	0,022***	0,787	0,275	16 253	No
TOTAL	0,999***	-0,182***	0,047***	-0,057***	0,029***	0,779	0,388	78 439	No

Nota: *: p-value < 0,10; **: p-value < 0,05; ***: p-value < 0,01. La ultima columna corresponde a la H_o de existencia de RCE y dice Sí en caso que el p-value sea mayor a 0,10 y No en caso contrario.

Cuadro 10: Resultados de la estimación Translog - Panel de datos

Sectores	$\hat{\beta}_{ls}$	$\hat{\beta}_{ks}$	$\hat{\beta}_{lls}$	$\hat{\beta}_{llks}$	$\hat{\beta}_{kkks}$	θ_s^L	θ_s^K	Obs.	RCE
Agencias de Viaje	2,580***	-0,841***	-0,108***	-0,074***	0,056***	0,841	0,289	144	No
Agroindustria	0,236***	-0,453***	-0,015***	0,038***	0,019**	0,558	0,050	567	No
Centros Educativos No Estatales	4,328***	-1,714***	-0,258***	-0,021	0,081***	1,220	0,156	108	No
Comercio	0,314***	-0,141***	0,026***	0,009***	0,010***	0,628	0,075	5 481	No
Construcción	-1,469***	0,639***	0,066***	0,079***	-0,016	0,245	0,271	306	No
Establecimientos de Hospedaje	-1,720***	-0,676***	0,283***	-0,073***	0,063***	0,625	1,022	144	No
Hidrocarburos	2,864***	-0,954***	0,103***	-0,207**	0,076***	0,510	1,468	99	No
Pesca o Acuicultura	-1,626***	0,751***	0,056	0,111	-0,018	0,349	0,298	108	No
Manufactura	0,562***	-0,862***	0,015***	-0,002***	0,043***	0,706	0,263	2 385	No
Electricidad	0,161***	-3,419***	-0,066**	0,064**	0,137***	0,499	0,739	198	No
Transportes y Comunicaciones	0,653***	-2,419***	0,081***	-0,059***	0,126***	0,757	0,870	1 044	No
Universidades No Estatales	1,143***	-0,438***	0,002	-0,024***	0,032***	0,855	0,429	261	No
Restaurantes	1,546***	-1,093***	0,072***	-0,170***	0,115***	0,490	1,572	90	No
Servicios	-0,451***	-0,448***	0,095***	0,000	0,024***	0,636	0,121	1 935	No
TOTAL	0,742***	-0,748***	0,057***	-0,055***	0,050***	0,663	0,447	12 870	No

Nota: *: p-value < 0,10; **: p-value < 0,05; ***: p-value < 0,01. La ultima columna corresponde a la H_o de existencia de RCE y dice Sí en caso que el p-value sea mayor a 0,10 y No en caso contrario.

Los indicadores microeconómicos de los cuadros siguientes se calcularon para cada firma en con la función Translog, con las variables valor agregado, capital y empleo en niveles y en logaritmos, según corresponda²³.

La función Translog permite calcular las elasticidades producto respecto al capital y al trabajo a nivel de firma. Si bien los coeficientes de la función Translog son los mismos para cada sector, a diferencia de la función Cobb-Douglas, las elasticidades producto respecto a los insumos varían dentro de cada industria porque dependen de sus niveles de insumos empleados, como lo recalca en Francis, D. et. al. (2020)(14).

Las medianas de los indicadores microeconómicos se muestran en los cuadros 11 y 12. Para toda la muestra, excepto el sector Agencias de Viaje, las medianas de las elasticidades, de los productos marginales y de la tasa marginal de sustitución técnica son todas positivas para todos los sectores. Para el panel de datos, excepto la productividad marginal del capital de los sectores Agencias de Viaje y Centros Educativos No Estatales, ocurre lo mismo que para toda la muestra²⁴.

Las medianas de las elasticidades producto de los factores de producción obtenidos con la especificación

²³También se calcularon para cada sector con la función Cobb-Douglas. Para el caso de toda la muestra: El producto marginal del trabajo es positivo para todas las observaciones. El producto marginal del capital y la tasa marginal de sustitución técnica (TMST) también son positivos para el 93,1 por ciento de las observaciones. Las segundas derivadas de la productividad marginal de los factores de producción respecto de sí mismos son negativos para el 98,9 por ciento de las observaciones en el caso del factor trabajo y para el 93,1 por ciento de las observaciones en el caso del factor capital, mientras que la segunda derivada cruzada es positiva para el 93,1 por ciento de las observaciones. Y para el caso del panel de datos: El producto marginal del trabajo y la TMST son positivos para el 98,5 por ciento de las observaciones, y el producto marginal del capital es positivo para todas las observaciones. Las mismas proporciones se repiten para las segundas derivadas negativas del producto marginal de los factores de producción respecto de sí mismos y para la segunda derivada cruzada positiva, respectivamente. Estos resultados se condicen con la teoría económica.

²⁴También se calcularon las derivadas de los productos marginales de cada uno de los factores de producción respecto a los propios factores de producción obtenidas con la especificación Translog, así como la derivada cruzada, Para toda la muestra: 85,4 por ciento de las observaciones registran la derivada del producto marginal del trabajo respecto al mismo factor negativa; 89,9 por ciento de las observaciones registran la derivada del producto marginal del capital respecto al mismo factor negativa; y 90,0 por ciento de las observaciones reportan la derivada cruzada positiva. Para el panel de datos: 87,5 por ciento de las observaciones registran la derivada del producto marginal del trabajo respecto al mismo factor negativa; 81,7 por ciento de las observaciones registran la derivada del producto marginal del capital respecto al mismo factor negativa; y 95,4 por ciento de las observaciones reportan la derivada cruzada positiva. Estos resultados se condicen con la teoría económica.

Cuadro 11: Indicadores microeconómicos de la Translog a nivel de firmas - Toda la muestra (Medianas)

Sectores	θ_{ist}^L	θ_{ist}^K	$PMgL_{ist}$	$PMgK_{ist}$	$TMST_{ist}$	σ_{ist}
Agencias de Viaje	1,152	-0,020	0,549	-0,052	-2,475	0,500
Agroindustria	0,653	0,229	0,227	0,079	2,759	1,389
Centros Educativos No Estatales	1,045	0,109	0,262	0,146	1,822	1,426
Comercio	0,785	0,150	0,492	0,169	2,858	1,334
Construcción	0,835	0,051	0,412	0,046	6,160	1,531
Establecimientos de Hospedaje	0,853	0,473	0,273	0,157	1,592	1,581
Hidrocarburos	0,681	0,461	2,680	0,154	15,019	1,877
Pesca o Acuicultura	0,681	0,108	0,259	0,038	5,800	1,586
Manufactura	0,802	0,478	0,336	0,340	1,039	1,144
Electricidad	0,836	1,134	2,918	0,146	21,727	1,315
Transportes y Comunicaciones	0,807	0,223	0,606	0,115	4,274	1,637
Universidades No Estatales	1,023	0,106	0,273	0,044	4,902	1,233
Restaurantes	0,825	0,042	0,149	0,045	1,352	0,663
Servicios	0,774	0,155	0,440	0,217	1,783	1,425
TOTAL	0,793	0,169	0,414	0,169	2,365	1,335

Nota: El producto marginal del empleo se calculó con el valor agregado en miles de soles.

Cuadro 12: Indicadores microeconómicos de la Translog a nivel de firmas - Panel de datos (Medianas)

Sectores	θ_{ist}^L	θ_{ist}^K	$PMgL_{ist}$	$PMgK_{ist}$	$TMST_{ist}$	σ_{ist}
Agencias de Viaje	0,829	-0,080	0,534	-0,206	-0,809	0,523
Agroindustria	0,552	0,251	0,221	0,088	3,092	0,992
Centros Educativos No Estatales	1,305	-0,015	0,687	-0,026	-0,844	0,380
Comercio	0,633	0,115	0,491	0,115	4,536	1,156
Construcción	0,277	0,749	0,134	1,528	0,114	1,042
Establecimientos de Hospedaje	0,584	0,609	0,216	0,123	1,914	1,957
Hidrocarburos	0,565	0,473	5,541	0,090	73,556	3,879
Pesca o Acuicultura	0,306	0,876	0,125	0,339	0,359	1,021
Manufactura	0,705	0,243	0,509	0,095	5,284	1,303
Electricidad	0,446	1,085	1,897	0,135	11,825	0,807
Transportes y Comunicaciones	0,758	0,579	0,695	0,208	3,073	1,647
Universidades No Estatales	0,851	0,248	0,240	0,123	1,942	1,323
Restaurantes	0,470	0,527	0,079	0,394	0,199	3,517
Servicios	0,608	0,123	0,363	0,112	2,983	1,427
TOTAL	0,658	0,146	0,466	0,116	3,881	1,204

Nota: El producto marginal del empleo se calculó con el valor agregado en miles de soles.

Translog para el total de toda la muestra suman 1, por lo que se podría establecer que en conjunto las firmas estarían mostrando rendimientos constantes a escala, como se puede ver en la figura 1. Sin embargo, para cada sector no ocurre lo mismo ni tampoco para el panel de datos pues algunos presentan

rendimientos decrecientes a escala y otros crecientes, como se ve en la figura 2.

Figura 1: Mediana de las elasticidades producto de los insumos (Translog) - Toda la muestra

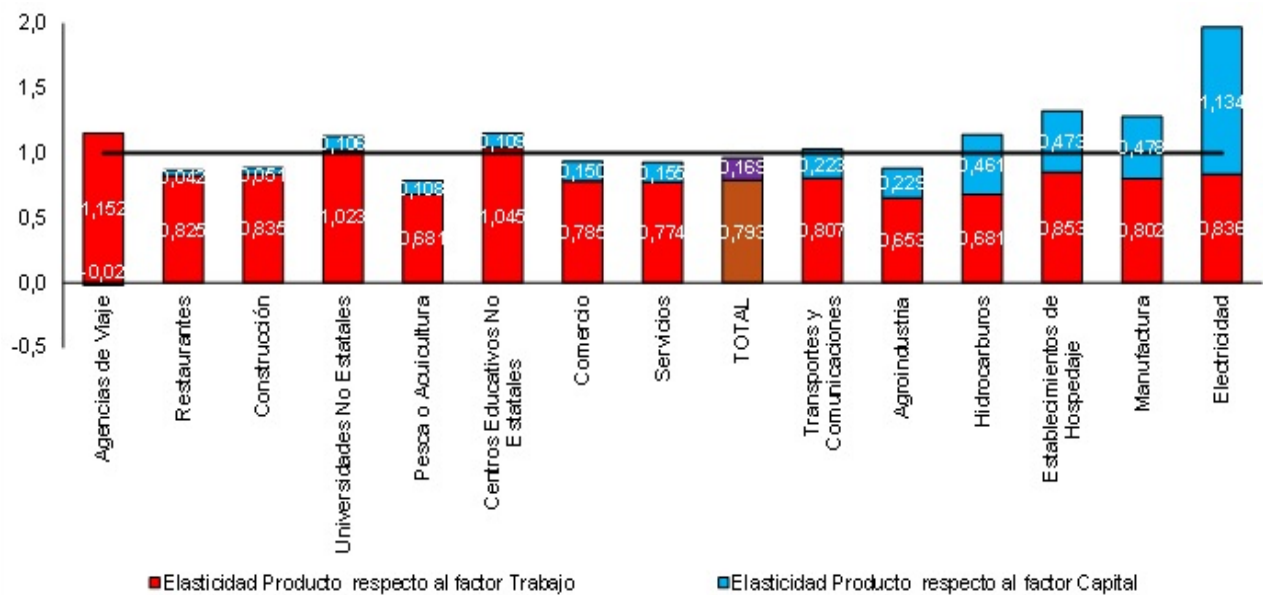
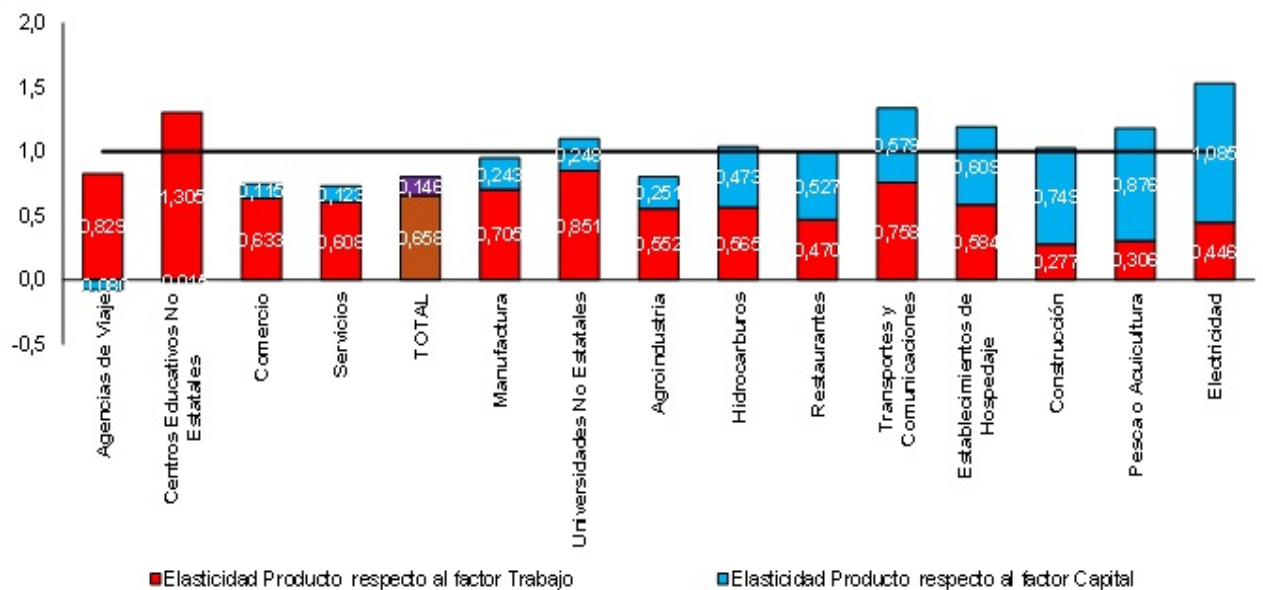


Figura 2: Mediana de las elasticidades producto de los insumos (Translog) – Panel de datos

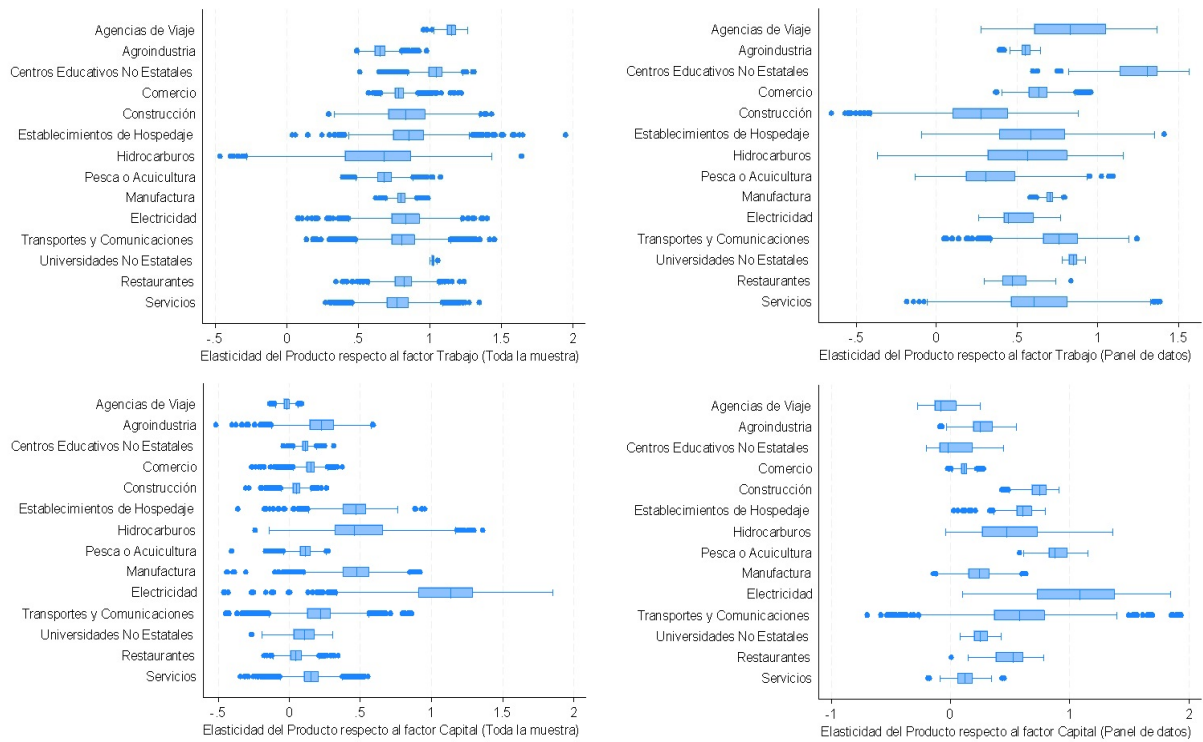


Considerando como marco de referencia la elasticidad de sustitución de la función Cobb-Douglas equivalente a la unidad, para toda la muestra, salvo los sectores Agencias de Viaje y Restaurantes, los demás sectores, y el total, registran valores mayores a la unidad. Sin embargo, para el panel de datos, la elasticidad de sustitución es menor a la unidad para el sector Agencias de Viajes, Centros Educativos No Estatales y Electricidad (para los sectores Agroindustria, Construcción y Pesca o Acuicultura prácticamente equivale a 1). Para el resto de los sectores es mayor a 1. Asimismo, la elasticidad de sustitución de toda la muestra es 1,335 y la del panel de datos equivalente a 1,204, ambas mayores a 1. Por tanto, la elasticidad de sustitución a nivel de firmas muestra que, para varios sectores, y para la totalidad de los datos, los factores de producción son más sustituibles de acuerdo con la especificación Translog.

En la figura 3 se observa la alta variabilidad que muestran las elasticidades del producto respecto a

los factores trabajo y capital para cada empresa y por sectores. Estas presentan valores mayores a algo menos de -0,5 y menores a 2, tanto para toda la muestra como para el panel de datos. No obstante, para toda la muestra: el 99,9 por ciento (95,6 por ciento) de las observaciones presentan valores positivos de la elasticidad del producto respecto al factor trabajo (capital); asimismo, el 92,9 por ciento (95,0 por ciento) de las firmas presenta valores positivos y menores a 1 de la elasticidad del producto respecto al factor trabajo (capital). Y para el panel de datos: el 99,2 por ciento (96,4 por ciento) de las observaciones presentan valores positivos de la elasticidad del producto respecto al factor trabajo (capital); asimismo, el 95,8 por ciento (94,5 por ciento) de las observaciones presenta valores positivos y menores a 1 de la elasticidad del producto respecto al factor trabajo (capital).

Figura 3: Elasticidad del producto (Translog) de los factores trabajo y capital por sectores



Lo anterior indicaría que la función Translog sería la más adecuada para reflejar alta variabilidad a nivel de firmas, entre sectores y dentro de cada sector, igual que en Francis, D. et. al. (2020)(14).

Luego de las estimaciones, se obtuvo la PTF en logaritmos, para las dos especificaciones, cuyos estadísticos por sector se muestran a continuación²⁵ en los cuadros 13 y 14:

Cuadro 13: Estadística Descriptiva de la PTF (en logaritmos) de la Cobb-Douglas 2011-2019

Sectores	Toda la muestra		Panel de Datos	
	Mediana	Desviación Estándar	Mediana	Desviación Estándar
Agencias de Viaje	5,45	0,69	6,65	0,44
Agroindustria	2,90	0,92	3,42	0,59
Centros Educativos No Estatales	3,84	0,55	4,93	0,33
Comercio	5,55	0,95	5,70	0,82
Construcción	7,04	1,18	7,21	0,86
Establecimientos de Hospedaje	4,15	0,63	4,27	0,32
Hidrocarburos	2,37	1,27	4,65	0,75
Pesca o Acuicultura	4,11	1,00	4,14	0,54
Manufactura	4,29	0,76	4,34	0,56
Electricidad	2,07	0,93	-0,58	0,59
Transportes y Comunicaciones	4,77	0,97	6,55	0,87
Universidades No Estatales	2,10	0,71	2,81	0,37
Restaurantes	4,72	0,61	4,51	0,23
Servicios	5,33	0,99	7,43	0,71
TOTAL	5,07	1,32	5,62	1,60

De acuerdo con la mediana de la PTF de las empresas con la especificación Cobb-Douglas, para toda la muestra, los sectores Construcción, Comercio, Agencias de Viaje, Servicios, y Transportes y Comunicaciones son los más productivos y los sectores menos productivos son Centros Educativos No Estatales, Agroindustria, Hidrocarburos, Universidades No Estatales y Electricidad. Para el panel de datos, los sectores Servicios, Construcción, Transportes y Comunicaciones y Agencias de Viaje son los más productivos mientras que los sectores Pesca o Acuicultura, Agroindustria, Universidades No Estatales y Electricidad son los menos productivos²⁶²⁷.

Cuadro 14: Estadística Descriptiva de la PTF (en logaritmos) de la Translog 2011-2019

Sectores	Toda la muestra		Panel de Datos	
	Mediana	Desviación Estándar	Mediana	Desviación Estándar
Agencias de Viaje	6,88	0,75	7,83	1,01
Agroindustria	12,06	1,80	16,17	1,82
Centros Educativos No Estatales	5,20	0,65	7,07	2,05
Comercio	6,85	1,07	11,18	1,14
Construcción	8,28	1,28	14,00	2,78
Establecimientos de Hospedaje	6,46	0,83	30,95	2,52
Hidrocarburos	9,71	3,62	15,45	4,53
Pesca o Acuicultura	8,64	1,38	10,74	2,26
Manufactura	7,74	1,10	20,14	1,98
Electricidad	18,08	3,41	65,03	5,89
Transportes y Comunicaciones	9,61	1,53	40,58	4,39
Universidades No Estatales	9,95	1,36	10,55	0,94
Restaurantes	4,88	0,66	14,44	0,98
Servicios	8,36	1,29	20,16	1,98
TOTAL	7,71	1,96	14,61	10,33

En cambio, según la mediana de la PTF de las empresas con la Translog, para toda la muestra, los sectores Electricidad, Agroindustria, Hidrocarburos, Universidades No Estatales y Transportes y Comunicaciones son los más productivos, mientras que los sectores menos productivos son los de, Comercio, Agencias

²⁵Para términos comparativos, en el trabajo de Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019)(11) la media es de 2,16 y el desvío estándar es de 0,64. El menor desvío estándar puede deberse a que emplean 1 005 empresas para la estimación y tan solo 3 años: 2014, 2015 y 2016. En el trabajo de Del Pozo, C. y E. Guzmán (2022)(12) la media se reduce a 1,96, siendo que también trabaja con los años 2014, 2015 y 2016.

²⁶Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019)(11) consideran solo 8 sectores para la estimación de la PTF con la especificación Cobb-Douglas: agroindustria, comercio, construcción, hidrocarburos, manufactura, transporte y comunicaciones, restaurantes y servicios. Los autores también encuentran heterogeneidad intrasectorial e intersectorial. El mayor nivel de productividad promedio la obtienen de firmas que pertenecen a los sectores Transportes y Comunicaciones, Agroindustria y Construcción mientras que los menores niveles de productividad promedio se obtienen de firmas de los sectores Comercio y Manufactura. Cabe señalar que los autores estimaron la PTF para todos los sectores a la vez, es decir, las elasticidades producto respecto a los factores de producción capital y trabajo son iguales para todos los sectores.

²⁷Céspedes, N. (2019)(9) encuentra que los sectores minería y electricidad son los más productivos mientras que los sectores industria y comercio se encuentra en un punto intermedio y los sectores agricultura y pesca son los menos productivos. El sector servicios también registra niveles altos en el trabajo del autor.

de Viaje, Establecimientos y Hospedaje, Centros Educativos No Estatales y Restaurantes. Para el panel de datos, los sectores Electricidad, Transportes y Comunicaciones, Establecimientos de Hospedaje, Manufactura y Servicios son los más productivos mientras que los sectores menos productivos son el de Pesca y Acuicultura, el de Universidades No Estatales, Agencias de Viaje, y el de Centros Educativos No Estatales.²⁸

Además, salvo para los sectores de Electricidad y de Restaurantes de la especificación Cobb-Douglas, los sectores del panel de datos reportan niveles de PTF más elevados que los correspondientes a toda la muestra. Esto se debe a que el panel de datos está conformado prácticamente sólo por empresas grandes y medianas mientras que toda la muestra por empresas de diferentes tamaños. Esto muestra una relación positiva entre la productividad y el tamaño de la empresa. El sector de Electricidad registra niveles negativos de PTF para el panel de datos con la especificación Cobb-Douglas, pero en niveles estaría alrededor de valores positivos de entre 0,5 y 0,6. Por su parte, la PTF del sector Restaurantes del panel de datos es ligeramente menor a la de toda la muestra con la especificación Cobb-Douglas.

Por otro lado, la desviación estándar de la especificación Cobb-Douglas cae para todos los sectores respecto a toda la muestra, lo cual significa menos dispersión de la PTF.

Como referencia, también se calculó la productividad laboral (producto medio del factor trabajo) como la diferencia del logaritmo del valor agregado y del logaritmo del factor trabajo y la estadística descriptiva correspondiente se ve en el cuadro 15. Gal, P. (2013)(15) resalta que la productividad laboral no controla por diferencias en la intensidad del capital entre firmas.

Según la mediana de la productividad laboral de las empresas, para toda la muestra, los sectores Hidrocarburos, Electricidad, Transportes y Comunicaciones y Comercio son los más productivos. Los sectores menos productivos son los de Establecimientos y Hospedaje, Centros Educativos No Estatales, Universidades No Estatales y Restaurantes. Para el panel de datos, los sectores Hidrocarburos, Electricidad, Transportes y Comunicaciones y Comercio son los más productivos y los menos productivos son el de Establecimientos de Hospedaje, Agroindustria, Universidades No Estatales y Restaurantes.

Cuadro 15: Estadística Descriptiva de la Productividad Laboral (en logaritmos) 2011-2019

Sectores	Toda la muestra		Panel de Datos	
	Mediana	Desviación Estándar	Mediana	Desviación Estándar
Agencias de Viaje	6,16	0,70	6,50	0,48
Agroindustria	5,85	1,07	6,00	0,93
Centros Educativos No Estatales	5,54	0,70	6,30	0,39
Comercio	6,43	1,04	6,66	1,01
Construcción	6,18	1,18	6,31	1,13
Establecimientos de Hospedaje	5,74	0,73	6,08	0,49
Hidrocarburos	8,67	2,47	9,54	1,68
Pesca o Acuicultura	5,95	1,17	6,34	1,10
Manufactura	6,03	0,86	6,58	0,78
Electricidad	8,14	1,74	8,25	0,88
Transportes y Comunicaciones	6,63	1,12	6,81	1,20
Universidades No Estatales	5,59	0,74	5,64	0,53
Restaurantes	5,20	0,65	5,16	0,37
Servicios	6,34	1,21	6,46	1,12
TOTAL	6,24	1,15	6,57	1,09

Con la finalidad de observar la dinámica de la PTF y de la productividad laboral entre los años 2011 y 2019, se utiliza la fórmula de Céspedes, N. et. al. (2014)(8) y se calcula la serie de tiempo de la PTF para la especificación Cobb-Douglas y la Translog, así como la serie de tiempo de la productividad laboral por sectores económicos como un promedio ponderado cuyos ponderadores son el tamaño de las empresas medidas como la proporción del valor agregado de cada firma en cada sector, tanto para toda la muestra como para el panel de datos. De esta manera, se obtienen series de tiempo anuales de las 3 variables para cada sector.

²⁸Como en el trabajo de Céspedes, N. (2019)(9), el sector de Electricidad registra un nivel de PTF bastante elevado y el de Pesca y Acuicultura bajo.

Entonces, aplicando la fórmula de Céspedes, N. et. al. (2014)(8), de acuerdo con la función Cobb-Douglas, tanto para toda la muestra como para el panel de datos, los sectores con la PTF más alta son el de Construcción, Transportes y Comunicaciones, Comercio, Servicios y Agencias de Viaje. Asimismo, para ambos casos, los sectores con la PTF más baja son el de Electricidad, Restaurantes, Establecimientos de Hospedaje, Agroindustria y Universidades No Estatales.

Acorde a la función Translog, tanto para toda la muestra como para el panel de datos, los sectores con la PTF más alta son el de Electricidad, Agroindustria, Transportes y Comunicaciones y Servicios. A su vez, para ambos casos, los sectores con la PTF más baja son el de Agencias de Viaje, Comercio, Restaurantes y Centros Educativos No Estatales.

Además, los sectores con la productividad laboral más alta son el de Hidrocarburos, Electricidad, Transportes y Comunicaciones, Servicios, y Comercio. Los sectores con la productividad laboral más baja son el de Pesca o Acuicultura, Agencias de Viaje, Establecimientos de Hospedaje, Universidades No Estatales, Centros Educativos No Estatales y Restaurantes.

Mientras que la PTF obtenida con la especificación Cobb-Douglas es baja o menor para el sector de Electricidad, la productividad laboral es alta para este sector, ocurre lo contrario para el sector de Agencias de Viaje. Esto también ocurre con Céspedes, N. et. al. (2014) para los sectores Minería (PTF baja y Productividad Laboral alta) y Servicios (PTF alta y productividad laboral baja)²⁹.

El sector de Servicios presenta niveles de productividad laboral y PTF elevadas. El sector Restaurantes presenta niveles bajos.

La PTF obtenida con la Cobb-Douglas para toda la muestra aumenta a una tasa promedio anual de 0,72 por ciento entre 2011 y 2019, mientras que para el panel de datos se reduce en 0,24 por ciento. Por su parte, la PTF total obtenida con la Translog para toda la muestra cae de 2011 a 2019 a una tasa promedio anual de 0,15 por ciento, pero para el panel de datos aumenta 0,17 por ciento para el mismo periodo. En el caso de la productividad laboral, esta crece a una tasa promedio anual de 0,29 por ciento al usar toda la muestra, pero para el panel de datos decrece a una de 0,33 por ciento. En la mayoría de los sectores, la PTF es estable a lo largo del periodo de estudio.

Cabe recordar que el panel de datos contiene las mismas firmas con sus datos respectivos de 2011 a 2019. Para esta muestra se tiene que el crecimiento promedio anual de la PTF estuvo en un rango de -0,2 por ciento y 0,2 por ciento en el periodo de estudio, como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16: Tasa promedio anual para el panel de datos (%)

Var. % de la PTF	Cobb-Douglas	Translog
2011-2014	-0,01	0,37
2015-2019	-0,58	-0,01
2011-2019	-0,24	0,17

No sólo hay variabilidad intersectorial de la PTF, sino también intrasectorial. Para toda la muestra (panel de datos), prácticamente todas las observaciones presentan PTF o productividad laboral positiva, excepto 93 de 78 439 (176 de 12 870) con la especificación Cobb-Douglas, 8 (0) con la especificación Translog y 15 (0) en el caso de la productividad laboral. Asimismo, la PTF bajo la especificación Cobb-Douglas presenta valores por debajo de 15 (12), la PTF bajo la especificación Translog presenta valores de hasta 30 (76) y la productividad laboral valores también por debajo de 15 (15) salvo para los sectores intensivos en capital. Esto se observa en las figuras 4, 5 y 6.

²⁹ Al emplear una función Cobb-Douglas para estimar la PTF, los autores obtienen la relación $\frac{PTF}{PL} = \frac{L}{K}^\alpha$, siendo PL la productividad laboral. Por ello, los autores aducen que, al ser la Minería intensiva en capital y el sector Servicios intensivo en mano de obra, la relación anterior justificaría que la Minería tenga una Productividad Laboral elevada y una PTF baja, y que el sector Servicios tenga una PTF elevada y una Productividad Laboral baja.

Figura 4: Variabilidad intersectorial e intrasectorial de la PTF bajo la especificación Cobb-Douglas

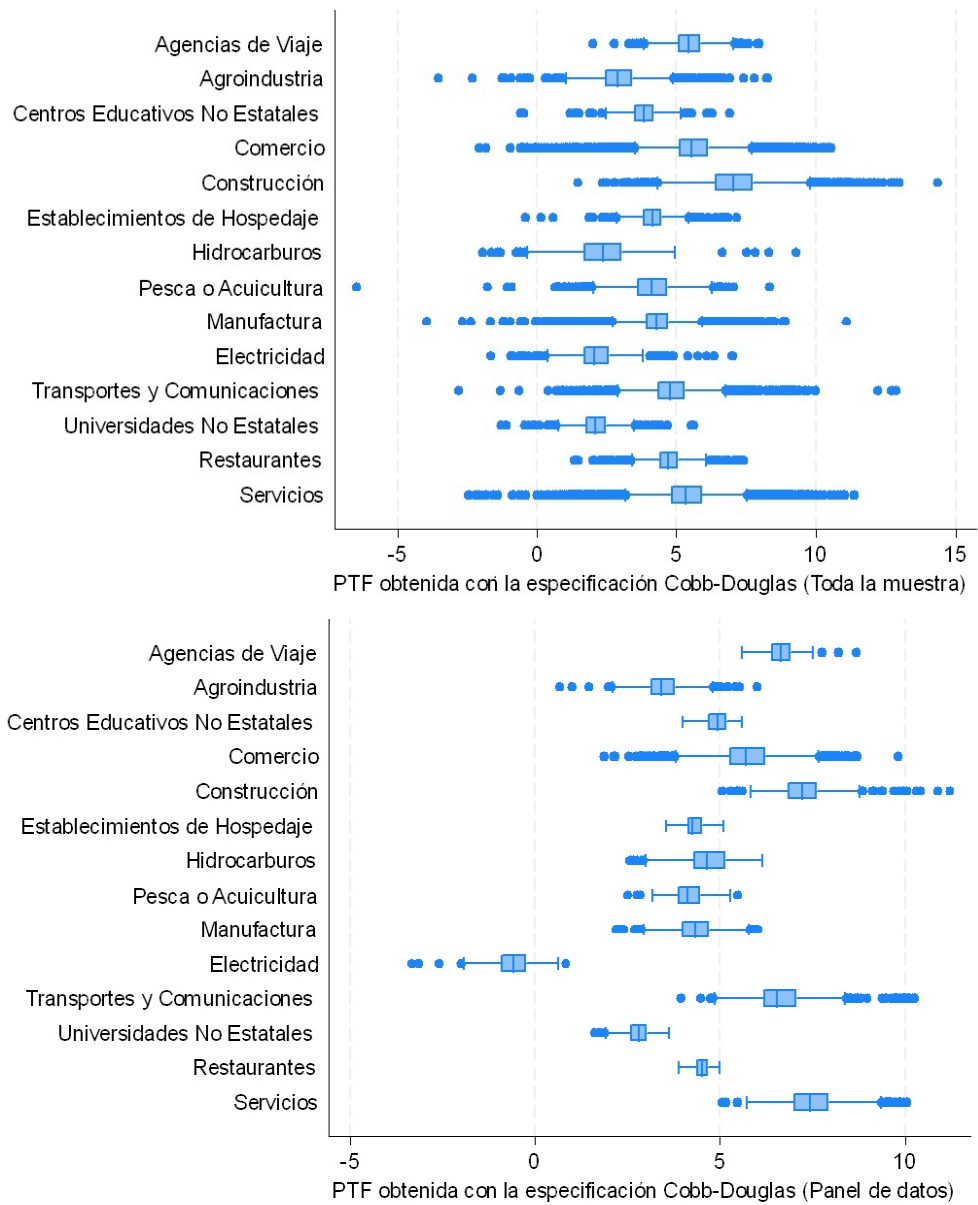


Figura 5: Variabilidad intersectorial e intrasectorial de la PTF bajo la especificación Translog

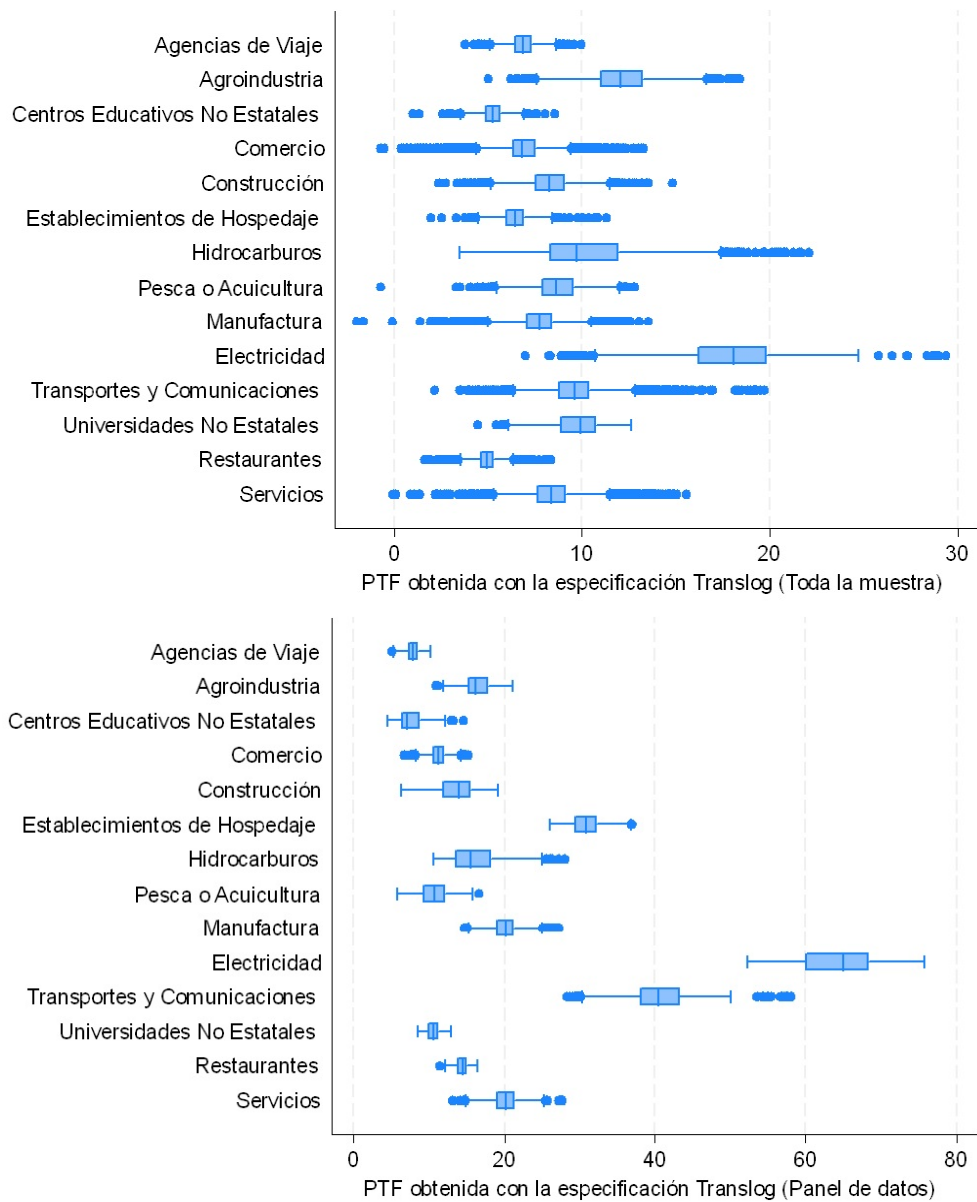
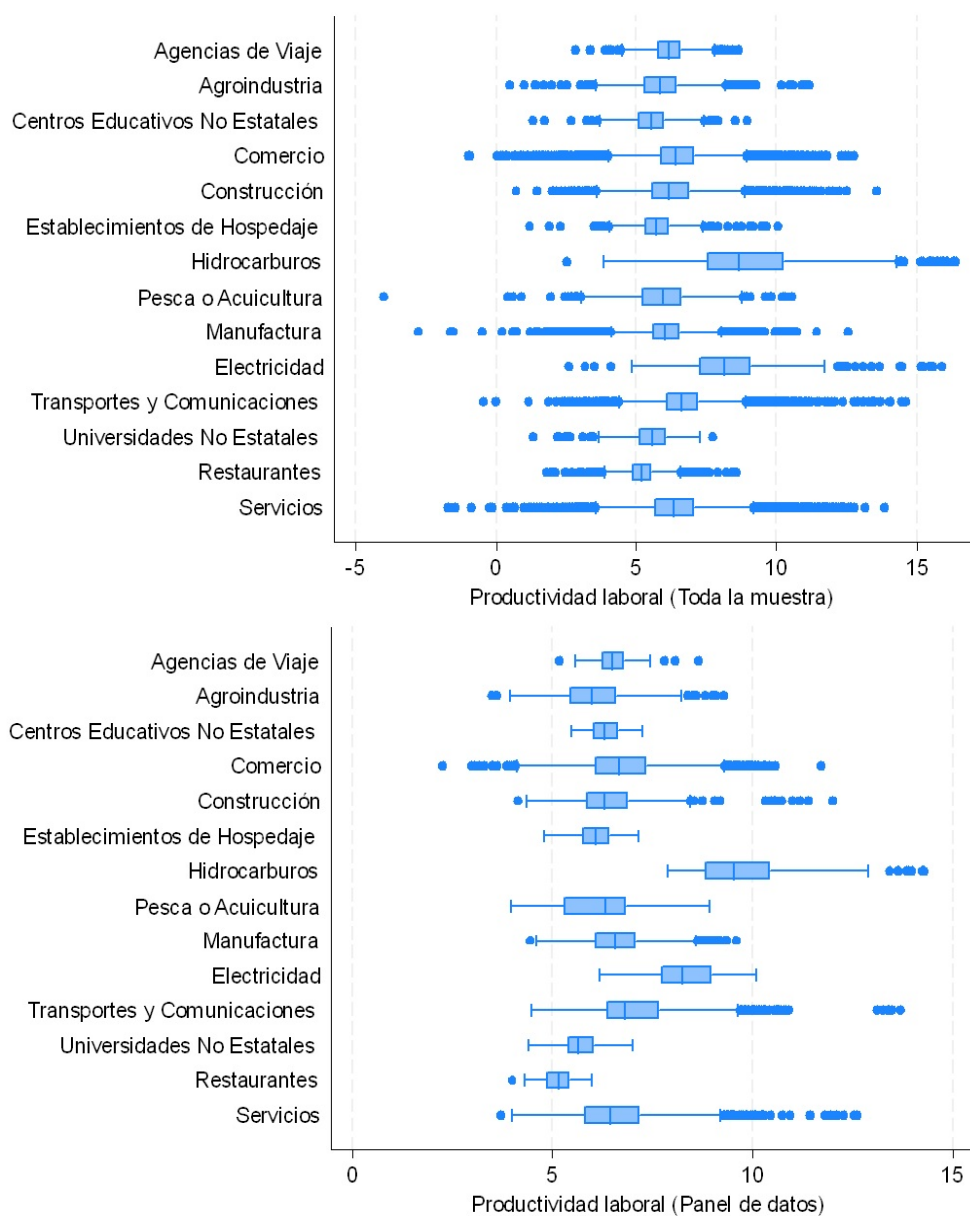


Figura 6: Variabilidad intersectorial e intrasectorial de la productividad laboral



Respecto a diferencias entre las regiones del Perú, para toda la muestra (para el panel de datos) casi el 66 (75) por ciento de firmas pertenecen a Lima. En las figuras 7, 8 y 9 se ve que la PTF y la productividad laboral de las empresas en Lima reportan medianas ligeramente mayores a las correspondientes a las firmas fuera de Lima³⁰.

La gran proporción de empresas en Lima a comparación de las empresas fuera de Lima, siendo estas últimas formales, podría estar ocultando la verdadera desigualdad interregional de productividad de las firmas, debido a que hay más informalidad fuera de Lima.

³⁰Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019)(11) presentan una diferencia similar entre las firmas en Lima y aquellas fuera de Lima.

Figura 7: PTF obtenida con la especificación Cobb-Douglas en Lima y fuera de Lima

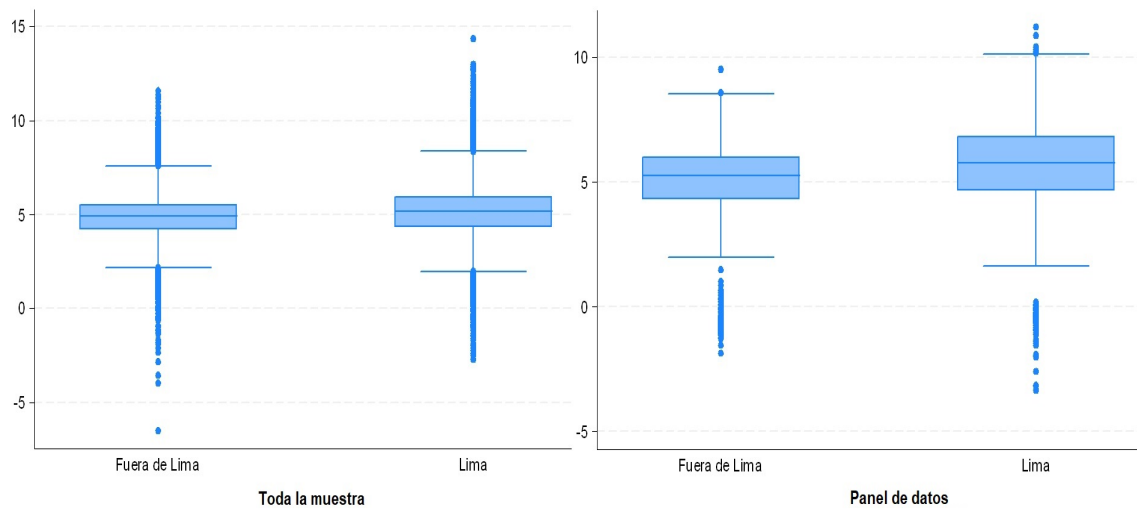


Figura 8: PTF obtenida con la especificación Translog en Lima y fuera de Lima

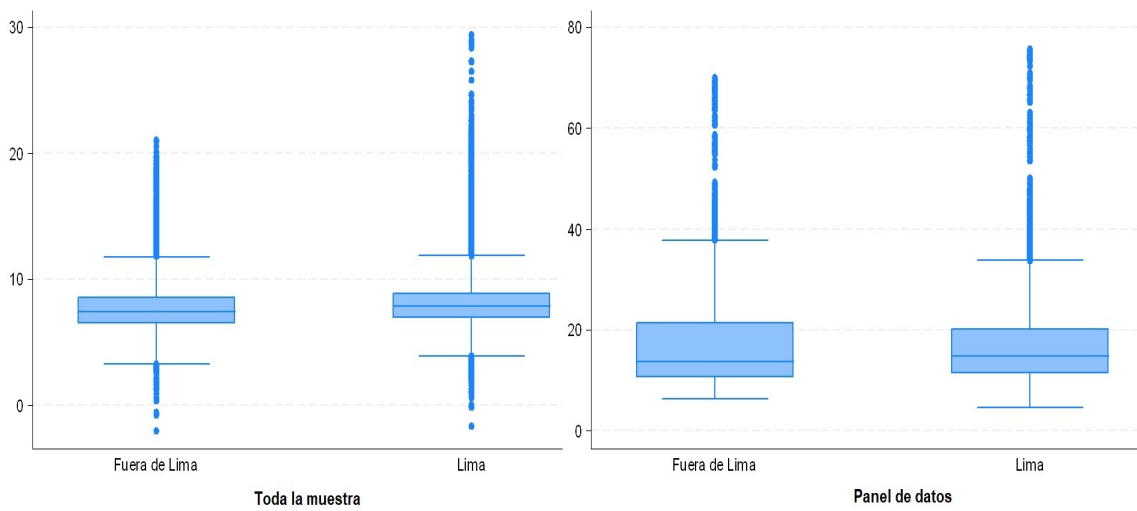
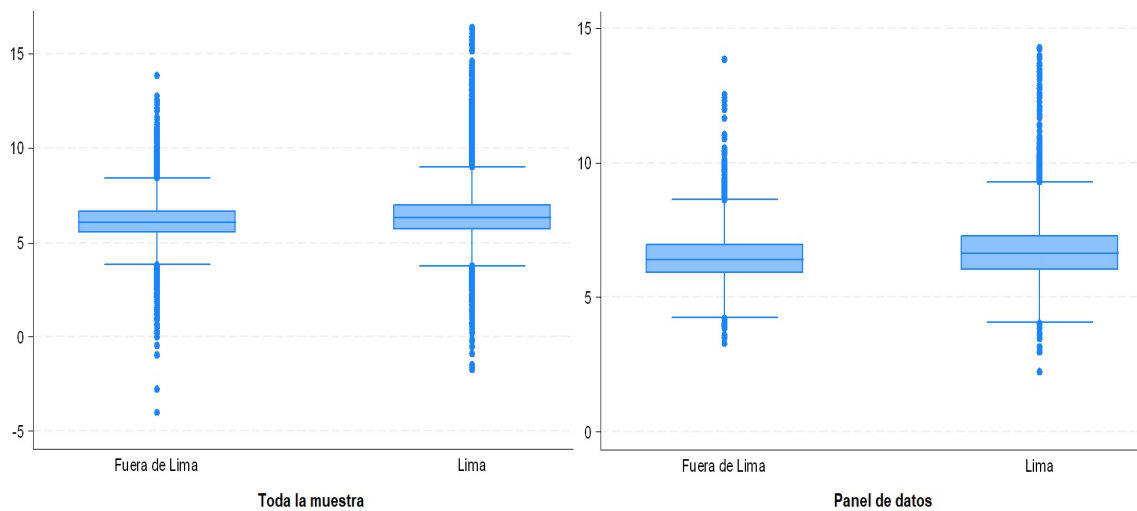


Figura 9: Productividad laboral en Lima y fuera de Lima



6. Descomposición de la PTF: Evaluación de la eficiencia en la asignación de recursos de la economía peruana

Una forma de evaluar la eficiencia en la asignación de recursos de la economía es con la descomposición de la PTF. Hyytinen, A. et al. (2016)(18) explican que el promedio ponderado de la productividad total de factores de las firmas a nivel de sectores puede tener una descomposición a lo Olley-Pakes, es decir, en dos componentes:

- El promedio simple (no ponderado) de la productividad de las firmas.
- Un término de covarianza entre la participación de las firmas en términos de actividad económica (valor agregado) y su productividad.

Conforme a Hyytinen, A. et al. (2016)(18) y Pancost, A y C. Yeh (2022)(28), analíticamente el promedio ponderado de la PTF de las firmas a nivel de sectores se descompone de la siguiente manera conforme a la siguiente ecuación (13):

$$\omega_{st} = \sum_{i=1}^{N_{st}} z_{ist} \omega_{ist} = \bar{\omega}_{st} + \sum_{i=1}^{N_{st}} (z_{ist} - \bar{z}_{st})(\omega_{ist} - \bar{\omega}_{st}) \quad (13)$$

donde ω_{st} es el promedio ponderado de la PTF para cada sector s y cada año t , N_{st} es el número de las firmas para cada sector s y cada año t , $z_{ist} = \frac{Y_{it}}{\sum_{i=1}^{N_{st}} Y_{ist}}$ es la participación del valor agregado de la firma i en el total del valor agregado de cada sector en cada año, $\bar{z}_{st} = \frac{1}{N_{st}}$, $\bar{\omega}_{st} = \frac{1}{N_{st}} \sum_{i=1}^{N_{st}} \omega_{ist}$ es el promedio simple de corte transversal de la PTF de las firmas, $(z_{ist} - \bar{z}_{st})$ son los desvíos de la participación de la firma respecto a la media transversal, y $(\omega_{ist} - \bar{\omega}_{st})$ son los desvíos de la PTF de la firma respecto a la media transversal. Haciendo los reemplazos pertinentes, se tiene la ecuación (14):

$$\omega_{st} = \frac{1}{N_{st}} \sum_{i=1}^{N_{st}} \omega_{ist} + \sum_{i=1}^{N_{st}} \left(\frac{Y_{it}}{\sum_{i=1}^{N_{st}} Y_{ist}} - \frac{1}{N_{st}} \right) \left(\omega_{ist} - \frac{1}{N_{st}} \sum_{i=1}^{N_{st}} \omega_{ist} \right) \quad (14)$$

El segundo término, el de la covarianza entre el tamaño de las firmas y su productividad, es importante según los autores ya que cuanto menor sea esta covarianza, menor la proporción de la actividad que se asigna a las empresas más productivas. Entonces, una mayor (menor) proporción de este término sugeriría una mejor (peor) asignación de recursos debido a mejoras en la eficiencia (distorsiones) del mercado en la medida que las más grandes serían las más productivas.

Asimismo, Céspedes, N. (2019)(9) indica que el segundo término se puede entender como la eficiencia en la asignación de recursos. La ineficiencia se da cuando la asignación de recursos se va a empresas de baja productividad.

El segundo término de la descomposición de Olley-Pakes no es exactamente equivalente a la covarianza entre z_{ist} y ω_{ist} , pues la covarianza debería ser conforme a la ecuación (15):

$$\text{Cov}(z_{ist}, \omega_{ist}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{st}} (z_{ist} - \bar{z}_{st})(\omega_{ist} - \bar{\omega}_{st})}{N_{st}} \quad (15)$$

Por tanto, el segundo término de la ecuación (13) equivale a $N_{st} \text{Cov}(z_{ist}, \omega_{ist})$. Así, el segundo término de la descomposición sería una covarianza ajustada (por N_{st}) descrita en la ecuación (16):

$$\omega_{st} = \bar{\omega}_{st} + N_{st} \text{Cov}(z_{ist}, \omega_{ist}) \quad (16)$$

Esta descomposición se puede aplicar a la PTF obtenida bajo las especificaciones Cobb-Douglas y Translog, así como a la productividad laboral, tanto para toda la muestra como para el panel de datos. En los siguientes gráficos se puede ver que, tanto para la PTF como la productividad laboral, la covarianza o asignación de factores ha sido positiva, salvo en algunos casos, pero con participación pequeña (excepto para el sector Electricidad de la especificación Cobb-Douglas para el panel de datos). Este resultado sería un limitante para impulsar la productividad de los sectores³¹.

³¹De 2011 a 2019, la proporción de covarianza para toda la muestra, bajo la especificación Cobb-Douglas cae 0,4 por ciento, bajo la Translog disminuye 2,7 por ciento y bajo la productividad laboral se reduce 2,4 por ciento. Para el mismo periodo y para el panel de datos, bajo la especificación Cobb-Douglas sube 1 por ciento, bajo la Translog disminuye 0,3 por ciento y bajo la productividad laboral se reduce 0,2 por ciento.

No obstante, existe heterogeneidad en la participación de la covarianza en la descomposición de la productividad por sectores y por los 3 tipos de medidas de productividad, así como para los datos de toda la muestra y el panel de datos. Siguiendo a Hyytinen, A. et al. (2016)(18), a mayor la proporción de la covarianza en la descomposición de Olley-Pakes, mayor la proporción de la actividad que se le asigna a las empresas más productivas. Sin embargo, la poca proporción de la covarianza (menor a 40 por ciento) para cada uno de los sectores para toda la muestra y para el panel de datos sugiere una mala asignación de recursos debido a distorsiones sectoriales posiblemente por una inadecuada o abultada regulación económica o a un entorno institucional inadecuado³². En las figuras 10, 11 y 12 se muestra la descomposición por sectores. Y en las figuras 13, 14 y 15 se muestra la participación de la covarianza en la descomposición por sectores.

Figura 10: Descomposición de la PTF obtenida con la especificación Cobb-Douglas

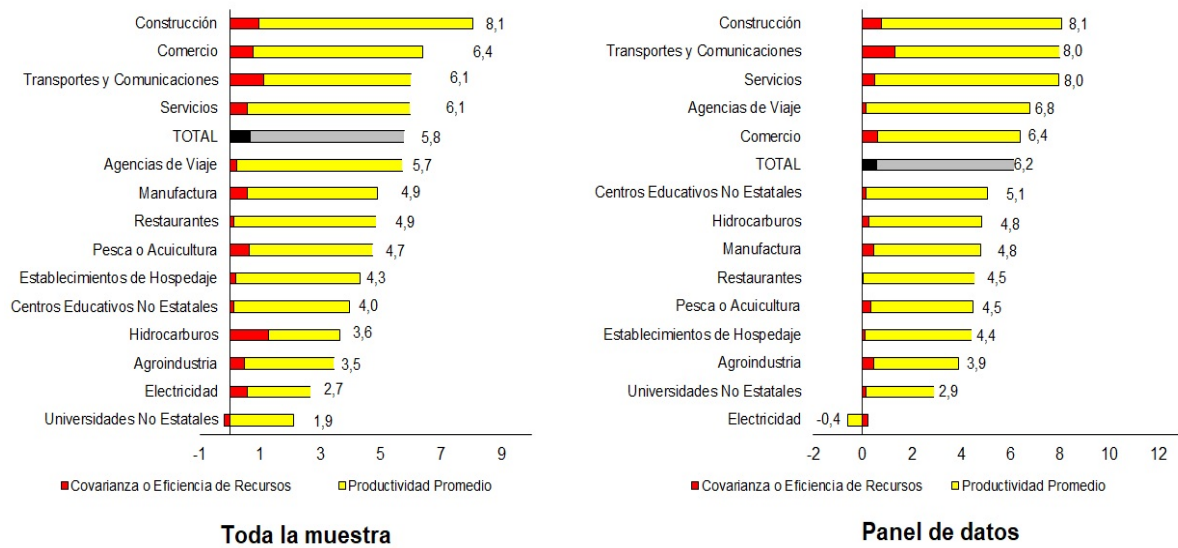
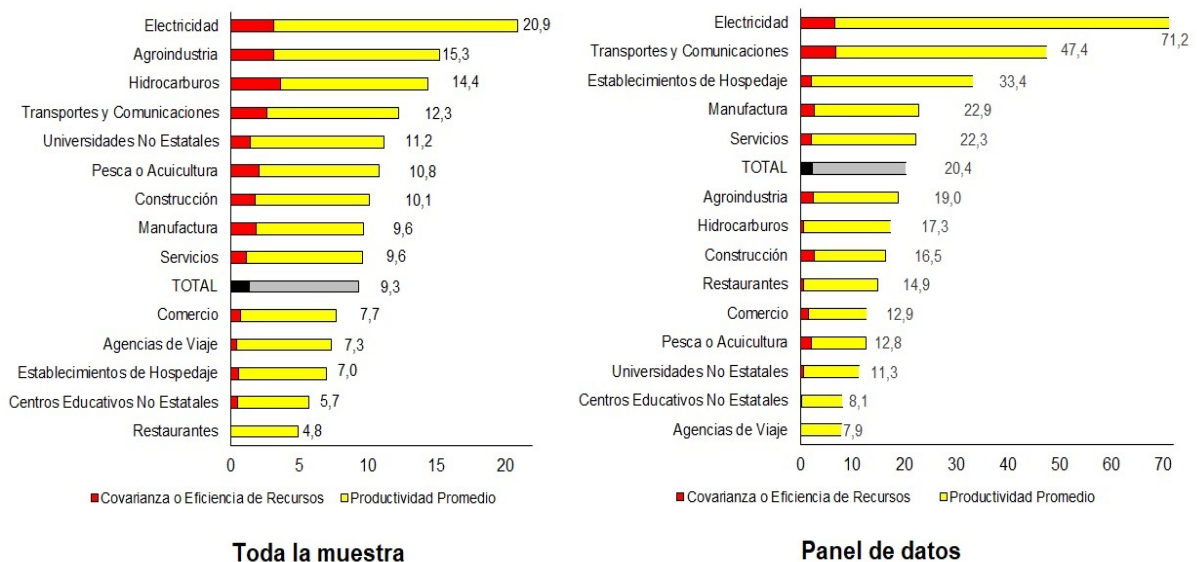


Figura 11: Descomposición de la PTF obtenida con la especificación Translog



³²Los autores mencionan que esta descomposición se emplea para examinar los efectos de la desregulación, la liberalización comercial, las reformas tributarias y/o laborales, y/o los subsidios del gobierno en la productividad de las firmas y en la asignación de recursos entre las firmas, así como distorsiones en la asignación de recursos generadas por políticas económicas.

Figura 12: Descomposición de la productividad laboral

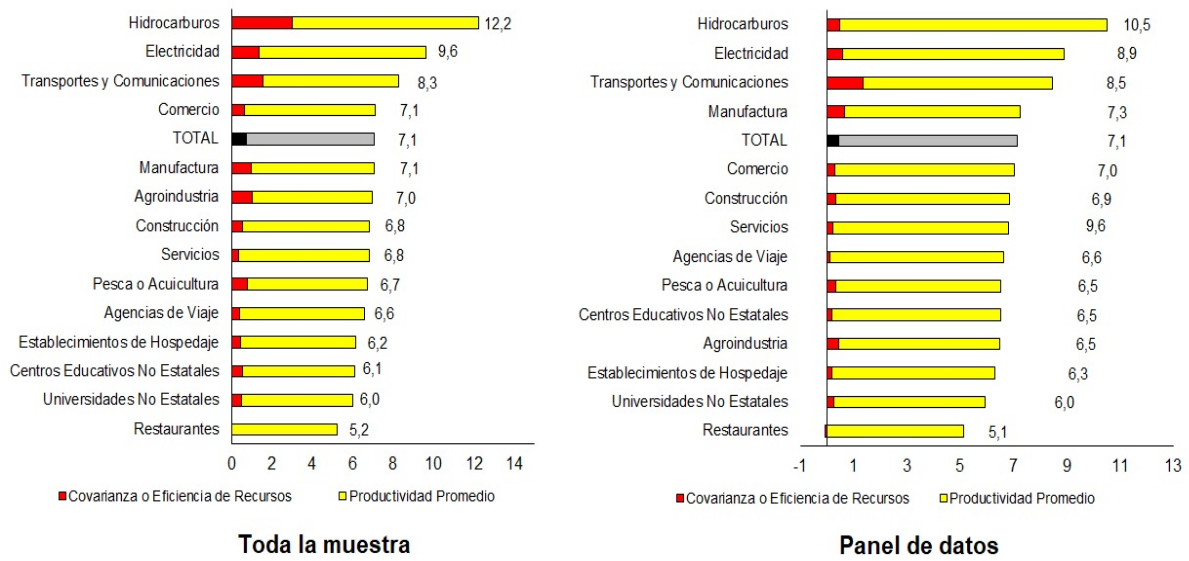


Figura 13: Participación de la covarianza en la descomposición de la PTF (Cobb-Douglas)

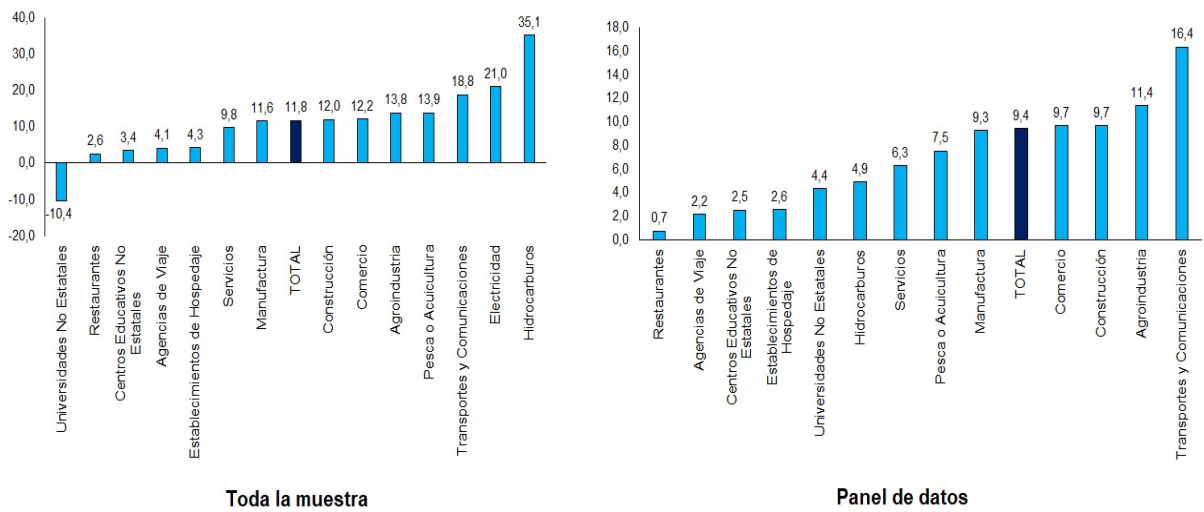


Figura 14: Participación de la covarianza en la descomposición de la PTF (Translog)

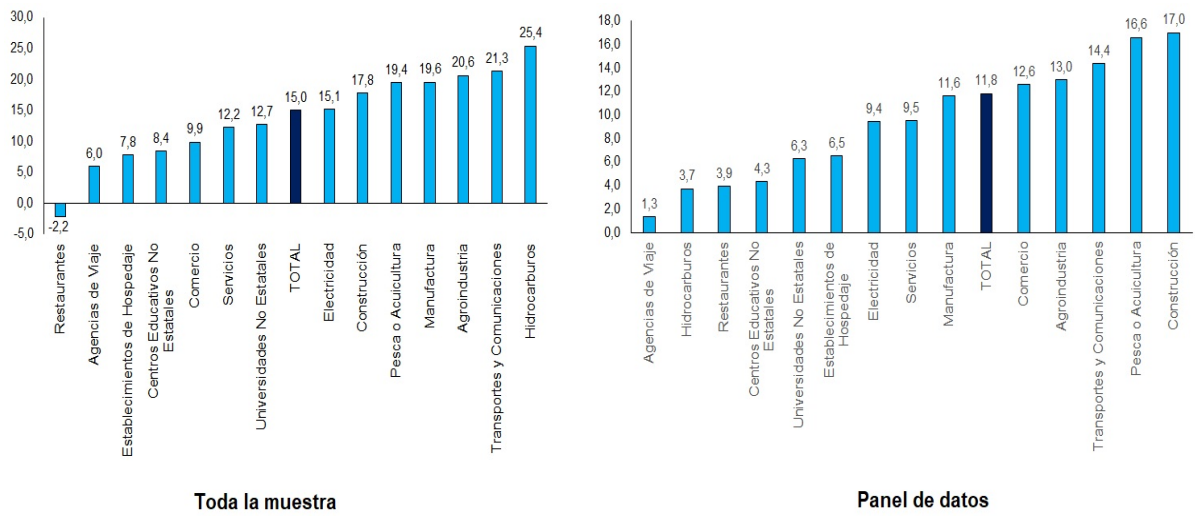
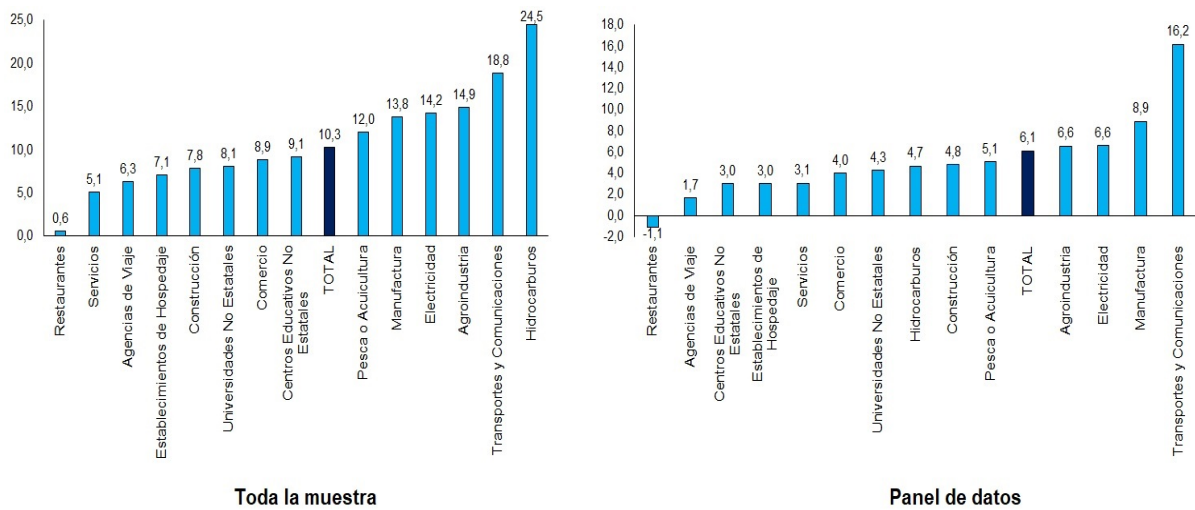


Figura 15: Participación de la covarianza en la descomposición de la productividad laboral



7. Determinantes del crecimiento de la PTF a nivel de firmas

La estimación de la PTF permite hacer un análisis adicional, empleando un marco conceptual neo-Schumpeteriano de los ganadores del premio nobel de economía 2025 Aghion y Howitt sobre la firma. En particular, se realiza una evaluación sobre los determinantes del crecimiento de la PTF de las firmas. Así pues, Aghion, P. y Bircan, C. (2017)(2) plantean que en una economía existen 2 tipos de firmas.

El primer tipo lo comprenden las firmas de la frontera tecnológica o empresas líderes. Estas firmas innovan, y obtienen beneficios sustanciales incluso antes de volver a innovar en un periodo determinado. Estas firmas innovan con la finalidad de escapar de los efectos de la competencia (y así evitar una menor participación de mercado o menores beneficios).

El segundo tipo de empresas están comprendidas por las firmas rezagadas o empresas seguidoras, es decir, firmas por debajo de la frontera tecnológica del sector económico respectivo. Estas empresas obtienen beneficios bajos y tratan de alcanzar la frontera tecnológica³³.

Con el marco conceptual neo-Schumpeteriano, la innovación cumple un papel crucial en el crecimiento económico de largo plazo, que es la contraparte al residuo de Solow o la PTF. La innovación resulta de inversiones de los emprendedores tales como investigación y desarrollo, entrenamiento, adquisición de nuevas computadoras y actividades similares. Estos emprendedores responden a incentivos económicos derivados de políticas e instituciones económicas.

De esta manera, Aghion, P. y Bircan, C. (2017)(2) afirman que el crecimiento económico basado en innovación será desalentado en ambientes con bajo nivel de protección de la propiedad privada o con hiperinflación. Asimismo, la innovación es un proceso social en el que existe una destrucción creativa que reemplaza las viejas tecnologías con nuevas tecnologías.

Siguiendo a Gal, P. (2013)(15) y a Koch, N. y M. Themann (2022)(21), se estima el impacto de determinantes del crecimiento de la PTF a nivel de firmas empleando un marco conceptual neo-Schumpeteriano bajo el cual las firmas seguidoras se ven impactadas por las firmas líderes, además de buscar alcanzar la tecnología de frontera³⁴. A su vez, se evalúa el impacto de los 6 indicadores de gobernanza mundial de Kaufmann y Kraay (2024)(20)³⁵. Adicionalmente, se examina si los términos de intercambio y el PBI sectorial, de manera similar a la propuesta de Tello, M. (2024b)(39)³⁶, son determinantes del crecimiento de la PTF. Por ende, se estima la siguiente función lineal (17) con un modelo de efectos fijos y errores estándar robustos:

$$\begin{aligned} \text{dln}(\omega_{ist}) &= \delta \text{dln}(k_{ist-1}) + \alpha_1 \text{D}_s \text{dln}(\omega_{Fst}) + \alpha_2 \text{D}_s [\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}] \\ &+ \sum_{j=1}^6 \varphi_j \text{WGI}_{jt} + \beta_1 \text{dlnD}_s(\text{TI}_{t-1}) + \beta_2 \text{dlnD}_s(\text{PBI}_{st-1}) + \mu + \varepsilon_{ist} \end{aligned} \quad (17)$$

donde ω_{ist} es la PTF³⁷ de la firma rezagada del sector s en el año t ; ω_{Fst} es la PTF de la empresa frontera, definida como el promedio de la PTF del 5 por ciento de las empresas más productivas para

³³Estas firmas más bien se pueden ver desalentadas por la competencia. Este es el denominado efecto Schumpeteriano. Agregando, la relación entre competencia e innovación sigue una forma de U invertida. Intuitivamente, a niveles bajos de competencia, el efecto de escape de la competencia domina el efecto Schumpeteriano y a mayor competencia, mayor innovación. Y a niveles altos de competencia, ocurre lo contrario.

³⁴Cabe señalar que, con datos de empresas formales de la EEA, las firmas de frontera lo son en el Perú, pero estarían rezagadas respecto a las empresas de frontera del mundo (i.e. de países desarrollados). Sin embargo, al ser las más productivas en el Perú, estarían más cercanas a las firmas de frontera del mundo (a través de la innovación, imitación o adaptación de tecnologías foráneas).

³⁵Estos son 6 indicadores de percepciones subjetivas sobre: 1) voz y responsabilidad (libertad de expresión, de asociación, de medios, de elección de gobiernos), 2) estabilidad política y ausencia de violencia o terrorismo, 3) efectividad del gobierno (calidad de servicios públicos, servicio civil y el grado de independencia de presiones políticas), 4) calidad regulatoria (formulación e implementación de políticas y regulaciones en pro del sector privado), 5) estado de derecho (calidad del cumplimiento de los contratos, derechos de propiedad, policía, cortes y la verosimilitud de crímenes y violencia), 6) control de la corrupción (impedir que el sector público opere con fines privados y captura del Estado por parte de las elites y grupos de interés).

³⁶El autor advierte un problema de endogeneidad o doble causalidad y por ello emplea instrumentos del nivel de los términos de intercambio y de la tasa de crecimiento del PBI nacional, ambas variables en el periodo corriente, como regresores de la variación porcentual de la PTF del sector manufacturero, así como tasas preferenciales para evaluar el impacto del proceso de liberalización comercial de 2002 a 2019.

³⁷En logaritmos, estimada con anterioridad.

cada sector³⁸ s en el año t ; WGI_{jt} corresponde a los 6 indicadores de gobernanza mundial³⁹; TI_{t-1} son los términos de intercambio del año anterior, PBI_{st-1} es el PBI del sector s del año anterior, D_s es una variable dicotómica que equivale a 1 si corresponde al sector s y 0 en caso contrario, μ es un término constante y ε_{ist} es un término de error.

El coeficiente δ captura el impacto de la tasa de crecimiento del tamaño de la firma, aproximado por el capital de la misma empresa (k_{ist-1}) en el periodo anterior, en la tasa de crecimiento de la PTF en el periodo corriente. Se escogió esta variable ya que diferencia más a las empresas grandes y medianas de las pequeñas y microempresas. Se espera que el impacto sea positivo ($\delta > 0$) porque al crecer la firma en un periodo determinado, tendría posteriormente más recursos para invertir en innovar productos y/o procesos y así volverse más productivas. Este coeficiente es común para todos los sectores.

El coeficiente α_1 corresponde al impacto de la tasa de crecimiento de la PTF de la firma de frontera. Se espera que sea positivo ($\alpha_1 > 0$) debido a que mostraría que un traspaso (*pass-through*) tecnológico de la empresa frontera a la firma. Este coeficiente, multiplicado por D_s , es único para cada sector.

El coeficiente α_2 corresponde al impacto de la brecha tecnológica, es decir, a la distancia de la PTF de la firma en el año anterior frente a la PTF de la firma frontera en el año anterior. Se espera que sea negativo ($\alpha_2 < 0$) reflejando el hecho que, a medida que la firma rezagada se acerca a la firma frontera, la velocidad de alcance (*catch-up*) a la frontera se desacelera. A menor magnitud del coeficiente (en valor absoluto), se ralentiza más el alcance de la firma rezagada a la firma de frontera. Dicho de otro modo, α_2 indica el ritmo de transferencia tecnológica. Este coeficiente, multiplicado por D_s , es único para cada sector.

Los coeficientes φ_j con $j = [1, 6]$ capturan el impacto de los indicadores WGI. A mayores niveles de cada uno de los indicadores, mejor es la posición relativa del Perú respecto al resto de países considerados por el Banco Mundial en cada año. Cada indicador es una serie de tiempo calculada como el percentil del Perú respecto al resto de países considerados en cada año. Se espera que todos sean positivos $\varphi_j > 0 \forall j \in [1, 6]$. Estos coeficientes son común para todos los sectores.

Los coeficientes β_1 y β_2 capturan el impacto de los términos de intercambio y del PBI sectorial (ambos del periodo anterior) en la firma del sector correspondiente, respectivamente, en la PTF. Para el impacto de los términos de intercambio en la PTF sólo se consideraron los sectores agroindustria, hidrocarburos, pesca y acuicultura, y manufactura, debido a que son sectores que están más expuestos al comercio internacional. Se espera que ambos sean positivos $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 > 0$.

Al igual que Gal, P. (2013)(15) y Koch, N. y M. Themann (2022)(21), se eliminaron las empresas de frontera para la estimación de los determinantes de la tasa de crecimiento de la PTF de las firmas rezagadas. En el cuadro 17 se muestran los resultados de la estimación para las dos especificaciones de la PTF y tanto para toda la muestra como para el panel de datos:

³⁸A diferencia de Gal, P. (2013)(15) que considera una empresa frontera para todas las firmas de todos los sectores, en este caso se considera una empresa frontera para cada sector.

³⁹WGI son sus siglas en inglés: *Worldwide Governance Indicators*.

Cuadro 17: Determinantes del Crecimiento Económico de la PTF a Nivel de Firmas

Variable Dependiente: Crecimiento de la Productividad Total de Factores	$\ln(\omega_{ist})$			
	TODA LA MUESTRA		PANEL DE DATOS	
Variabes Explicativas	Cobb-Douglas	Translog	Cobb-Douglas	Translog
$\ln(k_{ist-1})$	0,143***	0,072***	0,131***	0,064***
$\ln(\omega_{Fst})$ Agencias de Viaje	0,438***	0,408***	0,139*	0,399***
$\ln(\omega_{Fst})$ Agroindustria	0,315**	-2,021***	0,404***	0,737**
$\ln(\omega_{Fst})$ Centros Educativos No Estatales	0,331***	0,350***	-0,296	0,532***
$\ln(\omega_{Fst})$ Comercio	0,377***	0,328***	0,507***	0,320***
$\ln(\omega_{Fst})$ Construcción	0,741***	0,662***	-0,058	0,102
$\ln(\omega_{Fst})$ Establecimientos de Hospedaje	0,208**	0,254***	-0,122	-0,332
$\ln(\omega_{Fst})$ Hidrocarburos	0,169***	0,082	0,206	0,171
$\ln(\omega_{Fst})$ Pesca o Acuicultura	0,652***	0,734***	0,103	0,258***
$\ln(\omega_{Fst})$ Manufactura	0,853***	0,467***	0,157	0,853***
$\ln(\omega_{Fst})$ Electricidad	0,103**	0,426***	0,074	0,625***
$\ln(\omega_{Fst})$ Transportes y Comunicaciones	0,327***	0,909***	0,206***	0,251**
$\ln(\omega_{Fst})$ Universidades No Estatales	0,499***	0,849***	0,341***	0,671***
$\ln(\omega_{Fst})$ Restaurantes	0,381***	0,454***	0,450***	0,464***
$\ln(\omega_{Fst})$ Servicios	0,449***	0,443***	0,144*	-0,365
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Agencias de Viaje	-0,691***	-0,685***	-0,218**	-0,502***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Agroindustria	-0,699***	-0,874***	-0,625***	-0,698***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Centros Educ. No Estatales	-0,851***	-0,804***	0,047**	-0,359***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Comercio	-0,796***	-0,890***	-0,672***	-0,697***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Construcción	-1,257***	-1,139***	-0,001	-0,780***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Estab. de Hospedaje	-0,525***	-0,471***	-0,001	-0,574***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Hidrocarburos	-0,482***	-0,657***	-0,165***	-0,807***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Pesca o Acuicultura	-0,981***	-1,023***	-0,383**	-0,527***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Manufactura	-0,875***	-0,908***	-0,341***	-0,623***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Electricidad	-0,216***	-0,752***	-0,121**	-0,280*
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Tptes. y Comunicaciones	-0,720***	-0,994***	-0,108***	-0,377***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Universidades No Estatales	-0,609***	-0,840***	-0,365***	-0,802***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Restaurantes	-0,708***	-0,792***	-0,162***	-0,867***
$\omega_{ist-1} - \omega_{Fst-1}$ Servicios	-0,864***	-0,969***	-0,174***	-0,389***
WGI _{jt} - Control de la Corrupción	0,000	0,006***	-0,004**	-0,004**
WGI _{jt} - Efectividad del Gobierno	-0,010***	-0,014***	0,004*	-0,003
WGI _{jt} - Estab. Política y Ausencia de V/T	0,003**	0,005***	0,006***	0,008***
WGI _{jt} - Estado de Derecho	0,020***	0,016***	0,010***	0,010**
WGI _{jt} - Calidad Regulatoria	0,000	0,013***	0,015**	0,012*
WGI _{jt} - Voz y Responsabilidad	-0,034***	-0,079***	-0,028***	-0,080
$\ln(\Pi_{t-1})$ Agroindustria	0,027***	0,079***	0,011***	-0,005
$\ln(\Pi_{t-1})$ Hidrocarburos	0,012	-0,047***	0,027*	-0,163***
$\ln(\Pi_{t-1})$ Pesca o Acuicultura	-0,011	-0,018	0,033***	0,005
$\ln(\Pi_{t-1})$ Manufactura	0,011***	-0,002	0,001	-0,009***
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Agencias de Viaje	0,001	-0,022***	0,001	-0,017
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Agroindustria	0,067***	-0,028***	-0,003	-0,011
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Centros Educ. No Estatales	0,028	-0,012	-0,005	-0,023
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Comercio	-0,002	-0,011***	-0,008*	0,001
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Construcción	-0,014***	-0,003	0,012	-0,010
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Estab. de Hospedaje	0,021**	0,003	0,012**	-0,026
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Hidrocarburos	-0,046***	0,052***	-0,019	-0,034
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Pesca o Acuicultura	-0,005***	-0,003*	-0,005**	-0,003
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Manufactura	0,003	0,006*	-0,010**	0,009***
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Electricidad	-0,021**	0,021*	-0,016*	-0,034*
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Tptes. y Comunicaciones	-0,013	-0,127***	0,007	0,010
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Universidades No Estatales	0,176***	-0,056**	0,012	-0,024
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Restaurantes	-0,001	-0,024***	-0,022***	-0,023
$\ln(\text{PBI}_{st-1})$ Servicios	-0,006	0,004	-0,004	0,057***
μ (Constante)	2,081***	0,794	2,925***	0,831
R^2	0,4642	0,4902	0,2441	0,3409
Nº de obs.	22 600	22 600	9 080	9 080
Nº de firmas	6 586	6 586	1 363	1 363

*: p-value<0,10; **: p-value<0,05; ***: p-value<0,01

El coeficiente δ resulta ser positivo y significativo para las especificaciones Cobb-Douglas y Translog, para toda la muestra y para el panel de datos, tal como se esperaba. Esto indica que un mayor tamaño de la empresa le estaría permitiendo innovar productos o procesos y así incrementar su productividad.

El coeficiente α_1 para cada sector es positivo y significativo para varios sectores, excepto para (el 23% de los coeficientes):

- Los sectores Agroindustria e Hidrocarburos para toda la muestra bajo la especificación Translog.
- Los sectores Centros Educativos No Estatales, Construcción, Establecimientos de Hospedaje, Hidrocarburos, Pesca o Acuicultura, Manufactura y Electricidad para el panel de datos bajo la especificación Cobb-Douglas.
- Los sectores Construcción, Establecimientos de Hospedaje, Hidrocarburos y Servicios para el panel de datos bajo la especificación Translog.

Llama la atención el impacto negativo, significativo y elevado (en valor absoluto) de la empresa de frontera del sector agroindustria en las empresas rezagadas para toda la muestra bajo la especificación Translog, mas no para el panel de datos. Esto puede deberse a que, el traspaso tecnológico se da de la empresa de frontera a otras empresas rezagadas pero grandes y medianas (panel de datos); pero al ser más productiva la empresa de frontera puede depender de grandes extensiones de tierra y esto afectaría negativamente a las rezagadas pequeñas y microempresas pues les restaría espacio (toda la muestra)⁴⁰. No obstante, para la especificación Cobb-Douglas el impacto es el esperado.

El coeficiente α_2 para cada sector es negativo y significativo para varios sectores, excepto para (el 5,4% de los coeficientes):

- Los sectores Centros Educativos No Estatales, Construcción y Establecimientos de Hospedaje para el panel de datos bajo la especificación Cobb-Douglas.

Los coeficientes φ_j para los WGI:

- Son positivos y significativos para el indicador de estabilidad política y ausencia de violencia o terrorismo y para el indicador de estado de derecho.
- Son positivos para el indicador de calidad regulatoria, excepto para la toda la muestra bajo la especificación Cobb-Douglas.
- Es positivo y significativo para el indicador de control de corrupción únicamente para toda la muestra bajo la especificación Translog y nulo bajo la especificación Cobb-Douglas, y negativo para el panel de datos.
- Son negativos para el indicador de voz y responsabilidad.

Las magnitudes más altas corresponden al indicador de estado de derecho y al de calidad regulatoria (excepto para toda la muestra bajo la especificación Cobb-Douglas para este último indicador). Si bien los indicadores de gobernanza mundial se basan en las percepciones que tienen los encuestados, se tomaron como variables *proxy* del impacto en la productividad de las firmas de las tradiciones e instituciones mediante las cuales el Estado ejerce la autoridad en un país (definición de gobernanza dada por Kaufmann y Kraay(20)). Además, tal como lo mencionan los autores, estos indicadores están muy correlacionados entre sí y por este motivo puede ser que no se obtengan los signos esperados para todos.

El coeficiente β_1 para cada sector es positivo y significativo para:

- El sector Agroindustria y Manufactura para toda la muestra bajo la especificación Cobb-Douglas.
- El sector Agroindustria para toda la muestra bajo la especificación Translog.
- El sector Agroindustria, Hidrocarburos y Pesca o Acuicultura para el panel de datos bajo la especificación Cobb-Douglas.

El coeficiente β_2 para cada sector es positivo y significativo para:

⁴⁰En efecto, si a la regresión con la especificación Translog se le añade una variable de interacción Z constituida por la multiplicación de la tasa de crecimiento de la empresa de frontera del sector Agroindustria y una dummy equivalente a 1 si la empresa es catalogada como Grande y Mediana y 0 si es pequeña y microempresa, el coeficiente α_1 correspondiente al sector Agroindustria se vuelve no significativo y el coeficiente de la variable Z tampoco es significativo. Los demás coeficientes asociados al resto de variables de la regresión mantienen su signo, magnitud y nivel de significancia.

- El sector Agroindustria, Establecimientos de Hospedaje, Manufactura y Universidades No Estatales para toda la muestra bajo la especificación Cobb-Douglas.
- El sector Agroindustria, Hidrocarburos, Manufactura y Electricidad para toda la muestra bajo la especificación Translog.
- El sector Agroindustria, Pesca o Acuicultura y Establecimientos de Hospedaje para el panel de datos bajo la especificación Cobb-Douglas.
- El sector Manufactura y Servicios para el panel de datos bajo la especificación Translog.

Para el resto de los sectores el impacto es no significativo o negativo. En el caso de ser negativo, una explicación semejante a la de Tello, M. (2024b)(39) sería que, si los aumentos de la tasa de crecimiento del PBI sectorial se deben a su componente no exportable, esto podría estar generando mayor impulso a firmas que en general son menos eficientes y/o productivas que empresas de orientación al mercado externo, con lo cual puede originar reducciones en la tasa de crecimiento de la PTF de las firmas rezagadas del sector correspondiente.

Otra explicación de la poca significancia o impacto no esperado de los términos de intercambio y el PBI sectorial en los sectores correspondientes puede deberse a que este ya estaría recogido en las empresas de frontera, esto es, en el impacto que tiene la empresa de frontera en las empresas rezagadas.

Por tanto, se puede afirmar que la regresión refuerza el marco conceptual neo-schumpeteriano, por el cual el incremento de la PTF de las empresas de frontera expande la frontera tecnológica mientras que el aumento de la PTF de las empresas rezagadas significa que estarían innovando o imitando las tecnologías existentes para alcanzar dicha frontera y conforme más alejadas estén de la frontera, crecerán más. Esto aplica para la mejora de las empresas de no sólo uno sino de prácticamente todos los sectores, acorde con Ghezzi, P. (2019)(16).

8. Comentarios finales

Vostroknutova, et. al. (2025)(43) señalan que, en la literatura del crecimiento económico, la productividad se calcula como el monto del producto que puede ser producido con una unidad de cada factor de producción. Así, la productividad total de factores (PTF) es una medida de la productividad de todos los factores de producción y captura el crecimiento del producto que no puede ser explicado por el crecimiento de los factores de producción. Por tanto, refleja factores no observables como destrezas gerenciales, innovación, tecnología avanzada, externalidades de conocimiento, entre otros.

El departamento de Políticas Estructurales del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) recopiló, consolidó y uniformizó las diferentes EEA de 2012 a 2020, con los ejercicios de los años 2011 y 2019 en una única base de datos. A partir de esta base de datos consolidada, se utilizaron datos de toda una muestra de 78 439 observaciones, con un promedio de 8 715 empresas por año, así como datos de panel de 12 870 observaciones y 1 430 empresas por año, de 14 sectores económicos de la EEA para la estimación de la función de producción. Se utilizaron las variables valor agregado, capital, empleo y consumo intermedio, transversales a todos los sectores, con la finalidad de obtener la PTF. En este sentido, se siguió la recomendación de Tello, M. (2024a)(38) de contribuir con estudios sobre mediciones de la PTF ante la escasez de estas en la literatura para países de América Latina⁴¹.

Se mostró que la función de producción Cobb-Douglas es un caso particular de la función Translogarítmica y con esta última se pueden calcular elasticidades de sustitución diferentes a la unidad.

Se estimó una función de producción Cobb-Douglas, así como una Translogarítmica con factores de producción capital y trabajo, empleando al consumo intermedio como *proxy* de la PTF, sin imponer restricciones a los coeficientes estimados, con el modelo de ACF (2015) que corrige el sesgo de simultaneidad y con el valor agregado como variable dependiente que evita sobreestimar la producción de la firma. Ambas especificaciones son lineales en logaritmos y sus coeficientes son útiles para calcular diversos indicadores microeconómicos, y principalmente, para obtener la PTF de las empresas formales de la EEA.

Los resultados de las estimaciones muestran que la especificación Translog superaría a la Cobb-Douglas en:

- Las elasticidades producto de los factores de producción sectoriales son todas positivas.
- Permite capturar la variabilidad intrasectorial de las elasticidades producto de los factores de producción.
- Los sectores más intensivos en capital como Electricidad e Hidrocarburos son los más productivos.
- La PTF es positiva para todos los sectores en el panel de datos.
- La PTF del panel de datos es mayor a la PTF de toda la muestra, considerando que el panel de datos contiene sólo empresas grandes y medianas.
- El crecimiento de la PTF durante el periodo de estudio (2011-2019) cae para toda la muestra, pero aumenta para el panel de datos (a pesar de que se reduce en los últimos 4 años de la muestra), lo cual es razonable considerando que el panel de datos contiene sólo empresas grandes y medianas.

En relación al panel de datos, mientras que con la especificación Cobb-Douglas la PTF registra una caída de 0,24 por ciento promedio anual para todo el periodo de estudio, con la especificación Translog la PTF

⁴¹El interés del autor en el sector manufacturero se desarrolla en Tello, M. (1993)(35) en donde expone el fracaso de la estrategia de industrialización por sustitución de importaciones con una hipótesis basada en un enfoque novedoso de organización industrial y resalta la necesidad de comprender las economías de diversificación, eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás, entre otras características y dinámicas de las firmas manufactureras. No obstante, Ghezzi, P. (2019)(16) advierte que si bien Reino Unido, EEUU, Alemania, España, Italia, Japón, Corea del Sur y China se desarrollaron al aumentar significativamente su participación manufacturera como porcentaje, (es decir, se industrializaron) actualmente existen restricciones para seguir este camino de desarrollo: i) los cambios tecnológicos globales que permiten ahorrar mano de obra (automatización, robótica, impresión 3D) que en la actualidad reducen la participación manufacturera incluso en China; ii) América Latina no ha invertido en general, y a diferencia de Asia, en capacidades para la producción manufacturera avanzada. Asimismo, México es un caso en el que, a pesar de tener un elevado nivel de industrialización, ha tenido ganancias mínimas de productividad, alta heterogeneidad productiva y altos niveles de informalidad persistente. Entonces, en pleno siglo XXI, la división en términos de capacidades productivas ya no se concentra en la manufactura debido a la creciente desintegración vertical (para no ser propietarios de tecnologías obsoletas) y la internacionalización de las cadenas de valor. Esto ha ocasionado que dicha división se dé entre empresas, independientemente del sector, por ejemplo, la agricultura moderna vs la tradicional. Por tanto, este último autor recomienda que el objetivo debe ser incrementar la PTF de todas las empresas, y no concentrarse únicamente en el sector manufacturero.

registra un aumento de 0,17 por ciento promedio anual. En cualquier caso, para el panel de datos, la PTF se ha estancado de 2011 a 2019.

La descomposición de la PTF permite afirmar que la asignación de recursos es ineficiente y hay campo⁴² para poder avanzar por este lado con la finalidad de mejorar la PTF de todos los sectores a través de la detección y corrección de las distorsiones que atañan a cada sector.

El marco conceptual neo-Schumpeteriano de los ganadores del premio nobel de economía 2025 Aghion y Howitt, y los resultados de la regresión de los determinantes de la PTF a nivel de firmas permite clasificar a las firmas formales en empresas de frontera o líderes y empresas rezagadas o seguidoras para cada sector económico. Estas últimas pueden incrementar su productividad a través de un traspaso tecnológico desde las empresas líderes, adoptando tecnologías de las líderes accesibles en el mercado para alcanzarlas. Por tanto, el crecimiento de la productividad de las firmas rezagadas o seguidoras depende de su habilidad en alcanzar a las firmas líderes a través de la imitación, adopción y adaptación de las tecnologías de frontera. El crecimiento (del tamaño) de la firma también resulta crucial para el crecimiento de su PTF. Entonces, en términos generales, el aumento de la productividad de las “empresas frontera” favorece el crecimiento de la productividad de las empresas rezagadas y estas últimas, al estar más alejadas, crecen más.⁴³

El marco conceptual neo-Schumpeteriano se corrobora más con los resultados de la estimación Translog que con los de la Cobb-Douglas para el panel de datos. Esto resulta razonable puesto que, al tratarse de empresas seguidoras grandes y medianas, estas tienen más posibilidades de absorber el traspaso tecnológico y alcanzar a la empresa líder. Sin embargo, para toda la muestra y con la especificación Translog, parece ser que las empresas líderes del sector Agroindustria afectan negativamente a las seguidoras, posiblemente por la extensión de tierra que abarcan, aunque si se corrige por tamaño, se anula el impacto negativo. Además, la empresa de frontera del sector Hidrocarburos pareciera que no impactara positivamente en las empresas rezagadas. Estos dos resultados no esperados no ocurren para toda la muestra con la especificación Cobb-Douglas.

Finalmente, el marco conceptual neo-Schumpeteriano permite contrastar el impacto de la gobernanza en la tasa de crecimiento de la PTF de las firmas. Específicamente, se corrobora que la estabilidad política y ausencia de violencia o terrorismo, el estado de derecho y la calidad regulatoria tienen impactos positivos y significativos en la variación porcentual de la PTF a nivel de firmas, incluso después de controlar por el *pass-through* tecnológico de las firmas de frontera a las firmas rezagadas y por el *catch-up* de estas últimas, y por variables como los términos de intercambio y el PBI sectorial. En particular, el impacto de la calidad regulatoria va a acorde con Schiffbauer, M. et. al. (2022)(33) y Chin, M. (2024)(10). Esta última autora recomienda reformar las legislaciones laboral y tributaria que imponen costos excesivos para permitir crecer a las empresas formales.

Tal vez las firmas de frontera tecnológica o líderes en el Perú sean menos innovadoras que sus pares de otros países. En este caso, estas podrían estar imitando a las firmas líderes del mundo y la diferencia con las firmas rezagadas peruanas estaría en la sofisticación de la imitación, adopción y adaptación de las tecnologías foráneas. Esto último estaría en consonancia con Vega, M. (2025)(42) quien sostiene que para el Perú el desafío no es crear tecnología desde cero sino acercarse a la frontera mediante la réplica y absorción de tecnologías provenientes de economías más avanzadas. Por tanto, en vez de invertir grandes recursos en investigación básica, las empresas líderes peruanas estarían importando conocimiento y tecnología, adaptándolos a las condiciones locales para mejorar su productividad y su crecimiento económico sin tener que asumir los elevados costos iniciales de una innovación pura.

⁴²Por ejemplo, Bartelsman et. al. (2009)(5) muestran que para la industria en EE. UU. la proporción es de 51 por ciento.

⁴³Este hallazgo reforzaría la propuesta de medidas audaces que permitan el crecimiento de las empresas altamente productivas, elaborada por el Banco Mundial (2025)(4).

Referencias

- [1] Akerberg, D., K. Caves, y G. Frazer (2015). “Identification properties of recent production function estimators”. *Econometrica* 83: 2411–2451.
- [2] Aghion, P. y C. Bircan (2017). “The Middle Income Trap from a Schumpeterian Perspective”. Asian Development Bank Working Paper Series. N° 521.
- [3] Alva, C (2023). “Tamaño de Planta y Eficiencia Técnica en el sector manufactura”. Trabajo de Investigación para optar el grado de bachiller en Economía y Negocios Internacionales de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- [4] Banco Mundial (2025). “Aprovechando las oportunidades de crecimiento y prosperidad”.
- [5] Bartelsman, E.J., Haltiwanger J.C., S. Scarpetta (2009). “Cross-country differences in productivity: the role of allocation and selection”. NBER Working Paper Series 15490.
- [6] Boisvert, R. (1982). “The translog production function: its properties, its several interpretations and estimation problems”. *Research Bulletins from Cornell University, Department of Applied Economics and Management*, N° 182035.
- [7] Claro, S. (2003). “A cross-country estimation of the elasticity of substitution between labor and capital in manufacturing industries”, *Cuadernos de Economía*, Vol. 40, N° 120, pp. 239-257, Santiago de Chile.
- [8] Céspedes, N., Aquije, M., Sánchez, A. y R. Vera-Tudela (2014). “Productividad sectorial en el Perú: Un análisis sectorial a nivel de firmas.”. *Revista de Estudios Económicos del BCRP*, N° 28, 9-26.
- [9] Céspedes, N. (2019). “Indicadores de Productividad en el Perú a nivel de empresas.” Mimeo.
- [10] Chin, M. (2024). “Productivity and Growth in Perú”, *IMF Country Report* N° 24/1340.
- [11] Del Pozo, C. y E. Guzmán (2019). “Estimación de la Producción Total Factorial a nivel de firmas en el Perú: nueva evidencia a través del método Akerberg, Cavez y Frazer”. *Consortio de Investigación Económica y Social – CIES, Tercer Informe Final: PB-A2AN36-90*.
- [12] Del Pozo, C. y E. Guzmán (2022). “Impacto de la inversión en ciencia, tecnología e innovación tecnológica en la productividad de las firmas en el Perú”. *Consortio de Investigación Económica y Social – CIES, Informe Final – Versión Publicable: PI-EQU/A1-PB13*.
- [13] Felipe, J., J. McCombie, y A. Mehta. (2024). “The estimation of production functions with monetary values”. *Levy Economic Instituto of Bard College, Working Paper* N° 1036.
- [14] Francis, D., N. Karalashvili, H. Maemir, y J Rodriguez. (2020). “Measuring Total Factor Productivity Using the Enterprise Surveys – A Methodological Note”. *World Bank Group, Policy Research Working Paper* 9491.
- [15] Gal, P. (2013). “Measuring Total Factor Productivity at the Firm Level using OECD-ORBIS”. *OECD Economics Department Working Papers* N° 1049.
- [16] Ghezzi, P. (2019), “Mesas Ejecutivas en Perú: Una tecnología para el desarrollo productivo”, *Banco Interamericano de Desarrollo, Documento para Discusión* N° IDB-DP-711.
- [17] Harrasova, J. (2020). “Estimating the elasticity of substitution between capital and labour”, *Fraser of Allander Economic Commentary*, 44(4). ISSN 2046-5378.
- [18] Hyytinen, A., P. Ilmakunnas y M. Malirants (2016). “Olley-Pakes productivity decomposition: computation and inference”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 179, Part 3, pp 749-761.
- [19] Hoff, A. (2002). “The translog approximation of the constant elasticity of substitution production function with more than two input variables”, *University of Copenhagen, Working Paper* Vol. 2002 No. 14.
- [20] Kaufmann, D. y A. Kraay (2024). “The Worldwide Governance Indicators”, *World Bank Group, Policy Research Working Paper* 10952.

- [21] Koch, N. y M. Themann (2022). “Catching up and falling behind: Cross-country evidence on the impact of the EU ETS on firm productivity”, *Resource and Energy Economics* 69.
- [22] Livia, D. y A. Molinari (2018). “La relación entre la productividad y los salarios en el sector manufacturero peruano”, Trabajo de Investigación presentado para optar el Grado Académico de Magister en Economía en la Escuela de Postgrado de la Universidad del Pacífico.
- [23] Lozada (2019). “Diversificación, Crecimiento y Productividad: Un estudio a nivel de firmas manufactureras peruanas”, Consorcio de Investigación Económica y Social.
- [24] Maha, K. y H. Kamel (2015). “Estimate of the elasticities of substitution of the CES and translog production functions in Tunisia”. *International Journal of Economics and Business Research*.
- [25] Manjón, M. y J. Mañez (2016). “Production function estimation in Stata using the Akerberg–Caves–Frazer method”, *The Stata Journal* 16, N° 4, pp. 900–916.
- [26] Mert, M. (2021). “Economic Growth under Solow Neutrality”. *Economic Research-Ekonomiska Is- traživanja*, 34(1), 3440–3467.
- [27] Norris K., de Paula, A. y Van Reenen, J. (2024). “Production function estimation using subjective expectations data”, CENMAP working paper, No. CWP15/24, Centre for Microdata Methods and Practice (CENMAP), London.
- [28] Pancost, N. y C. Yeh. (2022). “Decomposing Aggregate Productivity”, Working Papers, 22-25, Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.
- [29] Pavelescu, F. (2011). “Some aspects of the translog production function estimation”, *Romanian Journal Economics*, vol. 32.
- [30] Ramírez, V. (2023). “Costo promedio ponderado del capital y rendimientos en empresas peruanas de transporte terrestre de pasajeros, 2012-2018”, Tesis para optar el grado académico de doctor de ciencias contables y empresariales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- [31] Rovigatti, G. y V. Mollisi (2018). “Theory and practice of total-factor productivity estimation: The control function approach using Stata”, *The Stata Journal* 18, N° 3, pp. 618–662.
- [32] Saia, A., Andrews D. y S. Albrizio (2015). "Productivity Spillovers from the global frontier and public policy: industry level evidence", *Economics Department Working Papers* N° 1238. Organization for Economic Co-operation and Development.
- [33] Schiffbauer, M., J. Sampi, y J. Coronado (2022). “Competition and Productivity: Evidence from Peruvian Municipalities”, *The Review of Economics and Statistics* 1-45.
- [34] Selvanathan, E. (2024). “Estimating the Elasticity of Substitution: An index-number approach”. *The Journal of International Trade & Economic Development*. Routledge Taylor & Francis Group.
- [35] Tello, M. (1993). “Mecanismos hacia el crecimiento económico: El Enfoque de la Organización Industrial en el Sector Manufacturero Peruano: 1970-1987”. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [36] Tello, M. (2004). “La Capacidad Exportable en el Perú”. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [37] Tello, M. (2022). "Índice de eficiencia técnica de las empresas de Perú". *Revista Desarrollo y Sociedad*, ISSN-e 1900-7760, ISSN 0120-3584, N°. 90, págs. 111-151
- [38] Tello, M. (2024a). “Estimación de la productividad total factorial: un análisis de empresas del sector manufacturero del Perú, 2002-2019”. *Lecturas de Economía* N° 102, Medellín, pp. 51-91.
- [39] Tello, M. (2024b). “Factores externos e Impactos sobre la Productividad Total de Factores de las Empresas Manufactureras: Evidencia del Caso Peruano”, *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, N° 38. Universidad Pablo de Olavide (España).
- [40] Tello, M. D., Tello-Trillo, D. S., & Rojas Lara, P. E. (2025). “Productivity and Market Power: The Case of Manufacturing Firms of Peru 2002-2019”. Inter-American Development Bank, Department of Research and Chief Economist, Working Paper N° IDB-WP-1684.

- [41] Vásquez, A. (1969). "La elasticidad de sustitución entre factores de producción", Tesis doctoral presentada en la Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales de la Universidad de Madrid.
- [42] Vega, M (2025). "Joel Mokyr, Philippe Aghion y Peter Howitt recibieron el Premio Nobel de Economía 2025". Departamento de Economía de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Artículo de Opinión.
- [43] Vostroknutova, E., J. Sampi, Charl Jooste y J. Thompson Araujo (2025). "Competition and Productivity Growth in Latin America and the Caribbean". Banco Mundial.
- [44] Yasar, M., R. Raciborski y B. Poi (2018). "Production function estimation in Stata using the Olley and Pakes method", *The Stata Journal* 8, N° 2, pp. 221–231.
- [45] Zymek, R. (2024). "Back to the Basis: Total Factor Productivity. How can economies do more with less?". IMF eLIBRARY.