

Índice de eficiencia técnica de las empresas de Perú

Mario D. Tello¹

DOI: 10.13043/DYS.90.4

Resumen

Ante una década de bajo nivel de productividad total factorial (PTF) en América Latina, este artículo muestra evidencias del grado de ineficiencia técnica de las empresas del sector productivo peruano. Para ello se estimaron los índices de eficiencia técnica de 116 875 empresas (83 271 formales y 33 604 informales) distribuidas en 25 regiones y diez sectores productivos (agricultura, pecuario, agropecuario, minería, pesca, manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes, y resto de servicios no gubernamentales) obteniendo un índice promedio general de eficiencia para las regiones y sectores de Perú de 37.94 —el producto total de las empresas se multiplicaría por 2.6 sin requerir factores productivos adicionales—. Dicha cifra sugiere que intervenciones del gobierno o empresas que induzcan comportamientos técnicamente eficientes en la producción pueden contribuir a incrementar la PTF de la economía, probablemente, a menor costo y tiempo.

Palabras clave: productividad, firmas formales e informales, Perú.

Clasificación JEL: D24, L60.

1 Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía. Lima, Perú. Correo electrónico: mtello@pucp.edu.pe

Este artículo fue recibido el 7 de diciembre del 2020, revisado el 4 de abril del 2021 y finalmente aceptado el 6 de enero del 2022.

Index of technical efficiency of Peruvian companies

Mario D. Tello²

DOI: 10.13043/DYS.90.4

Abstract

In a decade of low TFP —factorial total productivity— in Latin America, the paper shows evidence of the low level of TFP due to the degree of technical inefficiency of companies in the Peruvian productive sector case. For this, the technical efficiency indices of 116 875 companies (83 271 formal and 33 604 informal) distributed in 25 regions and ten productive sectors (agriculture, livestock, agriculture, mining, fishing, manufacturing, construction, commerce, hotels and restaurants, and the rest are non-governmental services). The estimates yielded a general average efficiency index for the regions and sectors of Peru of 37.94 —in other words, the total product of the companies would multiply by 2.6 without requiring additional productive factors—. This figure suggests that government or company interventions that induce technically efficient behaviors in production can contribute to increasing the TFP of the economy, probably at lower cost and time.

Keywords: Productivity, formal and informal firms, Peru.

JEL Classification: D24, L60.

2 Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía. Lima, Perú. Email: mtello@pucp.edu.pe

This paper was received on December 7, 2020, revised on April 4, 2021, and finally accepted on January 6, 2022.

Introducción

Bajos niveles de eficiencia —*ceteris paribus*— generan, a su vez, baja productividad total factorial —PTF—. Incrementar esta última requiere de inversiones en investigación y desarrollo de largo aliento mientras que los problemas de ineficiencia, con montos de inversión similares o menores, pueden ser resueltos a corto plazo. El Banco Mundial (Saliola y Şeker, 2011, 2012) señala que la PTF de Perú es una de las más bajas de América Latina³. Lovell (1993) muestra que uno de sus seis componentes es el índice de eficiencia técnica, IET⁴. Medir el grado de ineficiencia de las empresas es, entonces, punto de partida adecuado para incrementar la PTF, prontamente.

A diferencia de diversos estudios en América Latina que se concentran en estimaciones de eficiencia en específicos sectores⁵, el presente trabajo ofrece estimaciones de estos índices en Perú por sectores, regiones y tipos de firmas (formales e informales) presentando información más completa sobre las diferencias en ineficiencias técnicas entre estas dimensiones basadas en funciones de producción estocásticas (FPS). Es destacable que no existen estudios que documenten las brechas que se reportan, fundamentadas en diversas bases de datos (NEI-EEA 2019, INEI-ENAH0 2019 e INEI-ENA 2016, entre otras). Estas comprenden una muestra de 116 875 empresas del Perú —83 271 formales y 33 604 informales, distribuidas en 25 regiones y diez sectores productivos: agricultura, pecuario, agropecuario, minería (incluyendo hidrocarburos), pesca, manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes, y servicios no gubernamentales (que incluye sectores de información y comunicación; financieros y seguros, inmobiliario, servicios profesionales, científicos y técnicos, servicios administrativos y de apoyo, educación y salud privada, y servicios

3 De acuerdo con el informe del Banco Mundial (2015), la productividad de las empresas peruanas es comparable con la de otros países de ingreso medio y ha aumentado rápidamente, aunque sigue lejos de la frontera de la productividad mundial. Así, la productividad de una empresa promedio en Perú es sólo un cinco por ciento del nivel de la frontera de productividad mundial (la cual se define por el 25 por ciento de las empresas más productivas de los Estados Unidos, EE. UU.).

4 Lovell (1993) divide la PTF en seis componentes: i) economías de escala, ii) cambio tecnológico, iii) índice de eficiencia técnica, iv) eficiencia económica o de asignación, v) cambio de precios de los insumos y sus efectos sobre la eficiencia económica, y vi) precios diferentes a los costos marginales por el comportamiento de las firmas o el efecto de imperfecciones en el mercado.

5 Por ejemplo, el sector forestal (Lee, 2005), agrícola (Machado, Piovesan, Arruda, Et Schuh, 2018); microfinanzas (Collins, 2019), y manufacturas (Valderrama, Neme, Ríos, 2015).

de entretenimiento)⁶. Los IET también reflejan el potencial productivo de las unidades productivas de una economía. Su correlato en producción de los IET es el valor de producción potencial.

Las estimaciones realizadas indican valores bajos —en escala de 0 a 100— del IET (por regiones y sectores) consistentes con los niveles bajos de PTF de las empresas en Perú⁷. A medida que los niveles bajos de PTF son explicados por los bajos niveles de IET, dentro de las políticas de productividad (públicas o privadas) se requiere considerar intervenciones que induzcan comportamientos técnicamente eficientes de las empresas. De otro lado, intervenciones para incrementar la productividad son distintas a las de mejoras de eficiencia al interior de las firmas. Ejemplos de política de gobierno sobre la PTF pueden ser: programas que incrementen el capital humano de la fuerza laboral (trabajadores y gerentes), asistencia tecnológica y fomento a la innovación, entre otros. Ejemplos de políticas apropiadas para el sector privado se basan en aplicaciones de métodos de negocios dirigidos a incrementar los IET tales como la gestión de procesos de negocio y del trabajo. La primera se refiere al conjunto complejo de técnicas que van desde el análisis de sus procesos actuales a la búsqueda de maneras de mejorarlos, incluyendo el diseño de nuevos procesos optimizados, la realización de pruebas y validaciones y, finalmente, la implementación. La gestión del trabajo se refiere al conjunto de procesos y actividades destinadas a optimizar la eficiencia de los equipos⁸. En general es de esperar que políticas que incrementen los IET rindan sus frutos a bajos costos y en menores período de tiempo que aquellas dirigidas a incrementar de forma directa la PTF. Otras políticas que mejoran la eficiencia están relacionadas con aspectos gerenciales como grado de formación educativa, inteligencia, capacidad de persuasión, etc. (Stevenson, 1980).

El estudio usa métodos de estimación estándar de fronteras estocásticas y tiene tres aportes a la literatura. En primer lugar, concluye que lidiar con la ineficiencia técnica que se observa al interior de las empresas por sectores,

6 El estudio actual más cercano en términos de estimaciones de funciones de producción es el de Céspedes, Aquije, Sánchez, y Vera-Tudela (2014). El estudio se basa en 8996 empresas formales de nueve sectores para el período 2002-2011 y funciones de producción tipo Cobb-Douglas.

7 Céspedes, Aquije, Sánchez y Vera-Tudela (2014) estiman estas productividades a nivel de firmas de Perú.

8 Detalles en <https://www.omniawfm.com/blog/Como-mejorar-la-eficiencia-empresa.php>.

regiones y tipos de empresa puede ser un paso previo y menos costoso para incrementar la PTF de las firmas en Perú y América Latina. Segundo, muestra las brechas e ineficiencias (por ende, en productividad) existentes por sectores, regiones y tipos de firmas de una economía en desarrollo latinoamericana que requieren ser explicadas dentro de una agenda futura para los países de América Latina⁹. Por último, permite una comparación relativa de los IET por sectores, regiones y tipo de firmas debido al método de las FPS común a las estimaciones del IET.

El trabajo se divide en cuatro secciones. La primera describe la base de datos; la segunda presenta conceptos y aspectos metodológicos de las estimaciones, la tercera aplica la metodología para una muestra de empresas de información disponible de diez sectores económicos y presenta los resultados de las estimaciones. La cuarta sección resume las principales conclusiones. Finalmente, encontrará el anexo de cuadros y referencias.

I. Bases de datos

Las fuentes de bases de datos usadas son: i) para las empresas formales de los sectores de minería, pesca, manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes y otros servicios no gubernamentales, la Encuesta Económica Anual 2008-2015 (INEI-EEA, 2019); ii) para las personas jurídicas de los sectores agrícolas, pecuario y agropecuario (formales, que en su mayoría disponen de más de cinco hectáreas)¹⁰, las unidades de producción de la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2015 (INEI-ENA 2016); iii) para las unidades productivas informales¹¹ de todos los sectores, la Encuesta Nacional de Hogares 2008-2015 (INEI-ENAH, 2019). En total son 116 875 empresas (83 271 formales y 33 604 informales) distribuidas en 25 regiones del Perú. El Cuadro A1 (del anexo) lista la muestra de empresas formales e informales obtenidas de las tres bases de datos señaladas. El Cuadro A2 describe la representatividad

9 Intentos de explicación a nivel macro son presentados por Thompson, Vostroknutova, Wacker y Clavijo (2006).

10 El sector agropecuario se compone de unidades productivas que producen productos agrícolas y pecuarios para el mercado (local o externo). Los sectores pecuario y agrícola son unidades productivas que producen solamente productos pecuarios y agrícolas para el mercado (local o externo), respectivamente.

11 Trabajadores independientes que no tienen RUC y/o que no llevan libros contables.

de la muestra en función de un estimado del universo en términos de valor real de producción y de la población económicamente activa y ocupada (PEAO). Detalles de estas estimaciones se describen en el Cuadro A3.

A excepción del sector agropecuario, las representatividades y variables productivas son estimadas para el promedio del período 2007–2014. Para el sector agropecuario la representatividad es de 2015. Las cifras del cuadro señalan la importancia de mejorar las estadísticas productivas para que exista un mayor grado de representatividad de las áreas geográficas y sectores. Así, en Amazonas (Cuadro A2), las unidades agropecuarias en la muestra de la estimación de la FPS e IET solo representan 0.56% del valor real de producción agropecuario de dicho departamento y 4.86% del empleo en Amazonas en dicho sector. Esta representatividad es explicada por 351 unidades agropecuarias de producción que existen en la muestra, para un departamento que tiene 83 distritos (menos de cinco unidades por distrito). En general, el sesgo de la muestra es hacia empresas grandes (con 100 a más trabajadores)¹² a pesar de que tomaron en cuenta establecimientos informales. De otro lado, el grado de representatividad varía por sectores¹³. Los sectores de mayor grado de producción son pesca y manufacturero. Los de menor grado son Otros servicios y el de empleo del sector pesca.

II. Eficiencia técnica y funciones de producción estocásticas, FPS: aspectos metodológicos

Existen diversos métodos (paramétricos y no paramétricos) de estimación de los índices de eficiencia a nivel de firma¹⁴ con diferentes supuestos sobre los

12 El promedio nacional de trabajadores por empresa fue de 108 trabajadores y tres de los más representativos sectores de la muestra y de Perú (manufacturas minería y otros servicios no gubernamentales) tuvieron más de 100 trabajadores por empresa. Este potencial sesgo puede implicar que los índices de eficiencia por cada sector se comparen con firmas grandes las cuales probablemente sean las más eficientes. Si el sesgo fuese hacia empresas pequeñas o medianas (menores a 100 trabajadores), probablemente las estimaciones de los IET serán relativas a la eficiencia de estas empresas y no tanto al de las grandes.

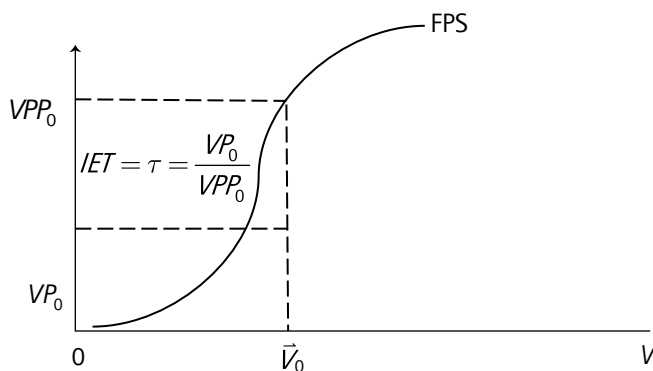
13 Cuanto mayor sea la representatividad en producción y empleo, las estimaciones de los IET serán más representativas de las regiones y sectores

14 Entre otros, los derivados de las fronteras de producción estocásticas (FPS), del método Data Envelopment Analysis (DEA), y los modelos de función de distancia direccional de meta frontera estocástica (detalles

errores de las funciones o la ausencia de ellos. Cada uno de estos métodos tiene ventajas y limitaciones asociadas a los supuestos y bases de datos utilizadas. Aunque la literatura sobre estos métodos no es enfática sobre cuál de ellos es el más adecuado, los estudios que realizan comparaciones¹⁵ obtienen medidas de magnitud similares y el orden de las estimaciones se mantiene entre los métodos. Al disponer de tan amplia base de datos, por simplicidad y sencillez, se seleccionó un método basado en las fronteras de producción estocásticas usando especificaciones estándar de las funciones y supuestos básicos, que exponemos a continuación.

Bajo el método de FPS, el índice de eficiencia técnica IET del proceso productivo de cualquier empresa se define como el porcentaje de la producción efectiva (o actual) de la firma con respecto a la producción potencial para cada combinación de insumos y factores productivos. En la figura 1, FPS es la función de producción estocástica de la firma que recoge las diferentes combinaciones del vector de insumos y factores productivos (\vec{V}) y el valor real de la producción o producto potencial o producto (VPP).

Figura 1. La Curva de la Función de Producción Estocástica y el IET



Así, para el vector \vec{V}_0 su producto potencial es VPP_0 siendo VP_0 la producción efectiva. El IET, τ , para dicha producción efectiva sería igual a VP_0 sobre VPP_0 .

en Bravo-Ureta & Pinheiro, 1993; Wanke, Kalam, Pestana Barros, 2016; y Safiullah & Shamsuddin, 2020).

15 Por ejemplo, Lee (2005) y Wanke Kalam, Pestana Barros (2016).

Por definición, el IET tiene un rango de 0 a 1. Un valor de 0.5 implica que la empresa tiene un grado de eficiencia de solo 50% que podría duplicar su producción efectiva si su comportamiento fuese técnicamente eficiente en el proceso productivo.

A. Funciones de producción estocásticas, FPS

Los métodos de estimación de las funciones de producción estocásticas —FPS—, los índices de eficiencia técnica —IET— a nivel de empresas y los códigos STATA son resumidos en Kumbhakar y Lovell (2000), Kumbhakar, Ray, y Dua (2015), Kumbhakar, Wang, y Horncastle (2015), y Belotti *et al.*, (2012). Estos se basan en la siguiente frontera o función de producción:

$$Q_{it} = A.e^{-\mu(Z_{it})}.F(V_{it}).e^{\epsilon_{it}}; \quad i = 1, N; t = t_0 \dots t_f; \quad (1)$$

$$0 \leq \tau_{it} = e^{-\mu(Z_{it})} = \frac{Q_{it}}{A.F.e^{v_{it}}} \leq 1;$$

Donde Q_{it} es el valor real de producción de la unidad productiva 'i' en el período 't'; $A.e^{-\mu(Z_{it})}$ es la productividad total factorial (PTF, asumida una constante e igual para todas las N unidades productivas). Dicha productividad tiene dos componentes, el índice de eficiencia técnica, $\tau = e^{-\mu(Z_{it})}$, y el A son los otros componentes de la PTF definidos en Lovell (1993)¹⁶. El IET depende a su vez de un conjunto de variables Z_{it} asociadas a la unidad productiva 'i' en el período 't'; V_{it} es el conjunto de factores e insumos productivos, v_{it} es el error estocástico de la unidad productiva 'i' en el período 't'; y t_0 y t_f son los períodos inicial y final, respectivamente, de la muestra de estimación. Si se toma el logaritmo neperiano a (1) se tiene la siguiente ecuación de estimación:

$$\ln Q_{it} = \ln A + \ln F + v_{it} - \mu_{it}; \quad \mu_{it}(Z_{it}) \geq 0; \quad i = 1, N; t = t_0 \dots t_f; \quad (2)^{17}$$

$$\ln Q_{it} = \ln A + \ln F + \varepsilon_{it}; \quad \varepsilon_{it} = v_{it} - \mu_{it}; \quad i = 1, N; t = t_0 \dots t_f$$

¹⁶ Pie de página 4.

¹⁷ Note que $\ln e^{-\mu(Z_{it})} = -\mu_{it}(Z_{it}). \ln e = \mu_{it}(Z_{it})$.

El problema de estimación de la FPS en (2) radica en dos aspectos. Primero, el índice de eficiencia técnica impone la restricción que $\mu_{it} \geq 0$. Segundo, la estimación del error estocástico ε_{it} no distingue las estimaciones de los errores ν_{it} y μ_{it} . Para identificar estos componentes se requiere asumir distribuciones específicas para ambos errores y las estimaciones se basan en el método de máxima verosimilitud (MV). Las distribuciones usuales de μ_{it} que se asumen para las estimaciones son: i) la mitad de una función normal estándar (usualmente denotada como $N^+(0; \sigma_\mu^2)$) donde la moda de la distribución es cero; ii) la función exponencial (usualmente denotada como $\exp(-\mu_{it}/\sigma_\mu)$); y iii) la normal truncada (usualmente denotada como $N^+(\mu; \sigma_\mu^2)$) donde la moda de la distribución es $\mu > 0$.¹⁸ Generalmente, la distribución usada para el error estocástico de la función de producción ν_{it} es la normal estándar con media cero y variancia σ_ν^2 . La estimación del índice de eficiencia técnica bajo el método de MV requiere las siguientes etapas (para una muestra de observaciones en un período de tiempo, o muestra de corte transversal):

- i) Definir las funciones de distribución de ν_{it} y μ_{it} . Sean f_ν y f_μ dichas funciones. Se requiere asumir, además, que ambos errores estocásticos son independientes;
- ii) Definir la función conjunta de ambos errores. Esto es $f(\nu_{it}; \mu_{it}) = f_\nu \cdot f_\mu$;
- iii) Dado que el error de estimación de (2)' es $\varepsilon_{it} = \nu_{it} - \mu_{it}$, entonces se requiere definir la función de dicho error que en términos de la conjunta es la función marginal de ε_{it} . Esta función marginal se define como:

$$f_\varepsilon = \int_0^\infty f_\nu \cdot f_\mu \cdot d\mu;$$
- iv) La función de verosimilitud de la muestra de N observaciones se obtiene de $L(\theta; Q_{it}; V_{it}; Z_{it}) = \prod_{i=1}^N f_{\varepsilon_{it}}$;
- v) La estimación del vector de parámetros θ (que incluye la función de producción, las medias y varianzas de las distribuciones de f_ν y f_μ , el vector de parámetros δ de la variable $\mu(Z_{it})$, la cual asume que: $\mu_{it} = \delta' \cdot Z_{it}$);
- vi) Aplicación de la fórmula del cálculo del índice de eficiencia técnica, $\tau_{it} = e^{-\mu(Z_{it})}$, con los parámetros estimados.

18 Distribuciones como la función gamma requieren simulaciones para identificar la función de densidad conjunta de ν_{it} y μ_{it} .

Las fórmulas de cálculo del índice eficiencia técnica depende de: i) las funciones de distribución asumidas de las funciones f_ν y f_μ ; ii) la existencia o no de varianzas heterocedásticas (o distintas por cada observación) de σ_μ^2 y σ_ν^2 ; y iii) de los factores de incidencia Z_{it} que determina μ_{it} . Estimaciones de los IET basados en la FPS abundan en la literatura de los países desarrollados, en desarrollo y de América Latina entre otros, Ghana (Page, 1980), diversas regiones del mundo (Lee, 2005), Vietnam (Tran *et al.*, 2008), y México (Valde-rama *et al.*, 2015).

B. Especificaciones sectoriales y los IET de las FPS

Para el caso de las empresas de los tres sectores agropecuarios residentes en Perú las estimaciones realizadas son de corte transversal del año 2015. Las variables usadas en las estimaciones de las especificaciones que se describen a continuación son recopiladas en el Cuadro A3. La especificación de cada sector agropecuario es:

$$\ln VP_{it} = \ln A + \alpha_l \ln L_{it} + \alpha_k \ln K_{it} + \alpha_{IT} \ln T_{it} + \varepsilon_{it}; \varepsilon_{it} = \nu_{it} - \mu_{it}; \quad (3)$$

$$i = 1 \dots N; t = 2015;$$

Donde \ln es el operador del logaritmo neperiano.

Para las empresas de los sectores manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes y restos de servicios no gubernamentales cuya información cubre el período 2007-2014 la especificación usada es:

$$\ln VP_{it} = \ln A + \alpha_l \ln L_{it} + \alpha_k \ln K_{it} + \alpha_{IT} \ln TREND_{it} + \varepsilon_{it}; \varepsilon_{it} = \nu_{it} - \mu_{it}; \quad (4)$$

$$i = 1 \dots N; t = 2007 \dots 2014;$$

Para las empresas de los sectores de minería y pesca, la especificación usada es¹⁹:

$$\ln VP_{it} = \ln A + \alpha_l \ln L_{it} + \alpha_k \ln K_{it} + \sum_{j=2007}^{2014} \alpha_j D_{ji} + \varepsilon_{it}; \quad (5)$$

$$\varepsilon_{it} = \nu_{it} - \mu_{it}; i = 1 \dots N; t = 2007 \dots 2014; \text{ Si } j = tD_{ji} = 1, j \neq tD_{ji} = 0$$

19 La estimación de esta especificación ajustó mejor a los datos de dichos sectores.

Las variables TREND y binarias D_{ji} son auxiliares y permiten distinguir los años de la muestra de datos²⁰. En las tres especificaciones se ha adicionado la especificación del error del IET (6) para cada unidad productiva un conjunto de variables z_{it} que incluye al logaritmo neperiano del ingreso per cápita (en soles o dólares de 2007) distrital²¹ y variables binarias (*dummies*) regionales del distrito y departamentos o regiones donde reside dicha unidad productiva. Estas variables pueden ser usadas para estimar los IET en distritos donde no existe información de unidades productivas. La especificación del error (6) de los IET es:

$$\mu_{it} = \delta \cdot z_{it} + \sum_{R=1}^{N_R} \delta_R \cdot D_{Rit}; \quad i = 1 \dots N; \quad t = 2008 \dots 2015. \quad (6)$$

La estimación de los IET, $\hat{\tau}_{it}$, de cada unidad productiva 'i' de la muestra de tamaño N en el período 't' de cada uno de los diez sectores se deriva de la siguiente fórmula²²:

$$\begin{aligned} \hat{\tau}_{it} &= E\left(e^{-\hat{\mu}_{it}} \mid \hat{\varepsilon}_{it}\right) = \frac{\Phi(\hat{\mu}_{it}^* - \hat{\sigma}_*)}{\Phi\left(\frac{\hat{\mu}_{it}^*}{\hat{\sigma}_*}\right)} \cdot e^{(0.5 \cdot \hat{\sigma}_{it}^2 - \hat{\mu}_{it}^*)}; \\ \hat{\mu}_{it}^* &= (\hat{\sigma}_\nu^2 \cdot \hat{\mu}_{it} - \hat{\sigma}_\mu^2 \cdot \hat{\varepsilon}_{it}) / (\hat{\sigma}_\mu^2 + \hat{\sigma}_\nu^2); \quad \hat{\sigma}_*^2 = \hat{\sigma}_\mu^2 \cdot \hat{\sigma}_\nu^2 / (\hat{\sigma}_\mu^2 + \hat{\sigma}_\nu^2) \\ \hat{\mu}_{it} &= E(\hat{\mu}_{it} \mid \hat{\varepsilon}_{it}) = \hat{\mu}_{it}^* + \frac{\hat{\sigma}_* \cdot \phi\left(\frac{\hat{\mu}_{it}^*}{\hat{\sigma}_*}\right)}{\Phi\left(\frac{\hat{\mu}_{it}^*}{\hat{\sigma}_*}\right)}; \quad \hat{\varepsilon}_{it} = \ln VP_{it} - \widehat{\ln A} - \ln X' \cdot \hat{\alpha} \end{aligned} \quad (7)$$

X' es el conjunto de variables de las especificaciones (3), (4) y (5) según sea el sector estimado. Battese y Corra (1977) demuestran que si $\sigma_\mu^2 = 0$, entonces la estimación de la FPS se convierte en el promedio de frontera de producción

20 Estas variables de tiempo también permiten tomar en cuenta posibles choques exógenos de carácter micro o macroeconómicos, reduciendo en parte los sesgos de no incluirlos en las estimaciones tanto de las FPS como de los IET.

21 Obtenida del PNUD (2013) y estimaciones propias de INEI-ENAH0 (2018).

22 Donde ϕ y Φ corresponden a la función de densidad y distribución de la función normal estándar y $\hat{\sigma}_\mu$ y $\hat{\sigma}_\nu$ son las desviaciones estándar estimadas de los errores de los IET y de la función de producción.

y el IET sería igual a 1. En cambio, si $\sigma_{\nu}^2 = 0$ (que puede originarse cuando se introduce más variables relevantes y productivas a la FPS o mejores mediciones de los factores de producción) todo el error estocástico de la FPS sería debido a la ineficiencia técnica de la firma. Los promedios ponderados de los IET de la muestra " (formal, $j = 1$; informal, $j = 2$; y total $j = 3$) de unidades productivas para cada sector ' s '²³ y región ' r ' son obtenidos de la siguiente fórmula:

$$\hat{\tau}_{jsr} = \sum_{i=1}^{N_{jsr}} \sum_{t=t_0}^{t_1} \hat{\tau}_{itjsr} \omega_{itjsr}; \sum_{i=1}^{N_{jsr}} \sum_{t=t_0}^{t_1} \omega_{itjsr} = 1; j = 1, 2, 3; s = 1, 10; r = 1, 25$$

$$\omega_{itjsr} = VP_{itjsr} / \left[\sum_{i=1}^{N_{jsr}} \sum_{t=t_0}^{t_1} VP_{itjsr} \right]; \quad (8)$$

C. Variables de las FPS

La lista de variables usadas en las tres especificaciones (3, 4, 5) para los diez sectores productivos es descrita en el Cuadro A3. Para las empresas formales, las variables de la FPS de los siete sectores no agropecuarios se obtienen de la Encuesta Económica Anual de los años 2008 a 2015 (INEI-EEA 2019), los cuales corresponden al período 2007-2014. Sujeta a potenciales errores de medición, la definición de las variables de la FPS es relativamente estándar en las encuestas de dichos sectores. Los deflatores usados para los valores reales de producción y capital de las unidades productivas (formales e informales) son los correspondientes de cada sector. Para las empresas agropecuarias formales (en general con disponibilidad de tierras mayor a cinco hectáreas), las variables se obtienen de la Encuesta Nacional Agraria 2016 (INEI-ENA 2016). Las diferencias en tiempo de las variables de los sectores agropecuario y no agropecuario implican que los estimados de los IET representan promedios solo de 2015 para los sectores agropecuario y promedios del período 2007-2014 para los sectores no agropecuarios.

Para las empresas informales del período 2007-2014, las variables de las FPS han sido obtenidas de la Encuesta de Hogares (INEI-ENAH 2018). De las tres variables usadas (valores de producción y capital, número de trabajadores, número de hectáreas de uso de tierras) la medición y definición del capital es

23 Para los sectores agropecuarios, $t_0 = t_1 = 1$.

distinta al de los sectores formales. El valor de capital de los informales se ha estimado con los valores de los bienes tangibles usados para producción de acuerdo con los jefes de familia. Estos bienes incluyen computadora, automóvil, bicicleta, triciclo, mototaxi y camión. Si bien los potenciales errores de la medida del capital de las unidades informales no alteran las propiedades de los estimadores usados (sujeto a las distribuciones asumidas). La mixtura de unidades productivas formales e informales en la muestra permite comparar estimaciones de los IET de dichas unidades producción. Los IET se han estimado para la muestra conjunta (Cuadro 3) y la muestra de cada uno de estos grupos productivos (Cuadros 4 y 5).

D. Interpretación de los IET por la diversidad de bases de datos

Los IET estimados son relativos al grado de eficiencia técnica de todas las empresas formales e informales de cada sector derivados de las ecuaciones del (3) al (7). Debido a las diferencias de especificaciones de los tres grupos de sectores (por las diferencias en la base datos), las comparaciones de los IET son válidas dentro de cada grupo de sectores y entre regiones del mismo sector²⁴. Esto indica que, para una misma región, diferencias en los promedios ponderados de los IET sectoriales de un mismo grupo de sectores significa diferencias de eficiencia entre empresas incluidas en la muestra de cada sector. Así, la muestra de firmas de una región de un grupo sectorial puede ser más o menos eficiente que la muestra de empresas de otra región del mismo grupo sectorial. Estas diferencias no implican, sin embargo, que las empresas de una región sean más o menos eficientes que de otra región para un grupo sectorial determinado. Para muestras de empresas de similar representatividad por región y sector dichas diferencias pueden ser representativas de los grados de eficiencia entre regiones y sectores.

Un segundo aspecto de las diferencias de la base de datos es el período de tiempo de los grupos sectoriales. Para el sector agropecuario los IET estimados corresponden al año 2015 mientras que para los sectores no agropecuarios corresponden al período 2007–2014. Así, un IET alto (mayor a 50%) del sector agropecuario y uno bajo (menor a 50%) del sector pesca, si bien indica que para la muestra de empresas del 2015 del sector agropecuario el IET ha

24 En general, estas diferencias de especificación en la muestra de empresas no permiten comparación de los IET con otros estudios de América Latina o países en desarrollo.

sido mayor que el respectivo IET de la muestra de empresas del sector pesca del 2007-2014, esta diferencia no indica que las empresas del sector agropecuario sean más eficientes técnicamente que las empresas del sector de pesca.

De acuerdo con la especificación (6) del índice de eficiencia técnica, un tercer aspecto a considerar es que los IET regionales están influenciados por ingresos de los distritos de cada región y efectos fijos regionales. Esto se refleja en la preponderancia de los índices de eficiencia de región Lima —relativamente, la más desarrollada de Perú— los cuales tienen la orden magnitud más alta en cinco de los diez sectores analizados.

Finalmente, el promedio ponderado (o simple) de los IET para todas las regiones y sectores indica el orden de magnitud del índice de eficiencia promedio de la muestra de firmas usadas en cada sector (y período de tiempo) y región no indica el promedio general de la eficiencia técnica de todas las empresas de Perú. Un nivel bajo de IET solo indica que el nivel promedio de eficiencia técnica de las empresas en la muestra de regiones, sectores, y períodos ha sido bajo. A medida que las muestras de empresas de las diversas bases de datos usadas tengan un mayor grado de representatividad, el promedio IET estimado se aproximaría al grado de eficiencia técnica del empresariado peruano. La representatividad de las muestras de firmas por sector y región se lista en el Cuadro A2²⁵.

Sujeto a las representatividades de las muestras de firmas, estos aspectos sugieren, por un lado, que las comparaciones entre regiones del mismo sector serían más apropiadas que las comparaciones entre sectores de la misma región o entre regiones. De otro lado, que el análisis y conclusiones de los IET reportados en el trabajo requieren tomar en cuenta estos aspectos de interpretación²⁶.

25 Una alternativa para aumentar el nivel de precisión de las estimaciones de los IET por baja representatividad de la muestra por región y sector es agrupando las firmas por sectores o regiones. Sin embargo, se haría a costa de reducir el número de estimaciones de los IET en regiones o sectores.

26 Debido a la diversidad de especificaciones, los IET estimados no necesariamente son comparables con estimados similares realizados en estudios de otros países.

III. Estimaciones y discusión de los resultados

Por razones de espacio no se reportan los estadísticos descriptivos de las variables de unidades de producción usadas en las especificaciones del (3) al (6)²⁷ En la muestra, la productividad laboral de las empresas del sector minero resultó ser la más alta y las empresas del sector agrícola, la más baja. El Cuadro 1 reporta resultados de las pruebas estadísticas realizadas las cuales corresponden a si las FP son determinísticas o estocásticas y si existen, o no, tecnologías con economías constantes a escala. El Cuadro 2 presenta coeficientes y estadísticos de ajuste de las regresiones correspondientes a las FPS de los diez sectores estimados con el método de máxima verosimilitud²⁸ asumiendo la distribución de los errores de la función producción como normales y la distribución de los errores de los índices de eficiencia técnica como una distribución normal truncada²⁹.

Los resultados de las pruebas estadísticas del Cuadro 1 indican que en todos los sectores las FP son estocásticas y que las tecnologías no necesariamente son de rendimientos constante a escala. Respecto a los estimados de los coeficientes de factores productivos del Cuadro 2, estos indican que, a excepción de los sectores pecuario, pesca, minería y construcción, los coeficientes del capital (o la tierra para los sectores agrícola y agropecuario) fueron mayores que los respectivos coeficientes de la mano de obra de los seis restantes sectores productivos³⁰. Paralelamente, el ingreso *per cápita* resultó ser un factor

27 El autor lo puede enviar a solicitud del lector.

28 Cabe señalar que por las diferencias en la información de años para los diez sectores y debido a que no se dispuso de paneles balanceados, las estimaciones de las FPS no usan el método de panel lo cual no permitió incluir efectos fijos de las unidades de producción.

29 Note que la función de densidad del error es una función mixta de normal con normal truncada con varianzas asumidas constantes. Las varianzas en la literatura estándar pueden depender de las varianzas de las variables exógenas del modelo. Respecto al supuesto de la distribución normal truncada Stevenson (1980) discute las ventajas de esta distribución que permite que la moda del IET sea no nula (aunque también admite valor nulo de moda). Al respecto Stevenson (1980) señala: "*dado que los agentes económicos son humanos o instituciones humanas, la posibilidad de una moda distinta de cero para la función de densidad parece ser una presunción más defendible.*" (p. 58). Por otro lado, existen estudios que usan diferentes funciones de densidad de error de la ineficiencia sin que las estimaciones de los IET se alteren por lo menos en el orden de los índices (por ejemplo, Gumbau 1998). Finalmente, Coelli, Rao y Battese (1998) argumentan que no hay razones a priori para elegir una forma de distribución sobre la otra, y todas tienen ventajas y desventajas.

30 Debido a las diferencias de especificaciones del presente trabajo y otros realizados para Perú (por ejemplo, Céspedes, Aquije, Sánchez, y Vera-Tudela (2014) los coeficientes de regresión estimados no son comparables.

que incidió significativamente en los IET de todos los sectores, prácticamente. Más aún, su incidencia fue positiva, es decir, a mayor ingreso en los distritos donde las empresas se localizan mayor será el IET de dichas empresas. Finalmente, los altos valores del estadístico χ^2 indican que el grado de ajuste de las estimaciones ha sido estadísticamente significativo para todos los sectores.

Los Cuadros 3, 4 y 5 presentan los promedios ponderados de los IET de las unidades de producción por departamento o región y sector. Las ponderaciones usadas son los valores de producción de las firmas (formales e informales) correspondiente a cada sector y/o departamento. El formato de estos cuadros se interpreta de la siguiente manera. Cada columna representa un sector productivo, por tanto la FPS y los IET son obtenidos de una misma regresión de acuerdo con las especificaciones presentadas en la Sección II.B (Especificaciones sectoriales y los IET de las FPS). Estos IET de cada sector (columna) son comparables. Por otro lado, cada fila representa las regiones que se incluyen en las regresiones de las tres especificaciones descritas en la sección mencionada. Para cada sector (columna), los IET de las regiones de dicho sector son comparables. Más aún, cada columna sector tiene un promedio ponderado (Total Nacional) del sector que toma todas las regiones incluidas en la regresión del sector. Así, el promedio ponderado del IET del sector (columna) minería para todas las empresas (formales e informales) distribuidas en las 25 regiones del Perú es 55.3. Para dicho sector, las empresas (formales e informales) de la región Moquegua son las que han sido las más eficientes en el período considerado, 2007-2014. Por el contrario, las empresas de la región Amazonas fueron las que tuvieron más bajos niveles de eficiencia técnica del sector minero.

Los promedios ponderados de cada región (fila) son solo indicativos del orden de magnitud de los IET de los sectores y no se podría interpretar que, por ejemplo, para el caso de Lima, las empresas (formales e informales) agrícolas sean más eficientes que las empresas del sector manufacturero.

Los IET de la muestra de empresas del período del sector agrícola han tenido magnitudes (o niveles) mayores a las respectivas magnitudes de la muestra de empresas y período del sector manufacturero. La misma interpretación se puede realizar para el promedio ponderado de los IET de todas las empresas (formales e informales) consideradas en la muestra y períodos de los diez respectivos sectores. Así, para el promedio ponderado a nivel nacional, el orden de magnitud de las estimaciones de los IET —37.94— ha sido bajo, medido en

la escala de 0 a 100. Por último, los IET de cada sector (columna) de los Cuadros 4 —empresas formales— y Cuadro 5 —unidades productivas informales— pueden ser comparados dado que provienen de las mismas especificaciones y regresiones de dicho sector (columna). Al igual que el caso de las regiones (filas) del Cuadro 3, los IET no son comparables, solo proveen información del orden de magnitud relativa a las muestras de empresas de cada sector (columna).

De acuerdo con el formato de los Cuadros 3, 4 y 5 y la forma de interpretar los índices, el orden de magnitud del IET promedio ponderado estimado de todas las unidades de producción formales e informales de la muestra significa que si las empresas (de la muestra) empleasen los mismos factores e insumos y fueran técnicamente eficientes (i.e., IET=100) el valor de producción real se multiplicaría por 2.64³¹. En segundo lugar, las unidades productivas (de las respectivas muestras de empresas) con mayores órdenes de magnitud (escala de 0 a 100) de los promedios ponderados de los IET sectoriales³² estimados fueron de los sectores agrícola, minero, manufactura y construcción y los que tuvieron órdenes de magnitud menores fueron de los sectores comercio, pesca, agropecuario y servicios.

Cuadro 1. Pruebas estadísticas de funciones de producción estocásticas

Sector 1: Agricultura		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica² H₁: Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\hat{\varepsilon}})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\hat{\varepsilon}})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\hat{\varepsilon}})^2} \right]} = -0.9321$	0,00
Ho: Distribución simétrica ³(normal estándar) H₁: Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\hat{\varepsilon}})^3}{\sqrt{\frac{\left[\frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\hat{\varepsilon}})^2}{N} \right]^3}{6 \cdot N}}} = -20.2$	0,00

(Continúa)

31 Note que el IEF mide el porcentaje de producción actual con respecto a la producción potencial. Esto es, que la producción potencial es la inversa del IET (1/0.3794=2.6) por la producción actual.

32 Corresponde a la fila Total Nacional de los cuadros 3, 4, y 5.

<p>H₀: Distribución de errores de MCO simétricos</p> <p>H₁: Distribución de errores no simétricos (MVS)</p>	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 648.43$	0,00
<p>H₀: Rendimientos de escala constante</p> <p>H₁: No H₀</p>	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 232.39$	0,00
Sector 2: Pecuario		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
<p>H₀: Distribución simétrica²</p> <p>H₁: Distribución no simétrica</p>	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = -0.24$	0.109
<p>H₀: Distribución simétrica³(normal estándar)</p> <p>H₁: Distribución no simétrica</p>	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt[6]{\frac{\left(\frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2}{N} \right)^3}{N}}} = -1.57$	0.116
<p>H₀: Distribución de errores de MCO simétricos</p> <p>H₁: Distribución de errores no simétricos (MVS)</p>	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 139.47$	0,00
<p>H₀: Rendimientos de escala constante</p> <p>H₁: No H₀</p>	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 30.09$	0,00
Sector 3: Agropecuario		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
<p>H₀: Distribución simétrica²</p> <p>H₁: Distribución no simétrica</p>	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = 0.09$	0,03
<p>H₀: Distribución simétrica³(normal estándar)</p> <p>H₁: Distribución no simétrica</p>	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt[6]{\frac{\left(\frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2}{N} \right)^3}{N}}} = -2.13$	0,01

(Continúa)

Ho: Distribución de errores de MCO simétricos H₁: Distribución de errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 497.93$	0.000
Ho: Rendimientos de escala constante H₁: No Ho	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 229.14$	0.000
Sector 4: Minería e Hidrocarburos		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica ² H₁: Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2} \right]} = 0.00016889$	0.000
Ho: Distribución simétrica ³ (normal estándar) H₁: Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^3}{\sqrt{6 \cdot \frac{\left[\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2 / N \right]^3}{N}}} = -3.8180774$	0.0001
Ho: Distribución de errores de MCO simétricos H₁: Distribución de errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 140.33266$	0,00
Ho: Rendimientos de escala constante H₁: No Ho	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 79.63$	0,00
Sector 5: Pesca		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica ² H₁: Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2} \right]} = -0.00265415$	0.0000
Ho: Distribución simétrica ³ (normal estándar) H₁: Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^3}{\sqrt{6 \cdot \frac{\left[\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\epsilon})^2 / N \right]^3}{N}}} = -0.04577928$	0.963549

(Continúa)

H ₀ : Distribución de errores de MCO simétricos H ₁ : Distribución de errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 178.63551$	0.00
H ₀ : Rendimientos de escala constante H ₁ : No H ₀	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 49.63$	0.00
Sector 6: Manufacturas		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
H ₀ : Distribución simétrica ² H ₁ : Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = -1.68$	0.00
H ₀ : Distribución simétrica ³ (normal estándar) H ₁ : Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt{\frac{\left(\frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2}{N} \right)^3}{6 \cdot N}}} = -106.76$	0.00
H ₀ : Distribución de errores de MCO simétricos H ₁ : Distribución de errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 11744.46$	0.00
H ₀ : Rendimientos de escala constante H ₁ : No H ₀	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 506.1$	0.00
Sector 7: Construcción		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
H ₀ : Distribución simétrica ² H ₁ : Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = 0.8856278$	0.000
H ₀ : Distribución simétrica ³ (normal estándar) H ₁ : Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt{\frac{\left(\frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2}{N} \right)^3}{6 \cdot N}}} = 4.9176939$	0.5

(Continúa)

Ho: Distribución de errores de MCO simétricos H₁: Distribución de errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 51.695871$	0.000
Ho: Rendimientos de escala constante H₁: No Ho	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 96.55$	0.000
Sector 8: Comercio		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica ² H₁: Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = -1.106722$	0,000
Ho: Distribución simétrica ³ (normal estándar) H₁: Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt[6]{\frac{\left(\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 / N \right)^3}{N}}} = -6.2930875$	0.5
Ho: Distribución de Errores de MCO simétricos H₁: Distribución de Errores no simétricos (MVS)	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 410.04849$	0.000
Ho: Rendimientos de escala Constante H₁: No Ho	$-2.[L(H_0) - L(H_1)]^1 = 3420.1$	0.000
Sector 9: Restaurantes y Hoteles		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica ² H₁: Distribución no simétrica	$\sqrt{b} = \sqrt{N} \cdot \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\left[\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 \cdot \sqrt{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2} \right]} = 0.8856278$	0.000
Ho: Distribución simétrica ³ (normal estándar) H₁: Distribución no simétrica	$M3T = \frac{\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^3}{\sqrt[6]{\frac{\left(\sum (\hat{\varepsilon} - \bar{\varepsilon})^2 / N \right)^3}{N}}} = 4.9176939$	0.5

(Continúa)

Ho: Distribución de errores de MCO simétricos	$-2.[L(H_0)-L(H_1)]^1=51.695871$	0.000
H ₁ : Distribución de errores no simétricos (MVS)		
Ho: Rendimientos de escala constante	$-2.[L(H_0)-L(H_1)]^1=2101.46$	0.000
H ₁ : No Ho		
Sector 10: Resto de Servicios No Gubernamentales		
Hipótesis	Estadístico	P-Value
Ho: Distribución simétrica ²	$\sqrt{b}=\sqrt{N}.\frac{\sum\left(\hat{\varepsilon}-\bar{\hat{\varepsilon}}\right)^3}{\left[\sum\left(\hat{\varepsilon}-\bar{\hat{\varepsilon}}\right)^2\cdot\sqrt{\sum\left(\hat{\varepsilon}-\bar{\hat{\varepsilon}}\right)^2}\right]}=0.8856278$	0.000
H ₁ : Distribución no simétrica		
Ho: Distribución simétrica ³ (normal estándar)	$M3T=\frac{\sum\left(\hat{\varepsilon}-\bar{\hat{\varepsilon}}\right)^3}{\sqrt{\frac{\left[\sum\left(\hat{\varepsilon}-\bar{\hat{\varepsilon}}\right)^2/N\right]^3}{6\cdot N}}}=4.9176939$	0.000
H ₁ : Distribución no simétrica		
Ho: Distribución de errores de MCO simétricos	$-2.[L(H_0)-L(H_1)]^1=51.695871$	0.000
H ₁ : Distribución de errores no simétricos (MVS)		
Ho: Rendimientos de escala constante	$-2.[L(H_0)-L(H_1)]^1=2954.62$	0.000
H ₁ : No Ho		

Fuente: ¹ Ratio de Verosimilitud. La prueba estadística es una χ^2 con grados de libertad igual a la diferencia de parámetros estimados entre la Ho y H1. ² Prueba Schmidt & Lin (1984). La distribución del estadístico la presenta D'Agostino and Pearson (1973). ³ Prueba Coelli (1995). La distribución de estadístico tiende a una normal estándar. L, función de verosimilitud, $\hat{\varepsilon}$ errores estimados de MCO, N número de observaciones de las estimaciones.

Cuadro 2. Coeficientes de regresión de funciones de producción. Estocástica a nivel de unidades productivas o establecimientos de Perú, 2007-2015

Variable	Agrícola ²	Pecuario ²	Agropecuaria ²	Minería e Hidrocarburos ³	Pesca ⁴
lnL	0.3345***	0.9458***	0.2645***	0.7068***	0.6959***
lnK	0.1417***	0.2282***	0.1621***	0.5324***	0.4887***
lnT	0.7194***	0.1510***	0.3362***	ND	ND
Cons.	6.7897***	9.4184***	8.9343***	6.0950***	7.1531

(Continúa)

Variable	Agrícola ²	Pecuario ²	Agropecuario ²	Minería e Hidrocarburos ³	Pesca ⁴
z^1	-0.0853	-0.3495	-0.1224***	0.6944*	-1.2570***
D_{R1}	0.7894	-0.3195	0.2624**	4.0049**	-0.6754
D_{R2}	-3.0551*	1.4562	-0.0854	1.564	-0.9205***
D_{R3}	0.0022	ND	0.0467	2.7536	ND
D_{R4}	-8.1601*	1.1218	-0.8295***	2.5285***	-0.2834
D_{R5}	0.0025	N.D.	0.2935*	3.2045**	0.9716
D_{R6}	-0.0149	1.201	0.0994	3.6156**	-1.1515
D_{R7}	ND	-7.5625	-4.6325	-1.5818	-0.8015**
D_{R8}	1.2951	1.9100*	-0.1085	3.0554***	1.315
D_{R9}	1.017	3.1523**	0.2881*	0.9956	ND
D_{R10}	0.6608	2.5126*	0.1374	2.1558*	-3.3320*
D_{R11}	-4.7319**	-0.9648	-0.5072***	2.2835***	-1.0680***
D_{R12}	-0.476	0.9575	-0.2789*	1.6703*	-0.509
D_{R13}	-1.6615	-0.6429	0.086	1.7775*	-0.6633
D_{R14}	-0.7667	1.8320*	0.1234	2.9874***	-1.4711***
D_{R15}	-7.7282**	-1.1871	-0.7779***	2.2936**	-0.7230*
D_{R16}	1.7806	-0.6432	-0.0568	0.2821	-0.6014
D_{R17}	1.6577*	1.0125	0.4390***	1.5743**	0.7137
D_{R18}	-1.4263	2.6224**	-0.5418***	-35.2883	-0.4283
D_{R19}	-1.6109	0.8178	-0.3585**	2.0187**	-1.0539
D_{R20}	-2.9036*	2.3006*	-0.0353	-2.9279	-1.1560***
D_{R21}	1.2042	3.1302***	0.5195***	3.6109***	0.4055
D_{R22}	1.3675*	1.3932	0.3702***	-6.2243	-0.3703
D_{R23}	-3.3838*	0.7547	-0.4613***	1.7665	-0.9835**
D_{R24}	-8.2967**	ND	-0.4977***	-0.3426	-0.4926
D_{R25}	ND	ND	ND	1.612	ND
Transform,					
$\hat{\sigma}_U$	2.0938***	1.5158**	0.549	1.128	0.3114
$\hat{\sigma}_V$	0.738***	0.693	0.6868	0.8506	1.4672
Estadísticos					
Log-lik	-4200	-510	-3900	-1300.00	-3300.00
N	2818	293	3043	866.00	1782.00
χ^2	9000	521.9584	2500	5800.00	6900

(Continúa)

Variable	Manufacturas	Construcción	Comercio	Alojamiento y Restaurantes	Otros Servicios NG
InL	0.4228***	0.6623***	0.5169***	0.4239***	0.6096***
InK	0.4562***	0.4678***	0.7784***	1.0293***	0.6851***
Trend	0.0882***	-0.4183***	-0.2808***	-0.3797***	-0.2307***
Cons,	8.4567***	6.2381***	8.3534	6.5588***	5.8217
z ¹	-0.9663***	-1.1059***	-0.8520***	-1.6817***	-0.7629***
D _{R1}	5.8306***	0.1589	0.4496***	0.7017*	0.3682**
D _{R2}	2.7660***	-0.3679**	-0.0227	-1.6045***	-7.47E-02
D _{R3}	-0.5825	-0,8020*	-0.2446**	-1.6676**	0.4402**
D _{R4}	-4.1572***	0.4475***	0.1227**	-2.9838***	5.58E-02
D _{R5}	3.4705***	-0.1988	0.0799	-1.1473**	8.56E-02
D _{R6}	4.8973***	-0.0013	-0.0473	-1.1386**	0.2072*
D _{R7}	-9.1839***	0.2641	0.1007	-1.5266***	-0.4614***
D _{R8}	3.8528***	0.1777	0.0459	-2.4739***	-7.56E-02
D _{R9}	7.0380***	-0.0451	0.5642***	-1.6676**	0.3701*
D _{R10}	3.5458***	0.4859**	0.0064	-0.2641	3.01E-02
D _{R11}	0.5143	0.3254*	0.3424***	-1.2463***	8.97E-02
D _{R12}	2.8954***	-0.0881	-0.0771	-2.1081***	-7.10E-03
D _{R13}	-2.9800***	-0.0912	0.2037***	-1.7494***	4.23E-02
D _{R14}	1.7111*	0.0949	0.1192*	-0.8553***	1.39E-01
D _{R15}	-18.5029***	ND	-0.1248**	-3.4297***	-0.4409***
D _{R16}	0.871	0.7320***	ND	-0.0261	1.28E-01
D _{R17}	4.3662***	1.4389***	0.9460***	0.7867**	1.1214***
D _{R18}	2.8857**	0.9189***	0.6527***	-1.4186**	0.4302***
D _{R19}	5.8185***	0.0717	0.1783*	-0.6427	1.94E-01
D _{R20}	2.0819**	0.1179	0.1772***	-0.3843	0.1956*
D _{R21}	6.3987***	0.3024	0.2352***	-1.6697***	ND
D _{R22}	1.5684*	0.7361***	0.0605	-0.449	2.17E-02
D _{R23}	-0.1811	0.1827	0.0956	-1.8006***	0.1955*
D _{R24}	4.7189***	0.7264***	0.6015***	0.9348***	0.4353***
D _{R25}	ND	0.3027*	0.1972***	ND	2.10E-03
Transform,					
$\hat{\sigma}_U$	5.9816***	0.427	0.3553	1.7842	0.1204
$\hat{\sigma}_V$	0.6549***	1.457	1.3324	1.2164	1.455

(Continúa)

Variable	Manufacturas	Construcción	Comercio	Alojamiento y Restaurantes	Otros Servicios NG
Estadísticos					
Log-lik	-48 000	-9900	-86 000	-25 000	-40 000
N	24 055	5385	49 271	13 568	22 382
χ^2	54 000	18 000	120 000	36 000	90 000

Fuente: INEI-ENAH0 (2019), INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), Cuadro A3. Elaboración propia. Para cada sector, las regresiones combinan empresas formales e informales de las tres fuentes de base de datos. * Significativo al 10% ** Significativo al 5% *** Significativo al 1%. ¹ La variable 'z' es el logaritmo del ingreso real per cápita distrital obtenido de PNUD (2013). Los coeficientes de variable de tiempo usado en las regresiones ha sido una variable de tendencia (respecto al año de la observación); excepto para: ² Los sectores agrícolas, pecuario y agropecuario corresponden al año 2015; ³ Los coeficientes de las variables binarias de tiempo para minería son: -1.243*** (año 2008); -0.895*** (2009); -0.832*** (año 2010); -1.038 (año 2011)***; -0.857*** (año 2012); -1.112*** (año 2013); -1.067*** (año 2014)). ⁴ Los coeficientes de las variables binarias de tiempo para pesca son: 1.955*** (año 2007); 1.203*** (2008); 1.021*** (año 2009); 0.634 (año 2010)***; -0.548* (año 2011); 0.311 (año 2012); 0.06 (año 2013). ND: No disponible.

Cuadro 3. Promedios ponderados de los Índices de Eficiencia Técnica por sectores y departamentos¹ de la muestra (Empresas formales e informales) (%)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon
Amazonas	40.67	24.34	5.77	8.35	3.8	30.08	27.94	2.4	24.94	7.67	12.61
Áncash	65.63	20.08	10.69	47.71	13.69	51.2	37.89	4.99	49.52	14.54	29.01
Apurímac	48.16	ND	5.9	40.2	ND	39.93	50.2	5.07	39.55	6.39	19.55
Arequipa	74.97	60.76	22.89	24.91	8.76	53.21	28.97	5.67	57.63	16.38	42.08
Ayacucho	43.57	ND	5.9	45.02	0.79	52.79	34.87	4.21	39.81	10.5	23.92
Cajamarca	42.99	18.22	6.79	18.09	9.57	46.75	28.36	4.02	47.09	10.87	17.28
Callao	ND	76.09	86.74	61.00	14.19	53.43	32.02	5.21	35.21	22.9	45.00
Cusco	43.68	4.15	8.58	32.2	ND	48.93	34.46	6.02	46.13	15.99	28.62
Huancavelica	66.61	7.02	4.77	56.56	0.66	63.37	35.92	2.37	56.07	7.61	59.44
Huánuco	45.92	2.22	7.18	53.32	38.34	38.33	24.04	0.13	46.92	12.98	20.16
Ica	7.45	28.29	12.07	31.03	12.36	33.36	19.84	3.27	33.49	12.21	28.33
Junín	58.39	12.4	20.29	42.75	5.23	37.8	31.63	4.95	44.3	14.53	25.95
La Libertad	59.59	27.91	19.2	33.67	6.91	36.65	36.94	5.07	57.25	15.79	29.96
Lambayeque	59.19	15.97	7.12	23.83	13.98	31.59	21.69	4.15	40.32	11.4	19.52
Lima	77.81	46.87	26.05	58.11	21.27	54.01	46.06	8.99	35.68	32.7	38.00
Loreto	33.89	40.57	16.79	60.45	12.75	40.48	13.04	4.83	47.71	11.92	43.15
Madre de Dios	58.61	11.19	7.91	49.18	2.29	43.39	13.79	2.2	41.42	5.9	22.95

(Continúa)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon.
Moquegua	69.31	8.87	13.14	96.41	15.46	37.93	14.45	3.33	56.57	14.71	42.81
Pasco	51.45	23.4	13.86	41.7	6.65	43.86	17.83	4.01	49.73	10.23	31.82
Piura	73.66	6.26	17.1	79.37	16.15	36.47	23	3.82	37.44	11.38	49.73
Puno	37.6	6.2	4.04	48.2	0.78	45.73	17.93	4.1	47.02	14.31	27.68
San Martín	44.65	23.98	5.4	84.36	8.75	46.2	11.83	5.1	49.62	14.34	26.82
Tacna	63.2	14.74	15.96	33.63	28.34	36.85	31.24	5.82	58.1	17.27	26.82
Tumbes	80.42	ND	11.77	61.79	8.2	30.04	16.92	2.42	29.08	8.35	30.68
Ucayali	49.19	25.42	7.08	54.23	3.67	45.25	21.13	3.49	47.21	11.65	45.25
Total Nacional	70.5	39.21	16.38	55.3	16.23	51.68	42.51	8.42	38.41	29.05	37.94

Fuente: INEI-ENAH0 (2019), INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), Cuadro A3. Elaboración propia. Para cada sector, las regresiones combinan empresas formales e informales de las tres fuentes de base de datos. ND: no disponible. Los estimados de los IET provienen de la ecuación (8).

Cuadro 4. Promedios ponderados de los Índices de Eficiencia Técnica por sectores y departamentos¹ de la muestra de empresas formales (%)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon.
Amazonas	37.12	24.34	5.68	ND	ND	27.7	27.95	2.41	24.82	7.67	12.46
Áncash	65.66	20.08	11.18	55.3	13.69	51.2	37.89	5	49.65	14.54	29.02
Apurímac	37.85	ND	5.4	40.2	ND	40.14	50.19	5.08	39.75	6.39	19.56
Arequipa	74.57	60.76	23.28	24.91	8.76	53.21	28.97	5.67	57.65	16.38	42.08
Ayacucho	42.32	ND	6.16	45.03	ND	53.24	34.87	4.22	39.9	10.49	23.97
Cajamarca	36.72	18.22	5.85	18.09	9.57	46.82	28.36	4.58	47.12	10.87	17.28
Callao	ND	76.09	ND	61	14.19	53.43	32.02	5.21	35.21	22.9	45.01
Cusco	44.26	4.15	9.61	32.2	ND	48.95	34.46	6.02	46.13	15.99	28.63
Huancavelica	68.77	7.02	4.38	56.56	ND	63.38	35.93	2.39	56.54	7.62	59.49
Huánuco	47.62	2.22	7.5	53.32	38.34	38.36	24.08	5.63	47.29	12.98	20.18
Ica	74.52	28.29	12.27	31.03	12.36	33.36	19.85	3.28	33.49	12.21	28.33
Junín	60.94	12.4	20.99	42.75	5.23	37.7	31.64	4.95	44.3	14.53	25.95
La Libertad	59.58	27.91	19.35	33.67	6.91	36.65	36.94	5.07	57.29	15.79	29.96
Lambayeque	59.18	15.97	7.05	23.76	14.01	31.59	21.69	4.15	40.34	11.4	19.52
Lima	77.81	46.87	26.41	58.11	21.27	54.01	46.06	8.99	35.68	32.7	38.00
Loreto	33.19	40.57	17.27	60.45	12.79	40.49	13.04	4.83	47.76	11.92	43.16
Madre de Dios	62.84	11.19	8.39	58.44	ND	43.49	14.21	2.21	41.54	5.91	22.93
Moquegua	69.73	8.87	12.65	96.41	15.46	37.95	14.45	3.33	56.71	14.7	42.82

(Continúa)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon.
Pasco	50.43	23.4	15.64	41.7	6.65	43.9	17.83	4.02	51.53	10.23	31.83
Piura	73.67	6.26	18.34	79.37	16.15	36.47	23	3.82	37.46	11.38	49.74
Puno	37.18	6.2	4.29	48.26	ND	45.74	17.94	4.11	47.04	14.31	27.72
San Martín	44.45	23.98	5.23	ND	10.31	46.2	11.83	5.11	49.77	14.34	26.82
Tacna	62.7	14.74	16.84	33.63	28.34	36.86	31.25	5.83	58.21	17.27	30.71
Tumbes	80.34	ND	12.11	61.79	8.2	30.29	16.93	2.43	29.06	8.35	18.03
Ucayali	51.38	25.42	7.25	54.23	3.67	45.25	21.14	3.49	47.45	11.65	45.25
Total Nacional	70.59	39.21	17.46	55.15	16.23	51.68	42.51	8.42	38.41	29.05	37.94

Fuente: INEI-ENAH0 (2019), INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), Cuadro A3. Elaboración propia. Para cada sector, las regresiones combinan empresas formales e informales de las tres fuentes de base de datos. ND: no disponible. Los estimados de los IET provienen de la ecuación (8).

Cuadro 5. Promedios ponderados de los Índices de Eficiencia Técnica por sectores y departamentos de la muestra de empresas informales (%)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon.
Amazonas	46.75	ND	5.94	8.35	3.8	58.9	20.96	2.15	31.26	6.22	19.15
Áncash	63.95	ND	8.96	32.94	8.09	11.7	32.58	4.33	38.68	13.32	15.30
Apurímac	51.16	ND	6.48	18.93	ND	5.68	52.86	3.94	32.71	6.31	11.14
Arequipa	79.02	ND	18.57	39.38	6.71	15.26	18.12	3.87	45.38	11.3	21.25
Ayacucho	48.73	ND	5.16	9.76	0.79	9.13	23.35	2.72	30.78	7.49	9.65
Cajamarca	55.42	ND	7.39	1.82	18.77	18.9	19.18	3.79	28.61	7.23	15.10
Callao	ND	ND	86.74	ND	12.7	8.86	25.24	4.05	43.02	17.44	21.64
Cusco	43.03	ND	7.35	17.79	ND	18.68	26.46	3.47	37.2	10.63	12.24
Huancavelica	46.98	ND	4.91	46.09	0.66	3.88	27.15	1.52	35.21	4.62	9.38
Huánuco	44.46	ND	6.2	20.39	ND	11.15	14.29	3.46	33.95	10.89	12.42
Ica	71.59	ND	11.09	29.57	10.21	18.07	17.32	2.57	35.9	9.76	18.59
Junín	52.31	ND	10.67	9.24	8.79	24.49	26.84	3.78	44.05	10.13	16.95
La Libertad	63.07	ND	6.93	55.48	6.57	14.77	27.27	3.53	42.55	12.79	15.10
Lambayeque	64.09	ND	7.31	28.3	7.28	24.25	17.85	3.02	36.85	8.71	13.91
Lima	78.01	ND	14.86	26.17	8.79	18.65	32.81	5.64	43.32	20.07	18.49
Loreto	36.04	ND	9.95	ND	3.27	7.04	12.26	3.64	29.22	9.22	5.49
Madre de Dios	38.53	ND	4.68	43.7	2.29	17.91	8.00	1.8	34.74	4.43	25.33
Moquegua	67.05	ND	13.81	ND	14.52	12.44	15.93	3.47	52.26	10.8	17.48
Pasco	54.84	ND	10.88	16.05	6.31	4.34	20.85	2.86	25.15	7.85	10.21

(Continúa)

Departamento	Agri.	Pec.	Agrop.	Min.	Pesca	Manu.	Cons.	Com.	A&R	RS	Prom. Pon.
Piura	67.88	ND	8.64	72.55	18.21	14.45	20.18	2.99	30.15	8.12	12.90
Puno	38.48	ND	3.9	35.24	0.78	18.75	10.46	2.31	39.84	9.61	11.19
San Martín	46.42	ND	6	84.36	6.68	12.79	10.76	2.59	36.8	10.63	17.06
Tacna	65.4	ND	13.86	ND	9.14	8.56	23.41	4.13	45.33	8.74	11.53
Tumbes	81.48	ND	9.92	34.74	6.99	11.77	11.8	2.08	36.09	6.7	13.23
Ucayali	37.32	ND	6.5	34.89	3.85	10.65	15.85	2.94	33.64	10.17	10.65
Total Nacional	58.96	ND	10.13	40.47	8.65	18.77	21.19	3.28	37.71	11.55	15.49

Fuente: INEI-ENAH0 (2019), INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), Cuadro A3. Elaboración propia. Para cada sector, las regresiones combinan empresas formales e informales de las tres fuentes de base de datos. ND: no disponible. Los estimados de los IET provienen de la ecuación (8).

Por lo expresado anteriormente y en la sección II.D ‘Interpretación de los IET por la diversidad de bases de datos’, si bien los valores de los IET no son comparables entre sí, la heterogeneidad de los órdenes de magnitud de los estimados IET es evidente. Existen diversos factores que la literatura de los determinantes de los IET propone sobre las explicaciones de la heterogeneidad sectorial de los IET³³, dichas explicaciones son parte de la agenda futura de investigación.

En tercer lugar, los órdenes de magnitud de los IET de la muestra de unidades productivas de la región Lima, la más desarrollada de Perú, fueron los mayores en cinco de los diez sectores analizados. Más aún, en cada uno de esos cinco sectores³⁴, las empresas de Lima fueron las de niveles de eficiencia técnica más altos. De manera similar, en las dos siguientes regiones relativamente más desarrolladas —Arequipa y Callao— los órdenes de magnitud de los IET fueron mayores en cuatro de los diez sectores, y en cada sector los IET fueron uno de los dos más altos. En contraste, de las regiones menos desarrolladas y pobres, los órdenes de magnitud de los IET fueron bajos en casi todos los sectores productivos.

33 Estos factores se dividen en externos e internos a las empresas y sus respectivas ubicaciones geográficas. Entre los factores externos figuran la infraestructura pública, retraso en la adopción y difusión de tecnología y falta de innovación, y deficiente asignación de recursos entre empresas o sectores (por ejemplo, Thompson, Vostroknutova, Wacker y Clavijo, 2006). Entre los factores internos figuran: deficiencias en la organización de las empresas, subcontratación de factores productivos, tamaño de la empresa, apoyo del gobierno, productividad, labor y experiencia (por ejemplo, Badunenko, Fritsch, y Stephan, 2005; Tran, Quentin, Kompas, 2008; y Arbelo, 2016).

34 Agricultura, pesca, manufactura, construcción y comercio.

Por último, los IET de las unidades productivas formales siguen el mismo patrón de los índices de eficiencia técnica de la muestra total, dado que el valor de producción de las unidades formales representó 98.9% del valor de producción total de la muestra. De otro lado, en general, para cada sector y región, las unidades productivas informales fueron más ineficientes técnicamente que las formales³⁵. El IET promedio general de las unidades informales (15.49) es equivalente a 40.8% del respectivo promedio ponderado del IET de las unidades formales (37.94). Esto implica que las unidades productivas informales eficientes técnicamente producirían 6.5 veces³⁶ más de lo que actualmente producen con los factores e insumos productivos utilizados.

IV. Resumen y conclusiones

Este trabajo ha estimado los índices de eficiencia técnica de 116 875 empresas (83 271 formales y 33 604 informales) de Perú distribuidas en 25 regiones y diez sectores productivos (agricultura, pecuario, agropecuario, minería —incluyendo hidrocarburos—, pesca, manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes, y resto de servicios no gubernamentales, los cuales incluyen sectores de información y comunicación; financieros y seguros, inmobiliario, servicios profesionales, científicos y técnicos, servicios administrativos y de apoyo, educación y salud privada, y servicios de entretenimiento). Las estimaciones produjeron un índice general de eficiencia de las unidades productivas (consideradas en las muestras) para todas las regiones y sectores de Perú de 37.94 medido en una escala de 0 a 100. Esto indica que el producto total de las empresas de la muestra total se multiplicaría por 2.64 sin requerir insumos o factores productivos adicionales en la medida que estas fueran técnicamente eficientes. Dicho valor del índice es consistente con los diversos estudios que reportan baja productividad total factorial, PTF peruana³⁷. Mientras las empresas sean ineficientes técnicamente intervenciones del gobierno o del sector privado que induzcan comportamientos técnicamente eficientes

35 Las unidades productivas informales tuvieron IET mayores que las formales cuando en la muestra dominaban las unidades productivas informales —sectores agrícola, pecuario o agropecuario— o cuando el número de unidades productivas era muy bajo y de poca representatividad en producción y/o empleo de la muestra.

36 La producción potencial sería (1/0,1549) igual a 6,5 veces el producto actual.

37 Céspedes, Lavado, y Ramírez Rondán (2016) y Tello (2017).

en los procesos productivos de las empresas pueden contribuir a incrementar la PTF de la economía, probablemente a menor costo y tiempo³⁸.

Paralelamente, las unidades productivas en las muestras con relativamente altos órdenes de magnitud de IET fueron aquellas de los sectores agrícola (moderno), minero, manufactura y construcción y los de menores valores fueron comercio, pesca, agropecuario, y servicios. Según el pronóstico, en general, para cada sector y/o departamento las unidades productivas informales fueron más ineficientes técnicamente que las formales. El IET general de las unidades informales es equivalente a 40.8% del respectivo promedio ponderado de las unidades productivas formales.

Finalmente, los resultados de los índices comparables muestran una gran heterogeneidad por sectores, regiones, y firmas lo cual implica brechas importantes en productividad. Existen diversos trabajos que abordan este tema y el crecimiento económico y se concentran en cuatro grupos de diferencias: atributos de la fuerza laboral como el nivel educativo o del capital humano, y la capacidad de éste de producir innovaciones tecnológicas; niveles de existencias de capital e infraestructura productiva; aspectos geográficos e institucionales locales o regionales y diferencias en especialización sectorial asociadas a la estructura o composición productiva de cada región. Explicar y cerrar las brechas de eficiencia y productividad en Perú son metas que la agenda futura requiere.

Reconocimientos

Este artículo deriva del proyecto *Mapa de Potencialidades Económicas y Productivas* financiado por el BID, auspiciado por el Ministerio de Economía y Finanzas de Perú. El autor agradece la asistencia de Carlos A. Pérez, José Mendoza

38 Los estudios que identifican factores internos que reduzcan la ineficiencia de las firmas son muy escasos. La mayor parte de la literatura enfatiza en los factores externos o básicos del proceso de producción. Cabe señalar que el trabajo de Page (1980) para Ghana indica que:

"a corto plazo, los resultados sugieren que un margen sustancial para mejorar el desempeño social de las empresas dentro de las industrias existentes puede derivarse de programas para mejorar la eficiencia técnica de las empresas individuales. Los intentos rudimentarios de explicar las fuentes de la eficiencia técnica indican que los esfuerzos para aumentar el nivel de educación de los gerentes con respecto a los aspectos técnicos del proceso de producción, una supervisión más intensiva de la mano de obra y las políticas diseñadas para aumentar la utilización de la capacidad instalada deberían rendir beneficios en términos de mejor desempeño y reducción de costos sociales" (p. 338).

y Pablo Rojas y los comentarios pertinentes de los revisores del documento, los cuales han mejorado la calidad del artículo.

Referencias

1. Arbelo, M. (2016). *Factores determinantes de la eficiencia económica: evidencias de la industria hotelera en España* (Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña).
2. Badunenko, O., Fritsch M., & Stephan A. (2005). What determines technical efficiency of FIRMS? Evidence from a representative Panel of German Manufacturing Firms. Mimeo German Institute for Economic Research (DIW Berlin).
3. Battese, G. E., & Corra, G. S. (1977). Estimation of a production frontier model: With application to the pastoral zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agriculture Economics*, 21, 169–179.
4. Banco Mundial. (2015). *Perú siguiendo la senda del éxito: Productividad para impulsar el crecimiento*. Resumen Ejecutivo, Grupo Banco Mundial. Washington D. C.
5. Belotti, F., Daidone, S., Ilardi G., & Atella V. (2013). Stochastic frontier analysis using Stata. *Stata Journal* 13, Number 4, pp. 719–758.
6. Bravo-Ureta, B., & Pinheiro, A. (1993). Efficiency analysis of developing country agriculture: A review of the frontier function literature. *Agricultural and Resource Economics Review*, abril, 88–101.
7. Céspedes, N., Aquije, M., Sánchez, A., & Vera-Tudela R. (2014). Productividad sectorial en el Perú: un análisis de firmas. *Revista Estudios Económicos*, 28, 9–26, BCRP.
8. Coelli, T. J., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. USA: Kluwer Academic Publisher.

9. Collins, T. (2019). Pursuing efficiency: A data envelopment analysis of MFIs in Latin America. *Applied Economics Letters*, 26(6), 480-484.
10. D'Agostino, R. B. & Pearson, E. S. (1973). Tests for departure from normality. Empirical results for the distributions of b_2 and $\sqrt{b_1}$. *Biometrika*, 60, 613-622.
11. Gumbau, M. (1998). Regional technical efficiency: A stochastic frontier approach. *Applied Economics Letters*, Vol. No11, 723-726.
12. INEI-ENAH0. (2019). Encuesta Nacional de Hogares. 2008-2015. <http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>
13. INEI-EEA. (2019). Encuesta Económica Anual (EEA), 2008-2015. <http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>
14. INEI-ENA. (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014-2015. <http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>
15. INEI. (2017). *Perú: Evolución de los indicadores de empleo e ingresos por departamento, 2007-2016*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1441/libro.pdf
16. INEI. (2014). *Producción y empleo informal en el Perú: Cuenta satélite de la economía informal 2007-2012*. INEI.
17. Kumbhakar, S., Wang, H., & Horncastle, A. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. Cambridge University Press.
18. Kumbhakar, S., Ray S., & Dua, P. (eds.) (2015). *Benchmarking for performance evaluation: a production frontier approach*. Springer.
19. Kumbhakar, S., & Wang, H. (2010). Estimation of technical inefficiency in production frontier models using Cross-Sectional. *Indian Economic Review*, New Series, 45(2) 7-77. Performance Measurement: Methodological and Empirical Issues, July-December,

20. Kumbhakar, S., & Lovell C. (2000). *Stochastic frontier analysis*, Cambridge University Press.
21. Laha, A. (2013). Technical efficiency in agricultural production and access to credit in west Bengal, India: A stochastic frontier approach. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 1(2), 53-64.
22. Lee, J. (2005). Comparing SFA and DEA methods on measuring production efficiency for forest and paper companies. *Forest Products Journal*, 55(7/8), 51-56.
23. Lovell, K. (1993). Production frontiers and productive efficiency. Fried-Lovell-Schmidt (eds.), *The measurement of productivity efficiency: Techniques and applications*. Oxford University Press.
24. Machado, N., Piovesan, V., Arruda, D., & Schuh A. (2018). The performance of agriculture in Latin America: Analyzing, efficiency and efficacy in the region. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 26(2), 33-44.
25. Mekonnen, D., Spielman, D., & Fonsah, E. (2012). *Innovation systems and technical efficiency in developing-country agriculture*. Presentado en la Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Birmingham.
26. Céspedes, N., Aquije, M., Sánchez, A., & Vera-Tudela, R. (2014). Productividad sectorial en el Perú: un análisis a nivel de firmas. *Revista de Estudios Económicos*, (28), 9-26.
27. Céspedes, N., Lavado, P., & Ramírez, N. (ed.) (2016). *Productividad en el Perú: medición, determinantes e implicancias*. Fondo Editorial, Universidad del Pacífico.
28. Coelli, T. (1995). Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: A Monte Carlo analysis. *Journal of Productivity Analysis*, (6), 247-268.

29. PNUD. (2013). *Informe Sobre el Desarrollo Humano, Perú 2013, Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible*. Autor.
30. Safiullah, M., & Shamsuddin A. (2022). Technical efficiency of Islamic and conventional banks with undesirable output: Evidence from a stochastic meta-frontier directional distance function. *Global Finance Journal*, Volume 51, February 2022, 100547.
31. Saliola, F., & Seker, M. (2012). *Measuring total factor productivity using micro-level data from enterprise surveys* (Working Paper). Enterprise Analysis Unit Finance and Private Sector Development Vice-Presidency World Bank.
32. Saliola, F., & Seker, M. (2011). Total factor productivity across the developing world. Enterprise Surveys, *Enterprise Note Series*, 23, pp. 1-8.
33. Schmidt, P., & Lin, T-F. (1984). Simple tests of alternative specifications in stochastic frontier models. *Journal of Econometrics*, (24), 349-361.
34. Shanmugam, K., & Venkataramani, A. (2006). Technical efficiency in agricultural production and its determinants: An exploratory study at the district level. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 169-184.
35. Stevenson, R. (1980). Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation, *Journal of Econometrics*, (13), 58-66.
36. Thiam, A., Bravo-Ureta, B., & Rivas, T. (2001). Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural Economics*, (25), 235-243.
37. Tello, M. D. (2017). *La productividad total de factores agregada en el Perú: Nacional y departamental*. INEI.
38. Tello, M. D. (2013). *Mediciones del cambio estructural en el Perú: un análisis regional* (DT-Dpto. Economía). PUCP.

39. Thompson, J., Vostroknutova, E., Wacker, K. M., & Clavijo, M. (eds.) (2006). *Understanding the Income and Efficiency Gap in Latin America and the Caribbean*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23960>
40. Tran, T., Quentin, R., & Kompas, T. (2008). Firm efficiency in a transitional economy: Evidence from Vietnam. *Asian Economic Journal*, 22(1), 47-66.
41. Valderrama, A., Neme, O., & Ríos, H. (2015). Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México. *Investigación Económica*, 74(294), 1-38.
42. Wanke, P., Md. Abul Kalam, A., & Pestana, C. (2016). Financial distress and the Malaysian dual baking system: A dynamic slacks approach. *Journal of Banking & Finance*, 66(C), 1-18.

Anexos

Cuadro A1. Muestra de empresas formales e informales por sectores y regiones 2007-2014

Sector	Agricultura		Pecuario	Agropecuario		Minería		Pesca	
Dpto.	Formal	Informal	Formal	Formal	Informal	Formal	Informal	Formal	Informal
Amazonas	28	74	1	109	139	0	2	0	2
Ancash	127	42	6	101	72	15	5	199	38
Apurímac	10	34	0	27	51	1	1	0	0
Arequipa	75	37	10	42	31	20	66	30	49
Ayacucho	45	36	0	39	44	4	7	0	2
Cajamarca	28	43	6	35	94	4	1	4	1
Callao	0	0	1	0	1	19	0	124	6
Cuzco	46	65	11	84	148	11	12	0	0
Huancavelica	12	32	4	22	84	11	6	0	1
Huánuco	53	110	4	65	101	4	6	1	0
Ica	152	40	23	26	22	17	40	111	61
Junín	37	70	5	28	93	28	2	4	3
La Libertad	57	27	24	37	40	16	6	14	10
Lambayeque	87	33	11	44	56	2	25	18	20
Lima	213	42	76	57	23	197	4	384	24
Loreto	14	14	23	66	23	26	0	2	34
Mad. de Dios	78	46	7	88	37	1	96	0	18
Moquegua	24	28	10	28	40	4	0	75	28
Pasco	24	55	8	34	68	28	4	3	1
Piura	112	59	6	47	62	125	3	183	29
Puno	41	22	30	77	210	2	27	0	15
San Martin	128	120	6	159	90	0	1	1	4
Tacna	63	44	7	46	41	2	0	24	24
Tumbes	125	34	0	42	22	5	1	90	109
Ucayali	65	57	9	72	41	8	1	4	32
Total	1644	1164	288	1375	1633	550	316	1271	511

Fuente: INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), INEI-ENAH0 (2019).

Cuadro A1. Muestra de empresas formales e informales por sectores y regiones 2007-2014

Sector	Manufactura		Construcción		Comercio		Rest. y Hot.		Otros Sectores	
Dpto.	Formal	Informal	Formal	Informal	Formal	Informal	Formal	Informal	Formal	Informal
Amazonas	42	158	34	38	237	352	26	87	87	187
Ancash	202	207	131	66	993	419	82	132	325	301
Apurímac	73	40	14	12	227	141	12	42	55	72
Arequipa	810	262	202	113	2098	504	312	130	791	417
Ayacucho	63	111	24	36	289	276	24	68	120	148
Cajamarca	198	309	63	27	678	241	89	63	247	152
Callao	1033	151	91	52	991	252	49	88	491	172
Cuzco	144	310	57	81	778	437	266	119	323	202
Huancavelica	7	67	7	10	94	195	12	48	47	58
Huánuco	129	190	35	85	601	379	67	173	231	265
Ica	409	245	74	121	751	620	130	225	360	363
Junín	216	331	88	82	1149	559	105	220	368	298
La Libertad	624	239	152	72	1736	389	112	131	623	230
Lambayeque	418	342	80	92	1152	585	123	178	390	485
Lima	12167	681	2185	231	20557	1106	1105	366	8497	831
Loreto	242	189	32	53	953	516	123	275	273	334
Mad. de Dios	53	163	3	60	232	646	45	317	75	353
Moquegua	104	113	37	66	291	309	40	88	120	189
Pasco	51	95	34	33	227	283	14	81	89	154
Piura	328	339	112	58	1228	608	126	180	426	517
Puno	100	444	31	46	403	461	95	115	231	192
San Martín	255	196	30	67	907	515	89	166	371	287
Tacna	182	134	39	87	509	402	76	107	199	270
Tumbes	54	168	21	67	236	475	27	128	86	428
Ucayali	380	287	55	90	623	662	77	322	237	378
Total	18284	5771	3631	1745	37940	11332	3226	3849	15062	7283

Fuente: INEI-EEA (2019), INEI-ENA (2016), INEI-ENAH0 (2019). Elaboración propia.

Cuadro A2. Representatividad de la muestra en valor de producción (S_{VP}) y empleo (S_L) por sectores y departamentos (%)

Departamentos	Agropecuario ¹		Minería		Pesca		Manufacturas	
	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L
Amazonas	0,56	4,86	0,0001	0,03	0,12	0,01	0,42	0,54
Áncash	3,55	6,13	3,23	9,96	44,93	4,40	33,03	7,17
Apurímac	0,16	0,74	12,94	2,78	0,00	0,00	0,94	0,45
Arequipa	8,65	33,29	6,85	4,48	34,21	0,25	39,61	22,82
Ayacucho	0,24	2,00	2,12	1,85	0,10	0,002	0,27	0,29
Cajamarca	0,20	1,09	7,86	4,85	72,59	0,01	1,22	0,38
Callao	9,36	0,001	19,54	110,70	22,27	1,82	2,26	2,68
Cusco	0,28	1,48	3,63	9,03	0,00	0,00	3,41	0,87
Huancavelica	0,54	0,69	5,61	3,05	0,01	0,01	96,61	3,71
Huánuco	0,36	2,05	7,84	1,28	0,68	0,001	4,60	1,03
Ica	41,70	62,70	22,45	12,20	49,43	2,71	16,87	58,06
Junín	1,36	1,65	10,00	2,66	81,70	0,14	19,11	5,06
La Libertad	14,82	5,91	5,67	6,61	17,47	0,13	46,61	28,27
Lambayeque	12,17	12,96	0,63	0,20	16,59	0,07	24,78	14,97
Lima	24,96	7,82	2,14	1,55	91,68	0,61	53,72	33,57
Loreto	3,27	3,13	32,33	45,79	1,06	0,02	13,15	5,84
Madre de Dios	16,52	10,43	0,02	1,23	0,29	0,11	8,71	8,11
Moquegua	2,20	10,16	5,80	4,08	73,43	10,60	0,44	8,00
Pasco	1,41	2,11	18,11	11,03	40,07	0,05	8,29	1,73
Piura	15,94	7,59	63,75	35,08	42,30	3,70	8,12	6,07
Puno	0,23	0,40	2,01	0,14	0,002	0,004	9,30	0,70
San Martín	10,16	21,39	0,0002	0,09	0,13	0,004	33,92	5,82
Tacna	7,79	40,95	7,17	5,78	33,01	0,79	27,29	8,11
Tumbes	2,66	19,90	14,46	104,15	44,73	12,16	1,00	0,98
Ucayali	2,45	2,35	19,12	19,58	0,64	0,03	35,17	10,01
Total Nacional	12,08	6,53	11,86	7,34	54,20	0,88	40,18	21,15
Departamentos	Construcción		Comercio		Hotel y Resta.		Otros Servicios	
	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L	S_{VP}	S_L
Amazonas	1,10	0,63	3,10	1,01	5,19	1,06	0,04	0,48
Áncash	2,21	1,26	7,95	1,58	2,94	1,13	0,04	2,74
Apurímac	0,32	0,15	5,46	0,66	0,73	0,33	0,02	3,16
Arequipa	3,76	3,56	11,75	5,04	7,94	2,64	0,05	3,33

(Continúa)

Departamentos	Construcción		Comercio		Hotel y Resta.		Otros Servicios	
	S _{VP}	S _L	S _{VP}	S _L	S _{VP}	S _L	S _{VP}	S _L
Ayacucho	1,75	0,98	4,59	0,80	2,76	0,47	0,03	0,80
Cajamarca	2,20	2,49	6,77	1,52	4,72	1,41	0,03	1,42
Callao	ND	5,13	ND	5,91	ND	2,84	ND	18,06
Cusco	1,14	1,25	9,05	1,53	14,45	6,74	0,05	1,86
Huancavelica	0,27	0,51	1,67	0,47	1,86	0,51	0,03	0,43
Huánuco	1,41	0,78	8,85	1,42	2,10	0,64	0,05	3,76
Ica	2,93	6,37	6,56	1,68	13,57	4,41	0,06	2,53
Junín	1,79	1,01	5,73	1,26	2,37	0,62	0,05	5,23
La Libertad	14,59	3,73	10,81	2,66	4,36	0,85	0,05	4,90
Lambayeque	1,66	1,47	10,87	3,13	4,66	1,32	0,04	2,64
Lima	18,02	16,17	58,26	14,45	9,23	6,33	0,03	32,90
Loreto	2,64	0,84	11,40	2,55	9,12	1,47	0,04	2,15
Madre de Dios	0,18	0,65	8,42	3,38	21,56	6,07	0,05	1,26
Moquegua	3,75	9,31	6,85	2,49	2,33	2,01	0,05	8,03
Pasco	3,06	3,03	4,75	1,11	0,98	0,65	0,04	5,05
Piura	2,60	1,02	7,16	2,21	5,02	1,04	0,05	2,40
Puno	1,02	0,48	5,21	0,72	6,80	1,52	0,05	3,54
San Martín	1,76	0,76	14,00	2,39	4,02	1,05	0,02	1,43
Tacna	2,04	2,16	9,18	1,95	4,96	1,55	0,06	5,06
Tumbes	2,11	1,25	2,02	1,03	24,36	3,90	0,04	1,43
Ucayali	3,55	1,13	13,35	2,86	3,59	1,07	0,03	2,50
Total Nacional	9,64	7,66	37,06	6,93	8,81	3,46	0,04	16,86

Fuente: Cuadro A1. Elaboración propia. ¹ Representatividad conjunta de los sectores agrícola, pecuario y agropecuario. ND: no disponible.

Cuadro A3. Estimación del valor de producción del universo por sectores e identificación de las variables para las estimaciones de los IET

1. Estimaciones del valor de producción formal e informal del universo por sectores

Las estimaciones de los valores de producción, VP, formal e informal del universo por sectores se basan en dos metodologías, la del INEI (2014) usando las cuentas satélites de la 'economía informal' y la de Tello (2013).

Metodología 1 (INEI 2014). Consiste en obtener de INEI-ENAH0 (2019) la participación de productores informales respecto al total de hogares con producción de mercado por sector. El sector informal para el INEI (2014) son los hogares con producción de mercado no registrados en la Sunat. La *ratio* del VP de hogares del sector informal entre el total de hogares con producción de mercado por sector es aplicada

(Continúa)

al VP producido por el Sector Institucional de hogares disponible en Cuentas Nacionales. Esta información se encuentra a nivel nacional y no por departamentos. Asumiendo que todos los departamentos tienen una misma estructura de producción según Sectores Institucionales se obtiene el VP producido por el sector institucional de hogares por región y sector. Cabe indicar que en la información disponible en INEI no se encuentra el VP por sector y departamento, pero sí Valor Agregado, VA. Este valor se transforma a VP según la *ratio* VA/VP de la Matriz Insumo Producto 2007. Este proceso se realiza para los años 2007-2012, de los que se tiene información en Cuentas Nacionales sobre producción según Sectores Institucionales. Para los siguientes años (2013-2015), se descompuso el VP Nacional según sectores institucionales asumiendo que la distribución es igual al promedio 2007-2012 (que se tiene información). Se debe indicar que no se encontró variación significativa entre la estructura de producción de los sectores institucionales a lo largo del período con información. Tras este ajuste, se aplica el mismo proceso indicado anteriormente y se obtiene para cada año el VP formal e informal según sector.

Metodología 2 (Tello, 2013). Consiste en obtener el VP formal por sector y departamento de la diferencia entre el VB oficial del INEI menos el VP del sector informal obtenido desde ENAHO. Se considera formal toda unidad productiva que se encuentra registrada ante la SUNAT y lleva libros contables.

Combinación de metodologías. Luego de obtener el VP formal e informal según sector y región para los años 2007-2015 con ambos métodos, se tiene los porcentajes de participación del sector informal en el VP por sector, región y años. Se hace un promedio de estas participaciones durante los años según cada método y finalmente se hace un promedio de ambos. La estructura de participación encontrada es aplicada al Valor de Producción por región y sector de 2015.

2. Estimación de la PEAO

De acuerdo con el INEI (2017), la población económicamente activa ocupada PEAO es el conjunto de personas que contando mínimo con 14 años de edad durante el período de referencia, se encontraban realizando algún trabajo ya sea como asalariado, percibiendo un sueldo o salario, monetario o en especie o como empleado independiente, obteniendo un beneficio o ganancia familiar, monetario o en especie. Las normas internacionales, con las cuales se tipifica al ocupado en el Perú, señalan que la noción de algún trabajo debe ser interpretada como una hora de trabajo por lo menos en el período de referencia. La PEAO incluye: (i) ocupados son las personas de 14 años y más de edad que estuvieron participando en alguna actividad económica, en el período de referencia (ii) trabajadores dependientes, que, teniendo empleo fijo, no trabajaron, la semana anterior, por hallarse de vacaciones, huelga, licencia por enfermedad, licencia pre y postnatal, etc., todas ellas pagadas (iii) trabajadores independientes que estuvieron temporalmente ausentes del trabajo durante el período de referencia, pero la empresa o negocio siguió funcionando y (iv) personas que no estuvieron en ninguna de las condiciones anteriores se les indaga si realizaron alguna actividad económica en el período de referencia, al menos una hora, por lo cual recibirá pago en dinero y/o especie. Así mismo, los trabajadores familiares no remunerados (TFNR) son considerados como ocupados si trabajaron quince horas a más, en un negocio o explotación agrícola de un familiar. Los ocupados pueden estar en el mercado de trabajo en condición de adecuadamente empleados o subempleados.

3. Variables de la función de producción de los establecimientos formales

Las variables de las funciones de producción usadas en las estimaciones de los sectores de minería, pesca, manufacturas, construcción, comercio, hoteles y restaurantes y otros servicios no gubernamentales son: el valor real (en soles y/o dólares de 2007) K de maquinaria y equipo, el número total de trabajadores L (obreros, empleados y gerentes) temporales y permanentes; VP, valor real de producción (en soles o dólares de 2007). Adicionalmente, se agrega siete variables binarias correspondientes a siete de los ocho años que incluyen las estimaciones de las FSP. Alternativamente se usa una variable de tendencia TREND que toma los valores enteros desde el 1 al 8. Las variables binarias se usaron para los sectores de pesca y minería.

(Continúa)

Para los demás sectores se usó la variable TREND. Los factores que inciden en el índice de eficiencia técnica (τ) son las variables del ingreso real (soles o dólares de 2007) per cápita del distrito donde se localizan los establecimientos (z) y un conjunto de variables binarias o *dummies* que corresponden a las regiones o departamentos donde se localizan los establecimientos.

Para el sector agropecuario formal, se toma la base de datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2015 para las unidades productivas jurídicas (y que en su mayoría que disponen de más de 5 hectáreas). Las variables de las funciones de producción usadas se obtienen directamente de esta base de datos. Estas variables son: K: valor real (en soles o dólares de 2007) de maquinaria y equipo, L: número total de trabajadores temporales y permanentes; VP, valor real de producción (en soles o dólares de 2007), T: número de hectáreas de tierras usadas. Para los tres sectores de esta base de datos, por ser datos de 2015, no se incluyó la variable de tiempo. Las variables que inciden en el IET son los mismos que en el caso anterior.

4. Variables de la función de producción de los establecimientos informales

La base de datos usada para todos los sectores fue ENAHO período 2007-2015, la parte del módulo del trabajador independiente y del sector agropecuario. En este módulo cada trabajador encuestado constituye una unidad productiva y solo se encuestan trabajadores independientes sin Registro Único de Contribuyente y/o que no llevan libros contables de sus actividades productivas. Las variables identificadas en la función de producción son:

Sector agrícola. VP: La suma del valor de producción agrícola más el valor de subproducción agrícola [ambos son precio por cantidad y se encuentran contruidos en la encuesta]; L: número de trabajadores que tiene bajo su cargo (Módulo 5) más trabajadores familiares (Módulo 2); K: valor de equipamiento del hogar: computadora, automóvil, bicicleta, triciclo, mototaxi y camión; T: Número de hectáreas propias que trabaja o alquila a otros más las que alquila de otros y las trabaja.

Sector pecuario. VP: suma del valor de producción pecuario (valor de ganado que consume, vende o da en trueque) más el valor de subproducción pecuaria; L: número de trabajadores que tiene bajo su cargo (Módulo 5) más trabajadores familiares (Módulo 2); K: valor de equipamiento del hogar: computadora, automóvil, bicicleta, triciclo, mototaxi y camión; T: número de hectáreas propias que trabaja, o que alquila a otros más las que alquila de otros y las trabaja.

Sector agropecuario. VP: suma del valor de producción pecuario (valor de ganado que consume, vende o da en trueque) más el valor de subproducción pecuaria más el valor de producción agrícola más el valor de producción de los subproductos agrícolas. L, K y T son iguales a los dos sectores anteriores. Los valores monetarios fueron deflactados con el índice de precios del sector agropecuario base 2007. Para convertir a dólares reales de 2007, los valores reales a soles de 2007 se dividieron entre el tipo de cambio de 2007 (igual a 3.129).

Sectores no agropecuarios. Se tomaron las mismas variables correspondientes a los sectores no agropecuarios. Cabe señalar que para estos sectores el período es 2007-2014.

Las variables de tiempo para los sectores no agropecuarios y las incidentales para todos los sectores son las mismas que para los sectores formales.

