
PRODUCTIVIDAD EN EL PERÚ:

medición, determinantes
e implicancias



$y = A f(K, L)$

Editores

Nikita Céspedes

Pablo Lavado

Nelson Ramírez Rondán



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

PRODUCTIVIDAD EN EL PERÚ:

**medición, determinantes
e implicancias**



**UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO**

Editores

**Nikita Céspedes
Pablo Lavado**

Nelson Ramírez Rondán

CAPÍTULO 4

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA A

PEQUEÑA ESCALA EN EL PERÚ

Francisco B. Galarza y J. Guillermo Díaz¹

***Resumen:** En este artículo se estiman la productividad y la función de producción agrícola con datos microeconómicos para el Perú. El método es una aplicación de desarrollos metodológicos recientes en la estimación de funciones de producción con datos de panel (Ghandi, Navarro y Rivers 2013) aplicado a datos de sección cruzada. Encontramos que, si bien la productividad agrícola está positivamente correlacionada con la educación, el efecto sobre la productividad del acceso a infraestructura básica (como acceso a servicios de agua potable, electricidad y carreteras) es sustancialmente mayor.*

4.1 INTRODUCCIÓN

La tradicional carencia de información agrícola desagregada ha dejado un considerable vacío en la investigación económica empírica de la agricultura peruana. Esta carencia ha contribuido a que varios temas de la agenda de discusión pública no hayan sido abordados sistemáticamente, como es el caso de los principales determinantes de la productividad agrícola, que ha sido examinada principalmente a través de indicadores de unidades producidas por unidad de tierra usada.

¹ Este documento es un subproducto del proyecto de investigación "Productividad y poder de mercado en mercados agrícolas", desarrollado en el concurso de investigación del CIES 2013, con el financiamiento de IDRC, DFATD y la Fundación Bustamante. Agradecemos la asistencia de César Salinas. Los autores son los únicos responsables por las opiniones expresadas en este documento.

Francisco Galarza <galarza_fb@up.edu.pe> es profesor investigador de la Universidad del Pacífico y Guillermo Díaz <jg.diaz@u.northwestern.edu> es profesor investigador en Centrum Católica Graduate Business School.

La contribución de este trabajo busca llenar este vacío. Nuestro objetivo principal es proponer un método de estimación de la productividad agrícola usando datos microeconómicos para el Perú. El método consiste en la estimación de una función de producción agraria, que permite recuperar la productividad como un residuo, y constituye una aplicación directa de desarrollos metodológicos recientes en la estimación de funciones de producción con datos de panel (e. g., [Ghandi, Navarro y Rivers 2013](#)), pero aplicados al caso de datos de sección cruzada para el Perú. Asimismo, analizamos sistemáticamente algunos determinantes de la productividad de la agricultura peruana, donde la producción puede variar por el nivel de uso de insumos o por la llamada productividad total de factores (PTF), definida como la variación en la producción que no es explicada por los insumos típicos, sino por variables como la tecnología. En particular, examinamos el rol de la infraestructura de servicios públicos.

Uno de los escasos estudios previos sobre la productividad agrícola es el de [Ludeña \(2010\)](#), quien analiza la evolución de la PTF, entre 1961 y 2007, de 120 países de América Latina y el Caribe – ALC (incluyendo el Perú) y otras partes del mundo. Ludeña encuentra que la productividad agrícola creció en alrededor de 1.2% en el Perú durante dicho período, y que, dentro de ALC, países abundantes en tierra registran mayores tasas de crecimiento en su productividad, respecto de países donde la tierra impone restricciones; de lo cual concluye que el acceso a la tierra es importante para la productividad agrícola. [Cardona \(2012\)](#), por otro lado, analiza las diferencias en la productividad agrícola por sexo en el Perú (tema que es examinado extensamente por [Quisumbing \[1995\]²](#)), y encuentra que las diferencias entre los valores de la producción por hectárea no se deben al sexo mismo de los jefes de hogar, sino a una serie de insumos que los varones y mujeres usan en su producción. En particular, la autora encuentra que la educación³, y el tener al castellano como lengua materna, influyen positivamente en la productividad. Otro factor que podría estar asociado a la productividad agrícola es el crédito, porque permite comprar más y mejores insumos, y semillas con mayores rendimientos, como encuentran [Guirkinger y Boucher \(2007\)](#) para el caso de Piura.

² En dicha revisión de la literatura, la autora reporta que, en general, no hay diferencias por sexo en la productividad agrícola.

³ La importancia de la educación para explicar la productividad agrícola es apoyada también por el estudio de [Reimers y Klasen \(2013\)](#), quienes usan un panel de datos (1961-2002) para 95 países en desarrollo y en vías de desarrollo. [Syverson \(2011\)](#) realiza una revisión de la literatura empírica sobre productividad en diferentes campos, incluyendo la agricultura.

La productividad agrícola también podría ser afectada por intervenciones como la provisión de asistencia técnica y de infraestructura básica. En efecto, existe evidencia de distintas regiones alrededor del mundo respecto a los efectos favorables de ciertos tipos de infraestructura sobre la productividad. Parte del efecto positivo proviene de una reducción en los costos de producción y/o transacción (incluyendo transporte y comercialización). En ese sentido, la inversión pública en infraestructura básica puede actuar como complemento de la inversión privada.

En particular, trabajos como el de [Mamatzakis \(2003\)](#), realizado en Grecia, muestran que la infraestructura pública puede servir como complemento de los activos privados e insumos, pero que suele sustituir al empleo agrícola, lo que indicaría que el acceso a infraestructura daría paso a procesos intensivos en capital e insumos, desplazando así el uso de mano de obra y enviándola al mercado laboral como consecuencia de más actividades rurales no agropecuarias. Asimismo, [Gannon y Liu \(1997\)](#) evidencian que la inversión en infraestructura rural permite la reducción de costos de producción y costos de transacción, lo que promueve el comercio y facilita la división del trabajo y la especialización. Este argumento es respaldado por [Blocka y Webb \(2001\)](#), quienes señalan que la mayor densidad vial genera incentivos para la especialización, lo que, a su vez, permite una agricultura más intensiva en insumos modernos.

Otros trabajos, como el de [Lucas *et al.* \(1996\)](#), documentan ahorros de tiempo en el acceso a mercados, reducciones en los costos de transporte e incrementos en el tráfico para un programa de reconstrucción de caminos rurales en Tanzania. [Guimãraes y Uhl \(1997\)](#) muestran cómo el modo de transporte, la calidad del camino y la distancia al mercado afectan los costos de producción agrícola en el Estado de Pará (Brasil).

En cuanto a la infraestructura vial, a partir de una muestra de 129 poblados de Bangladesh, [Ahmed y Hossain \(1990\)](#) encuentran que poblados con mejor acceso vial tienen mayores niveles de producción agrícola, mayores ingresos totales y mejores indicadores de acceso a servicios de salud. [Binswanger *et al.* \(1993\)](#), para una muestra de 85 distritos ubicados en la India, muestran que la inversión en infraestructura vial permite el crecimiento de la producción agrícola, el uso de fertilizantes y la expansión de la oferta de crédito. [Levy \(1996\)](#), para una muestra de cuatro

caminos rurales en Marruecos, evidencia incrementos significativos en la producción agrícola, así como importantes cambios en la cartera de cultivos y el uso de insumos y tecnologías luego de la rehabilitación de los caminos rurales.

Por otro lado, *Cook et al.* (2005) encuentran que los proyectos de electrificación permiten, entre otros beneficios, incrementar la productividad en la agricultura, ya que constituyen un activo importante para la producción en zonas rurales (especialmente en las zonas agrícolas).

Otros estudios, realizados en la India y China, tales como los de *Fan y Hazell* (1999); *Fan et al.* (2002); *Fan, Hazell y Haque* (2000); y *Fan, Hazell y Thorat* (2000), demuestran que la inversión en infraestructura, en especial en irrigación, caminos, electricidad y telecomunicaciones, no solo contribuye a un mayor crecimiento de la producción agrícola, sino también a la reducción de la pobreza rural y desigualdad regional en esos países. Los autores demostraron que los retornos marginales de la inversión pública, respecto a la producción y disminución de la pobreza, son diferentes de acuerdo a las características específicas de cada región, y que los retornos son más en las zonas más pobres.

Respecto a los países de la CAN (incluido el Perú), *Zegarra y Minaya* (2007) pudieron identificar un impacto positivo del gasto público en infraestructura sobre el producto agrario, la productividad de la tierra y los ingresos rurales, lo que sugiere que las decisiones de gasto público son importantes para el crecimiento agrario y para el crecimiento de los ingresos rurales en los países andinos. Este resultado, para diez países de la región latinoamericana (incluidos Perú, Ecuador y Venezuela), es similar a los encontrados por *López* (2005), quien también señala que el nivel del gasto público tiene impactos estadísticamente positivos sobre el crecimiento agrario, permitiendo a los productores cambiar los precios de sus bienes, insumos o servicios relevantes.

Para el caso peruano, *Aparicio et al.* (2011) encontraron que, en las zonas rurales, la telefonía, el desagüe y la electricidad tienen impactos significativos sobre la productividad agrícola, aunque no encuentran mayor significancia para el acceso al agua potable (en parte explicado por la menor continuidad del servicio en las zonas rurales). *Escobal* (2000) estima

los costos de transacción asociados a la venta del principal producto de una zona rural (papa), y encuentra que dichos costos son sustancialmente mayores en zonas conectadas al mercado mediante caminos de herradura respecto a zonas articuladas mediante caminos carrozables. [Apoyo Consultoría \(2010\)](#) reporta que la presencia de telecomunicaciones permite una rápida coordinación con proveedores o clientes de hogares dedicados a la agricultura, lo que, a su vez, permite eliminar asimetrías de la información de precios de los productos agrícolas. El estudio encuentra un incremento de S/. 900 en el ingreso anual de los hogares en zonas rurales luego de la introducción de un teléfono móvil. Examinaremos el rol de algunos de los tipos de infraestructura arriba mencionados en nuestro análisis.

El resto del artículo está organizado como sigue. La sección 4.2 revisa el marco teórico sobre productividad agrícola. La sección 4.3 presenta la metodología usada en el análisis, la sección 4.4 presenta los datos, la sección 4.5 presenta los resultados, y la sección 4.6 presenta las conclusiones.

4.2 MARCO TEÓRICO

En esta sección establecemos la definición de productividad utilizada en este trabajo, que es la denominada productividad total de factores (PTF). La PTF es la parte de la producción no explicada por el uso de insumos. La relación entre la producción y el uso de insumos se plantea a través de una función de producción.

La producción es el resultado de la transformación de insumos, dada una tecnología. La teoría económica resume esta relación cuantitativamente en funciones de producción:

$$Y = F(M, HL, FL, L), \quad (4.1)$$

donde Y es el nivel de producto, que depende del uso de insumos, como materiales (M), trabajo contratado (HL) y familiar (FL) y tierra (L). Una forma funcional usada frecuentemente para el caso de la producción agrícola es la Cobb-Douglas:

$$Y = AM^a\{HL\}^b\{FL\}^cL^d e^\epsilon, \quad (4.2)$$

donde a , b , c y d son parámetros fijos, y A es una variable que puede representar múltiples elementos, desde el estado de la tecnología hasta la eficiencia intrínseca del productor. El primer caso se refiere a la heterogeneidad tecnológica: tecnologías más avanzadas permitirían incrementar la tasa a la que se transforman los insumos en producto (un A más alto). Pero también es esperable heterogeneidad entre el nivel de eficiencia de los productores en transformar los insumos en producto, por ejemplo, debido a diferencias en su experiencia o capital humano acumulado. Finalmente, también puede tratarse de otros determinantes de la producción, como, por ejemplo, los choques climáticos. Cubriendo potencialmente todas estas posibilidades, se denomina al término A como **productividad total de factores** o simplemente **productividad**⁴. Por último, tenemos un choque ϵ , que captura variaciones naturales en la producción, no sistemáticas y no atribuibles al uso de insumos ni a la productividad de la firma⁵.

Este marco teórico simple permite estudiar consistentemente una serie de proposiciones de política pública. El primer hecho evidente corresponde a la diferenciación entre la parte de la producción explicada por los insumos y la productividad. Uno puede incrementar la producción mediante el incremento del uso de factores o mediante el incremento de su productividad, los cuales no necesariamente están relacionados. Una diferencia clave es que los factores de producción tienen un costo y que el productor decide su nivel de uso (en el caso de mercados competitivos, se iguala el valor del producto marginal del insumo a su costo marginal, que no es más que su precio unitario en este escenario). Sin embargo, estas características no necesariamente se dan en el caso de la PTF. Por ejemplo, el acceso a una nueva forma de planificar la siembra de un determinado cultivo puede aumentar los rendimientos sin, necesariamente, implicar un costo para el agricultor. Otro ejemplo puede ser el rendimiento del área sembrada, el cual a partir de cierto nivel puede dejar de ser manejable

⁴ Nótese que la formulación de la PTF requiere de un nivel de separabilidad entre una parte de la producción explicable por el uso de factores y otra parte no atribuible a estos. Esto se puede hacer aún más evidente tomando logaritmos a la función de producción Cobb-Douglas y notando que la PTF podría obtenerse como un residuo.

⁵ Este término también puede capturar simplemente errores de medición de la variable Y , en cuyo caso se trata no de variaciones en el producto, sino de variaciones en la medición del producto.

por el productor. Posiblemente debido a estas diferencias, los estudios que analizan la evolución de la producción en el sector agrícola encuentran generalmente que una gran parte del crecimiento de la producción suele ser explicada por la evolución de la PTF, antes que por el uso de factores⁶.

El objetivo de este trabajo es estudiar cómo se relaciona la PTF con la infraestructura de servicios públicos en áreas rurales. Si la infraestructura tiene efectos sobre la productividad agraria, debería existir una relación entre la PTF y el acceso a la infraestructura. Esto podría ser un elemento importante para tomar en cuenta en el momento de evaluar el impacto de las inversiones en infraestructura.

4.3 METODOLOGÍA

Este estudio parte de la estimación de una función de producción agraria, descrita en el marco teórico. En este sentido, un tema metodológico fundamental consiste en cómo estimar dicha función de manera apropiada.

ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN AGRARIA

El modelo empírico

La función de producción (FP) relaciona el nivel de producción con el uso de insumos y la productividad. En la medida en que esta última, por lo general, no puede ser capturada en una escala que pueda ser definida (o medida) de manera precisa, se identifica como productividad a la parte sistemática del producto que no puede ser explicada por el uso de insumos como trabajo, capital o materiales. Esto implica que la productividad se calcula como un residuo, y, por lo tanto, requiere del paso previo de la estimación de una función de producción, como indicamos líneas arriba. Si conociéramos perfectamente la forma funcional de $F(\cdot)$ y pudiésemos medir el uso de los insumos, entonces $Y/F(M, HL, FL, L)$ nos permitiría aproximar la productividad, sujeto a la variación aleatoria del error. El objetivo es, entonces, obtener un estimado de $F(M, HL, FL, L)$.

⁶ Esta literatura es extensa. Un resumen de la literatura reciente se encuentra en [Kumar et al. \(2008\)](#). En los estudios revisados, estos autores encuentran que la evolución del PTF explica entre el 46.8% y el 85.7% del crecimiento en la producción agrícola en múltiples países.

Un camino frecuente es asumir un conocimiento parcial de la función $F(\cdot)$. Es decir, asumir una forma funcional para $F(\cdot)$, dependiente de un vector de parámetros desconocidos, digamos, β . Una forma funcional popular es la Cobb-Douglas, indicada en la ecuación (4.2). Formulando el problema de manera más general, tenemos que, reescribiendo la función de producción (y haciendo explícita la dependencia de $F(\cdot)$ del vector de parámetros β), si se asume que $E[\ln A | M, HL, FL, L] = E[\ln \epsilon | M, HL, FL, L] = 0$ (o, aproximadamente, que no hay correlación entre los términos no observables; es decir, la productividad y el error, y la parte de la producción explicada por los insumos), entonces es relativamente sencillo obtener estimados del vector β . Si usamos la función Cobb-Douglas, una regresión lineal simple por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) del logaritmo del producto contra el logaritmo de los insumos nos dará un estimador consistente de β^7 .

Sin embargo, en general, no es sencillo asumir que $E[\ln A | M, HL, FL, L] = 0$. En la medida en que (i) el nivel de uso de los insumos es una decisión del productor y (ii) que la rentabilidad de esta decisión depende del nivel de productividad del agente, resulta claro que la intensidad del uso de insumos dependerá del nivel de productividad del productor (*i. e.*, un agente más productivo tenderá a contratar más trabajo o capital, pues espera un retorno mayor de estos insumos). En otras palabras, los insumos son variables endógenas, puesto que dependen (son funciones) de un componente del término de error. El sesgo inducido por este fenómeno, si uno estima el modelo sin tomarlo en cuenta, se denomina en la literatura “sesgo de transmisión” (Griliches y Mairesse 1999).

En este artículo, proponemos un método para estimar los parámetros desconocidos de $F(\cdot)$ evitando este sesgo. La propuesta se basa en una idea sugerida y desarrollada recientemente por Ghandi, Navarro y Rivers (2013), que aprovecha la misma raíz del problema del sesgo de transmisión, que es la dependencia del uso de insumos con respecto al nivel de productividad. Asumiendo que el productor maximiza beneficios y que se encuentra en un entorno competitivo en el mercado de insumos, la forma de esta dependencia se puede deducir a partir de la forma asumida para la FP.

⁷ Para formas funcionales diferentes, en las que $F(\cdot)$ dependa no linealmente de β , el problema no es conceptualmente más complicado, pero en lugar de MCO se deben utilizar métodos como mínimos cuadrados no lineales (por supuesto, siempre sujeto a la existencia de variación independiente suficiente para identificar los parámetros en β).

Por ejemplo, si la función tiene elasticidad de sustitución constante (CES, por sus siglas en inglés), se conoce la forma de las demandas derivadas de los insumos, sujeto a los parámetros de la función que aún deben estimarse. Proponemos usar esta información para diseñar una regresión que no tenga el problema del sesgo de transmisión. Considerando el caso de la función CES con cuatro insumos (M , FL , HL y M):

$$Y = (\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta})^{-\frac{1}{\delta}} e^{\omega} e^{\epsilon}, \quad (4.3)$$

donde ω captura la productividad del agente durante el período de análisis, ϵ es un error aleatorio no relacionado con el resto de las variables del modelo y e es el operador exponencial⁸. Esta forma funcional, además de permitirnos implementar el método para eliminar el sesgo de transmisión, tiene la ventaja de ser más flexible que la frecuentemente utilizada función Cobb-Douglas. De hecho, se puede probar que si $\delta = 0$, la función CES se convierte en una función Cobb-Douglas; si $\delta = 1$, la CES se vuelve lineal, implicando una sustitución perfecta entre los insumos; mientras que si δ tiende a menos infinito, la función tiende a ser una Leontief, que implica complementariedad perfecta (ningún grado de sustituibilidad) entre los insumos. Por otro lado, la función CES también deja libre la estimación de r , que mide los retornos a escala del uso de insumos (si $r = 1$, existen retornos constantes a escala).

En segundo lugar, asumiremos que M es un insumo **flexible**, lo que quiere decir dos cosas: (i) el nivel de M se decide después de conocido el nivel de productividad del período actual (ω), pero (ii) se decide antes de que ϵ sea conocido. Asumiendo competencia perfecta en los mercados del bien final y de los insumos, esto implica que el uso de M está determinado por la siguiente condición de primer orden (los subíndices significan derivadas parciales con respecto al insumo indicado):

$$PF_M(M, HL, FL, L)e^{\omega} E[e^{\epsilon}] = \rho, \quad (4.4)$$

donde P es el precio del bien final (producción agrícola) y ρ es el precio de L . Asimismo, para ahorrar en notación denominamos ahora $F(M, HL, FL, L) =$

⁸ Nuevamente, este error puede ser un choque real, que afectó a la producción una vez que las decisiones de M , HL , FL y L ya estaban tomadas y eran irreversibles (de manera tal que el nivel de estos insumos no fue afectado por ϵ). Pero ϵ también puede ser un error de la medición de Y , en cuyo caso es aún más natural asumir que no está relacionado con el nivel de uso de M ni de los demás insumos.

$(\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta})^{-\left(\frac{1}{\delta}\right)}$. Nótese que se maximiza tomando el valor esperado con respecto a ϵ , pues este choque es desconocido en el momento de tomar la decisión de contratación de M . Asumiendo que $E[e^\epsilon] = 1$ y tomando logaritmos, tenemos que:

$$\ln \rho = \ln(P) + \ln F_M(M, HL, FL, L) + \omega. \quad (4.5)$$

Por otro lado, tenemos la función de producción, que, expresada en logaritmos, es:

$$\ln Y = \ln F(M, HL, FL, L) + \omega + \epsilon. \quad (4.6)$$

La idea es usar la información de la ecuación 4.5 para deshacernos de ω en la ecuación 4.6. Una forma de implementar esto es agregando $\ln M$ a ambos lados de la primera ecuación para luego sustraer la función de producción. Luego de reordenar, obtenemos:

$$\ln s_M \equiv \ln \left(\frac{\rho M}{PY} \right) = \ln \left(\frac{MF_M(\cdot)}{F(\cdot)} \right) - \epsilon. \quad (4.7)$$

Esta ecuación determina el logaritmo de la proporción del gasto en M (s_M) con respecto al valor total de la producción (la participación de M). Retomando el supuesto de la función de producción CES, esto implica:

$$\begin{aligned} \ln s_M = \ln(\rho \alpha) + \delta \ln M - \ln(\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} \\ + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta}) - \epsilon. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Estimación

Un resultado importante de la última ecuación es que no incluye el nivel de productividad (ω). El error de esta ecuación, ahora solo conformado por ϵ^9 , es independiente del resto de la ecuación, con lo que no tenemos variables endógenas. Además, como se puede apreciar, los tres primeros términos de la ecuación contienen todos los parámetros de la función de producción que deseamos estimar, y todos estos parámetros se encuentran

⁹ Uno podría agregar un error a la condición de primer orden de uso de M , pero tendríamos que asumir también que es independiente de HL , FL , L y M (por ejemplo, error aleatorio por error de medición).

identificados¹⁰. Dado que el error de la ecuación es aditivo, los parámetros se pueden estimar por mínimos cuadrados no lineales, lo que consiste en seleccionar el vector (r, α, δ) que minimice la siguiente suma de errores al cuadrado:

$$\sum_{i=1}^N \left[\ln s_{SM} - \{ \ln(r\alpha) + \delta \ln M - \ln(\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta}) \} \right]^2. \quad (4.9)$$

Una vez que contemos con estimados del vector (r, α, δ) , se podrá calcular la parte del producto explicada por el uso de insumos (la función $F(\cdot)$ en la parte inicial de esta sección).

El método de estimación propuesto es inmune a la posible influencia del poder de mercado en el mercado del producto en la estimación de los parámetros, dado que la estrategia consiste en estimar la ecuación de la participación del insumo flexible en vez de la función de producción propiamente dicha. Sin embargo, dado que no observamos directamente el uso de insumos, sino el gasto en estos rubros, la variabilidad de estos precios sí podría contaminar la estimación. Para aliviar este problema, se deflactan los valores de gastos en insumos como trabajo o materiales por índices de precios departamentales (véase la sección de resultados donde se describe la estimación con algo más de detalle).

Estimación de la productividad

Dadas las estimaciones de los parámetros de la función de producción (ecuación 4.2), se puede obtener un estimado de la productividad idiosincrática de la explotación agraria (ω). Para esto, en primer lugar, se obtiene el residuo de la estimación de la ecuación de la participación del gasto en el insumo flexible (véase la ecuación 4.8).

$$\hat{\epsilon} = \ln s_{SM} - \ln(\hat{r}\hat{\alpha}) - \hat{\delta} \ln M + \ln(\hat{\alpha}_M M^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{HL} HL^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{FL} FL^{-\hat{\delta}} + (1 - \hat{\alpha}_M - \hat{\alpha}_{HL} - \hat{\alpha}_{FL}) L^{-\hat{\delta}}). \quad (4.10)$$

¹⁰ En esta parte cumple un papel importante el supuesto paramétrico de la forma CES. No se obtienen los mismos resultados si uno asume otra forma funcional para la función de producción. Por otro lado, también cabe remarcar que no es posible identificar $F(\cdot)$ sin realizar supuestos paramétricos, como en este caso la forma CES. Una estimación no paramétrica requiere, además de los supuestos realizados en esta investigación, observar a cada unidad productiva en múltiples períodos (datos de panel).

Usando el estimado previo y la ecuación 4.2 (en logaritmos), podemos obtener un estimado de la productividad de cada unidad agraria:

$$\hat{\omega} = \ln Y + \frac{\hat{r}}{\hat{\delta}} \ln(\hat{\alpha}_M M^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{HL} HL^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{FL} FL^{-\hat{\delta}} + (1 - \hat{\alpha}_M - \hat{\alpha}_{HL} - \hat{\alpha}_{FL}) L^{-\hat{\delta}}) - \hat{\epsilon}. \quad (4.11)$$

Claramente, el estimado de la productividad depende directamente del nivel de producción. Por tanto, si se usa el ingreso total del productor agrario como índice de producción (como es el caso del presente trabajo), la variabilidad de precios podría afectar la medición de la productividad. Un estimado alto de productividad de acuerdo con este método podría deberse a la existencia de precios altos en la región donde comercia el productor, y no a que este produzca más dado un nivel de uso de insumos. Para limitar estos efectos, en esta etapa se considera un índice de producción deflactado. Es decir, a Y se le resta el logaritmo de un índice de precios que enfrenta el productor agrario (véase la sección de descripción de los datos para mayor detalle de cómo se construye este índice).

4.4 DATOS

Utilizamos la información de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos, implementada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), cuyo nivel de representatividad es departamental; y cuyo marco muestral se basa en la información estadística y cartográfica del Censo de 2007. Esta encuesta tiene un módulo dedicado a recopilar información de la actividad agropecuaria de los hogares entrevistados, que contiene los siguientes rubros:

- **Producción:** se toma el valor total de la producción agrícola. Aunque también se cuenta con datos de producción de cada cultivo cosechado, el valor total de la producción es un índice que agrega la producción total.
- **Uso de materiales:** la encuesta no provee información directa sobre el uso de horas de trabajo, capital u otros insumos. Sin embargo, en el módulo de costos se presenta información sobre los gastos en insumos de manera parcialmente desagregada. En particular, la encuesta presenta

el gasto anual en: semillas, abono, fertilizante, pesticidas, mano de obra contratada y agua.

- **Otros:** esta es una categoría abierta, en la que algunos entrevistados especifican gastos que pueden considerarse como gastos de uso de capital, como, por ejemplo, arriendo de tractores, mantenimiento de equipos (que puede aproximar su grado de uso) y similares. Sin embargo, este grado de especificidad se da solamente para alrededor del 30% de la muestra.
- **Tierra:** la encuesta brinda información sobre el tamaño total de la explotación agraria, la superficie sembrada y la superficie cosechada durante el último año.

A partir de esta información, se definen las siguientes variables (las variables monetarias están medidas en miles de soles):

- Producción (*Y*): valor monetario de toda la producción agrícola.
- Trabajo contratado (*HL*): gasto en trabajo contratado.
- Trabajo familiar no remunerado (*FL*): número de familiares que apoyan en la explotación agrícola.
- Materiales (*M*): gasto en semillas, abono, fertilizante, pesticidas y acceso a agua.
- Tierra (*L*): la superficie cosechada, expresada en hectáreas.

Nótese que usamos variables monetarias para medir el producto agregado de cada agricultor (producción de todos los cultivos en unidades monetarias), así como el uso de factores; en particular, para el trabajo contratado y los insumos intermedios, como fertilizantes, pesticidas y abonos. Esto se realiza, por una parte, debido a restricciones de información –en el caso de los factores de producción, la encuesta solo provee los datos de gasto del agricultor por rubro en vez del nivel de uso–. Por otro lado, aunque utilizar los ingresos del agricultor como medida de producción agregada podría generar subestimaciones (o sobrestimaciones) de la productividad para regiones en donde los precios son menores (o mayores) que el promedio, podemos aliviar este problema significativamente, dado que la encuesta provee el detalle de los precios recibidos por cada producto y por cada agricultor. Esta información nos permite generar un índice de

precios individualizado para deflactar los ingresos de cada agricultor y poseer una medida real (en los términos descritos) de su producción. El índice consiste en un precio promedio recibido por el agricultor por todos sus productos, donde el precio de cada cultivo se pondera por la proporción que representa el mismo dentro de los ingresos totales del productor¹¹.

El cuadro 4.1 presenta las estadísticas descriptivas de las variables usadas en el análisis. Dado que el enfoque del estudio es en la pequeña agricultura, solo utilizamos información de unidades agrarias que cosecharon como máximo 12 hectáreas.

CUADRO 4.1 *Estadística descriptiva*

Variable	Promedio	Desv. est.	Mediana	Mínimo	Máximo
Producción	4.830	7.002	2.165	0.010	59.835
Superficie cosechada	1.300	1.716	0.666	0.001	12.000
Trabajo contratado	0.480	1.094	0.070	0.000	10.000
Trabajo familiar no remunerado	1.333	1.293	1.000	0.000	10.000
Materiales	0.714	1.165	0.298	0.000	11.560
Capacitación	0.190	0.392	0.000	0.000	1.000
Asistencia técnica	0.066	0.248	0.000	0.000	1.000
Teléfono fijo	0.017	0.129	0.000	0.000	1.000
Electricidad	0.699	0.459	1.000	0.000	1.000
Petróleo	0.092	0.290	0.000	0.000	1.000
Agua red	0.490	0.500	0.000	0.000	1.000
Desagüe red	0.232	0.422	0.000	0.000	1.000
Edad	50.565	15.276	48.000	14.000	98.000
Sexo	0.808	0.394	1.000	0.000	1.000
Nivel educativo	4.100	1.875	4.000	1.000	10.000

NOTA: 15,473 observaciones. Datos de Enapres.

FUENTE: elaboración propia.

Con respecto al acceso a servicios públicos, la encuesta cuenta con la siguiente información:

1. A nivel de hogar:

- Si la electricidad a la que accede proviene de la red pública (electricidad).
- Si su fuente principal de energía es la electricidad o el petróleo (energía electr, energía petr).

¹¹ Podemos construir este índice de precios dado que tenemos información desagregada de producción y precios para cada cultivo. Es común en estimaciones con datos microeconómicos que no se cuente con esta información, lo cual lleva a sesgos en la estimación de los parámetros de la función de producción. Véase De Loecker (2011).

- Si el hogar posee teléfono fijo (teléfono fijo).
- Si la fuente de agua es la red pública (agua red) o si proviene de fuentes naturales como pozo o manantial (agua natural).
- Si está conectado a la red de saneamiento (desagüe red) o si posee letrina o pozo ciego (desagüe pozo).
- También se considera un conjunto de variables indicadoras que capturan formas alternativas de llevar sus productos a ferias o mercados para comercializarlos (a pie, en auto, etc.). En este grupo, la variable movmerc nos indica si el productor decide (por fuerza o no) vender su producción de manera directa, sin acudir a ferias o mercados.

2. A nivel de centro poblado:

- Si el centro poblado posee acceso a internet (internet cp).
- Si el centro poblado tiene acceso a telefonía fija (teléfono cp).
- Si el centro poblado tiene acceso a telefonía celular (celular cp).
- Si el centro poblado tiene alumbrado público (alumbrado cp).
- Si el centro poblado está conectado a la red vial por medio de una carretera (pista cp).
- También se considera un conjunto de variables indicadoras que indican los tipos de vía más utilizadas para la comercialización de productos.

Finalmente, la encuesta también provee información sobre características de los integrantes del hogar. En particular, utilizamos las siguientes características del jefe de hogar: edad (y edad al cuadrado), género y nivel educativo.

4.5 RESULTADOS

FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB-DOUGLAS

Se proponen dos conjuntos de estimaciones. En primer lugar, se estimará la función de producción asumiendo una forma Cobb-Douglas (lo que lleva a

una regresión lineal del producto contra los insumos, en logaritmos). Como se indicó en la sección metodológica, esta estimación tiene dos problemas potenciales: por una parte, se restringe el patrón de sustituibilidad entre los insumos considerados; y, por otro lado, la especificación sufre de endogeneidad, por lo que los estimados obtenidos de los parámetros no serán consistentes (no se acercarán a los verdaderos valores de estos parámetros, sin importar el tamaño de la muestra). De todos modos, se incluyen estos resultados de manera referencial.

El cuadro 4.2 muestra los resultados de esta estimación. Como se puede apreciar en dichas tablas, los resultados no son consistentes con una función con retornos constantes a escala en ninguna de las especificaciones (más adelante, veremos que este resultado cambia con la estimación de las funciones CES, que controla la endogeneidad en el uso de insumos). En segundo lugar, salvo en el caso del trabajo contratado (*HL*), los estimados del resto de insumos no cambian demasiado entre un año y el otro.

CUADRO 4.2 *Función de producción Cobb-Douglas (2011 y 2012)*

	Estimación por año de encuesta	
	2011(1)	2012(2)
ln <i>HL</i>	0.571*** (0.019)	0.436*** (0.018)
ln <i>FL</i>	-0.012 (0.010)	0.035** (0.014)
ln <i>M</i>	0.720*** (0.037)	0.696*** (0.022)
ln <i>L</i>	0.658*** (0.011)	0.637*** (0.008)
Constante	0.607*** (0.020)	0.632*** (0.018)
Efectos fijos	Distrito	Distrito
Observaciones	12,246	15,731
R^2	0.725	0.747

NOTAS: la variable dependiente es ln *Y*. Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Datos de Enapres.

FUENTE: elaboración propia.

FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE ELASTICIDAD DE SUSTITUCIÓN CONSTANTE (CES)

Esta subsección presenta los resultados de estimaciones que asumen una función de producción CES. Como indicamos antes, esta forma funcional proporciona dos ventajas: es más flexible que la función Cobb-Douglas (tradicionalmente utilizada en la estimación de funciones de producción), lo cual permite patrones de sustitución entre los insumos más generales; y es la base de una metodología de estimación que elimina el potencial sesgo en la estimación de los parámetros (posible incidencia del nivel de productividad sobre la decisión de uso de insumos).

El cuadro 4.3 muestra los estimados de r (el parámetro de retornos a escala) y del vector $\alpha = (\alpha_M, \alpha_{HK}, \alpha_{FL}, \alpha_L)$ usando datos del año 2012. A diferencia del caso de la función Cobb-Douglas, estos parámetros no son las elasticidades producto de los insumos, aunque sí están relacionados con la productividad marginal de cada uno de ellos, por lo cual no son comparables con los de la función Cobb-Douglas en magnitudes absolutas.

La segunda columna reporta los resultados de una estimación simple de la función de producción CES (se estima la ecuación 4.2, tomando logaritmos, y usando mínimos cuadrados no lineales), asumiendo que la productividad no afecta el uso de insumos (esta especificación sufriría de sesgo de transmisión). Por otro lado, la primera columna controla por la posible endogeneidad del uso de insumos (ecuación 4.8), y muestra los estimados que combinan la información de la función de producción y la condición de primer orden de uso de un insumo flexible, que en este caso se asume que es M , lo que significa que permitimos que M dependa de la productividad, ω (*i. e.*, el uso de los insumos en M se puede ajustar de acuerdo al nivel de productividad conocido por el agricultor)¹². Como mostramos anteriormente, esto implica estimar una ecuación para el logaritmo de la participación de M (lns_M).

Como se puede apreciar en el cuadro 4.3, salvo los estimados de la elasticidad de sustitución entre insumos ($-\delta$) y del parámetro de economías de escala (r), en general, existe una gran similitud entre la estimación simple y la que corrige el sesgo de transmisión. Uno de los estimados

¹² También se podría asumir que HL (trabajo contratado) es un insumo flexible. Esto requeriría la estimación de dos ecuaciones de la participación, para M y para HL .

más afectados es el relacionado con el uso de insumos intermedios, como pesticidas, fertilizantes y abonos, α_M . El coeficiente del trabajo contratado se incrementa levemente, mientras que los coeficientes del trabajo familiar y de los materiales se reducen, una vez controlado el sesgo de transmisión. Este resultado es consistente con la idea de que el uso de materiales está correlacionado con la productividad del productor, de manera que el incremento en producto asociado con un incremento en uso de materiales se debe, en parte, a la alta productividad de estos productores, antes que al impacto puro del insumo. En la ecuación de la participación de M se controla por lo segundo, de manera que el coeficiente de M refleja más puramente el efecto del uso de materiales. Este resultado es esperado, puesto que estos insumos serían los más flexibles de ajustar frente a las características específicas de la explotación agrícola, incluyendo choques temporales. Por ejemplo, si la explotación se ve afectada por una plaga, se espera un incremento en el uso de pesticidas. Por otro lado, no se esperaría un ajuste similar en el caso de los otros factores, como mano de obra o área cultivada (de hecho, muchos de los choques a la producción agrícola ocurren luego de la decisión de cultivo o siembra).

CUADRO 4.3 *Función de producción CES (2012)*

	$\ln s_M$ (1)	$\ln Y$ (2)
$-\delta$	0.937*** (0.008)	0.795*** (0.030)
R	0.713*** (0.020)	0.988*** (0.006)
α_{HL}	0.242*** (0.011)	0.237*** (0.011)
α_{FL}	0.001** (0.001)	0.003** (0.001)
α_M	0.327*** (0.011)	0.361*** (0.006)
α_L	0.429*** (0.011)	0.399*** (0.009)
Observaciones	15,386	15,386

NOTAS: la variable dependiente en la primera columna es $\ln s_M$ y en la segunda es $\ln Y$. Insumos: trabajo contratado, trabajo familiar, insumos, tierra (precios deflactados). Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Cuando se incluyen efectos fijos por distritos, la estimación del modelo no lineal no converge. Datos de Enapres.

FUENTE: elaboración propia.

Con respecto a la elasticidad de sustitución, el estimado (-0.937) sugiere una elasticidad de sustitución significativamente mayor que la que asumiría una función de tipo Cobb-Douglas¹³, la cual no puede ser capturada por esa función. En cuanto a los retornos a escala, la especificación que controla por el sesgo de transmisión (columna 1) produce un estimado mucho menor que el de la especificación simple. De hecho, el estimado sugeriría rendimientos decrecientes a escala, a diferencia de la estimación simple. Esto no es sorprendente, en la medida en que no podemos incluir el insumo capital. Esperaríamos que incluyendo una medida apropiada del mismo se restablezca el resultado de retornos constantes a escala. En cualquier caso, ninguno de los resultados del estimador de r sugiere la presencia de retornos crecientes a escala (a diferencia de lo encontrado para el caso de la función Cobb-Douglas, cuadro 4.2).

En suma, entonces, se aprecia que la flexibilidad de la especificación CES permite identificar un mayor grado de sustituibilidad entre insumos que el permitido por estimaciones con una función Cobb-Douglas. En segundo lugar, controlar por el sesgo de transmisión genera resultados estadísticamente diferentes de los obtenidos por una función Cobb-Douglas clásica.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y SUS DETERMINANTES

Utilizando la metodología descrita en la sección 4.3, a continuación presentamos los resultados de las estimaciones de productividad y exploramos estadísticamente su relación con el acceso a infraestructura de servicios públicos.

Como se menciona en la sección 4.4, el uso de los ingresos como medida de producción puede llevar a sobre- (sub-) estimar la productividad en regiones donde los precios recibidos por los productores agrarios sean mayores (inferiores). Para lidiar con este potencial problema, proponemos también una estimación de la productividad **neta** (al resultado anterior se le denomina productividad bruta). Esta medida utiliza como producto (Y) un

¹³ En este resultado, puede desempeñar un rol el hecho de que la especificación actual asume que todos los insumos tienen la misma sustituibilidad entre sí. Este supuesto se puede relajar con una generalización de la función CES utilizada, que permite diferentes posibilidades de sustitución entre diferentes tipos de insumos.

índice de producción deflactado, en vez de usar directamente los ingresos. Debido a que la Enapres cuenta con información de los precios recibidos por cada producto de cada productor agrario, se puede calcular un deflactor individual para cada uno de ellos. En particular, calculamos el precio promedio ponderado recibido, donde el precio de cada producto vendido se pondera por la proporción de ingresos que representa el producto dentro de los ingresos totales del productor. De esta manera, para calcular la productividad neta, se utiliza $\ln Y = \ln(\text{ingresos}/\text{deflactor})$.

El gráfico 4.1a presenta los resultados de las estimaciones de las productividades brutas en promedio por departamento, mientras que el gráfico 4.1b muestra las productividades netas; ambos para 2012. Los resultados muestran una amplia dispersión entre los promedios departamentales. En el caso de la productividad bruta, la razón de índices de productividad entre los departamentos más y menos productivos (Tacna y Apurímac, respectivamente) es casi 6.5, mientras que la diferencia es aún más pronunciada si se elimina la influencia de la diferencia en precios a través de las regiones. En este caso, la razón de índices de productividad entre los departamentos más y menos productivos (Tumbes y Apurímac, respectivamente) es de 11.11.

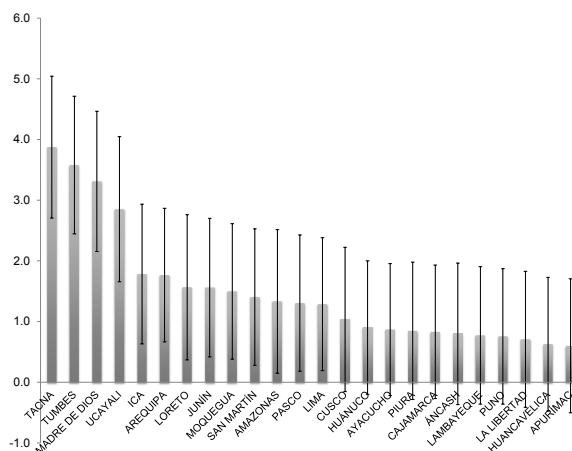
Los valores en el eje vertical son los promedios departamentales de los estimados de productividad de cada productor. Para la interpretación del gráfico 4.1, es el *ranking* el que importa; no los valores absolutos. Recordemos que la productividad, en este artículo, se refiere, por ejemplo, a la capacidad del productor agropecuario para combinar eficientemente su uso de insumos o utilizar cualquier práctica tecnológica novedosa que aumente su producción. Por ejemplo, la productividad bruta promedio de La Libertad es 0.708 (puesto 22) y la de Tumbes es 3.58 (puesto 2); esto implica que un agricultor típico de Tumbes produce 3.76 veces más que uno de La Libertad, con el mismo conjunto de insumos. De ahí que este *ranking* no sea comparable con los que obtendríamos de indicadores típicos de rendimiento usados por estudios previos, como el ingreso bruto por hectárea, que solo identifican aumentos en la producción debido al mayor uso de insumos, y no a la productividad, como se entiende en este artículo. Por ejemplo, usando el ingreso bruto por hectárea, que solo permite identificar cuánto del aumento de la producción se debe al mayor

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA A PEQUEÑA ESCALA
EN EL PERÚ

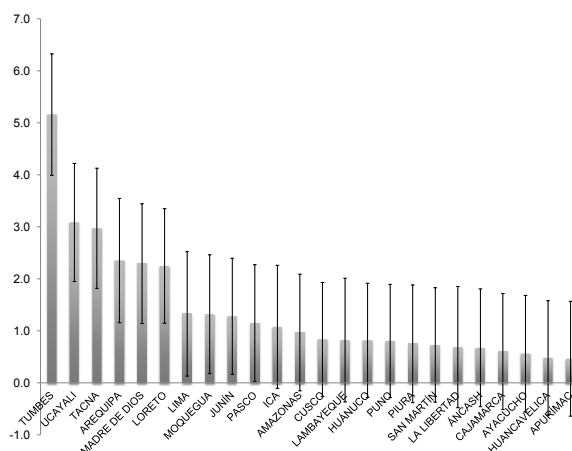
uso de insumos, Tumbes estaría en el puesto 3 y La Libertad estaría en el puesto 15. También, se muestran los intervalos de confianza, para indicar que estos son estimados y deben ser usados con cautela, pues su error muestral varía en función del tamaño de la muestra. Como se puede notar, varios puestos en el *ranking* de productividad (bruta y neta) se traslapan cuando uno tiene en cuenta los intervalos de confianza.

GRÁFICO 4.1 Ranking de productividad, 2012

(A) Ranking de productividad bruta, 2012



(B) Ranking de productividad neta, 2012



NOTAS: se excluyeron las observaciones que no reportan salario. Las líneas negras en cada barra representan los intervalos de confianza. Datos de Enapres.

FUENTE: elaboración propia.

¿Cómo afecta el acceso a infraestructura de servicios públicos la productividad de los pequeños productores agrarios? Los cuadros 4.4 y 4.5 muestran resultados de regresiones que relacionan los indicadores de productividad bruta y neta, antes descritos, con algunas características de los productores agrarios, a nivel personal, del hogar y del centro poblado. Específicamente, se incluyen las siguientes variables:

- Características del jefe de hogar: edad, género, nivel educativo.
- Acceso a servicios públicos en el hogar:
 - El hogar tiene energía eléctrica mediante la red pública (electricidad).
 - La principal fuente de energía para el alumbrado en el hogar es el petróleo, el querosene o un generador (petróleo).
 - El abastecimiento de agua proviene de la red pública (agua red).
 - El servicio de desagüe está conectado a la red pública (desagüe red).
 - El hogar tiene servicio de telefonía fija (teléfono fijo).
- Acceso a servicios públicos en el centro poblado:
 - Internet, mediante cabinas públicas (internet cp).
 - Telefonía pública (fono cp) y señal celular (celular cp).
 - Calles pavimentadas (pista cp).
 - Alumbrado público (alumbrado cp).
 - Acceso a carretera (carretera).
- Movilidad:
 - Si se moviliza en auto, moto o bus hacia mercados fuera de centros poblados (movmotor).
 - Si se moviliza a pie, con animales, etc., hacia mercados fuera de los centros poblados (movanimal).

En los cuadros 4.4 y 4.5, las dos primeras columnas son regresiones simples por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), mientras que las últimas dos columnas consideran efectos fijos a nivel de conglomerado (conjunto de cuadras). Las columnas 2 y 4 en ambas tablas incluyen las variables indicadoras que indican los medios de transporte y las vías utilizadas más frecuentemente para el transporte de la producción agrícola para la comercialización. Estas variables se consideran de manera separada,

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA A PEQUEÑA ESCALA
EN EL PERÚ

en tanto que se trata de decisiones de los productores agrícolas que seguramente están más íntimamente ligadas al valor de la producción obtenida. Finalmente, las columnas 3 y 4, que incluyen efectos fijos a nivel de conglomerado, ya no incluyen variables de características a nivel de centro poblado, en tanto que los efectos fijos ya capturarían todas las características a dicho nivel (los conglomerados en áreas rurales son unidades de muestreo que están englobadas dentro de centros poblados).

CUADRO 4.4 *Determinantes de la productividad bruta de factores*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Edad	0.035*** (0.005)	0.036*** (0.005)	0.039*** (0.004)	0.038*** (0.004)
Edad al cuadrado	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)
Sexo	0.458*** (0.031)	0.447*** (0.036)	0.443*** (0.029)	0.432*** (0.029)
Nivel educativo	0.072*** (0.007)	0.098*** (0.009)	0.036*** (0.008)	0.035*** (0.008)
Teléfono fijo	0.416*** (0.094)	0.404*** (0.093)	0.258*** (0.085)	0.254*** (0.085)
Electricidad	0.147*** (0.030)	0.123*** (0.033)	0.155*** (0.035)	0.152*** (0.034)
Petróleo	0.350*** (0.045)	0.322*** (0.046)	-0.013 (0.051)	-0.016 (0.051)
Agua (red)	-0.107*** (0.027)	-0.096*** (0.030)	0.061 (0.042)	0.058 (0.042)
Desagüe (red)	0.010 (0.033)	0.059 (0.049)	0.085* (0.044)	0.085* (0.044)
Movilidad (motor)		0.277*** (0.031)		0.220*** (0.035)
Movilidad (pie, animales)		0.165*** (0.033)		0.109*** (0.037)
Acceso a carretera		0.204*** (0.040)		
Internet (cabinas)		0.004 (0.050)		
Teléfono público		0.104*** (0.030)		
Celular		-0.283*** (0.042)		
Calle pavimentada		-0.015 (0.054)		
Alumbrado público		-0.095*** (0.031)		
Constante	-1.317*** (0.130)	-1.286*** (0.147)	-1.340*** (0.118)	-1.365*** (0.118)
Observaciones	15,357	11,757	15,357	15,357
R ²	0.047	0.073	0.046	0.050

NOTAS: errores estándar entre paréntesis. * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Datos de Enapres.

FUENTE: elaboración propia.

Un primer resultado de las tablas es que existe una relación positiva y significativa entre la productividad y las características individuales como

la edad, el sexo y el nivel educativo. En particular, los productores varones y con mayor nivel educativo exhiben mayores niveles de productividad.

En las regresiones simples por MCO, se observa que las características del hogar, como el acceso a agua o desagüe, presentan una relación negativa con la productividad. Este resultado, aparentemente poco intuitivo, se repite con las variables que indican el acceso a telefonía celular o la existencia de alumbrado público en el centro poblado. Una explicación de esto es que el acceso a nivel de centro poblado a este tipo de infraestructura depende en muchos casos del diseño de programas de acceso (como el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – Fitel, en el caso de las telecomunicaciones), cuya focalización no depende necesariamente del nivel de productividad agraria del área geográfica. El hecho de que esta correlación no implica una relación de causalidad se puede ilustrar con los resultados de la estimación con efectos fijos a nivel de conglomerado. Esta estimación compara hogares con acceso a la red de desagüe con hogares sin acceso dentro del mismo conglomerado, manteniendo fijos, de esta manera, otros factores que podrían explicar la productividad, sean observables o no (*e. g.*, el rendimiento promedio de la tierra en el conglomerado). Estos resultados indican que los hogares con acceso a la red de desagüe, con servicio de electricidad y telefonía fija dentro del conglomerado, presentan mayores niveles de productividad agraria, en comparación con hogares dentro del mismo conglomerado sin acceso a estos servicios (no se encuentra una relación con el suministro de agua mediante la red pública).

Con respecto a las variables de movilidad, el resultado más saltante es la relación positiva que tiene movilizarse a ferias mediante transporte motorizado o de tracción animal, frente a comerciar íntegramente en el centro poblado. Esto podría explicarse por dos factores, posiblemente confluyentes: (i) los productores con menor valor generado tienen menos incentivos para incurrir en costos de transporte, y (ii) los productores que no comercializan en mercados o ferias dependen de intermediarios para comercializar sus productos, y estos poseen poder de mercado; así, recibirían menos por su producción. Es de esperar que la productividad neta capture el primer efecto, y que la productividad bruta capture ambos efectos simultáneamente. Dado que no existen diferencias estadísticamente

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA A PEQUEÑA ESCALA
EN EL PERÚ

significativas entre los coeficientes de ambas regresiones, no encontramos a este nivel evidencia consistente con la segunda hipótesis.

CUADRO 4.5 *Determinantes de la productividad neta de factores*

	(1)	(2)	(3)	(4)
Edad	0.040*** (0.005)	0.042*** (0.006)	0.036*** (0.005)	0.035*** (0.005)
Edad al cuadrado	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)	-0.0004*** (0.0001)
Sexo	0.388*** (0.034)	0.364*** (0.039)	0.446*** (0.032)	0.437*** (0.032)
Nivel educativo	0.086*** (0.008)	0.112*** (0.010)	0.030*** (0.008)	0.030*** (0.008)
Teléfono fijo	0.511*** (0.102)	0.484*** (0.101)	0.194** (0.092)	0.191** (0.092)
Electricidad	0.186*** (0.033)	0.208*** (0.036)	0.163*** (0.036)	0.162*** (0.036)
Petróleo	0.548*** (0.049)	0.510*** (0.050)	-0.013 (0.0550)	-0.016 (0.055)
Agua (red)	-0.111*** (0.030)	-0.089*** (0.033)	0.064 (0.045)	0.061 (0.045)
Desagüe (red)	-0.051 (0.035)	0.024 (0.053)	0.094** (0.047)	0.094** (0.047)
Movilidad (motor)		0.211*** (0.034)		0.157*** (0.038)
Movilidad (pie, animales)		-0.110*** (0.036)		0.121*** (0.040)
Carretera		0.324*** (0.044)		
Internet (cabinas)		0.118** (0.054)		
Teléfono		0.050 (0.033)		
Celular		-0.342*** (0.046)		
Calle pavimentada		-0.028 (0.058)		
Alumbrado público		-0.148*** (0.034)		
Constante	-1.653*** (0.141)	-1.552*** (0.160)	-1.397*** (0.127)	-1.420*** (0.127)
Observaciones	15,357	11,757	15,357	15,357
R ²	0.045	0.072	0.040	0.042

NOTAS: errores estándar entre paréntesis. * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Datos de Enapres.
FUENTE: elaboración propia.

Sin duda, estos resultados merecen ser explorados con mayor profundidad, y suscitan una serie de preguntas, como la naturaleza misma de nuestro indicador de poder de mercado. Ese análisis lo dejamos para investigaciones futuras.

4.6 CONCLUSIÓN

La estimación de funciones de producción agrícola permite identificar la importancia relativa de distintos factores de producción, además del cálculo de la productividad total de factores, cuya heterogeneidad ha sido documentada por estudios para otros países y parece darse también en nuestro caso. Por otro lado, controlar por el sesgo de transmisión genera resultados estadísticamente diferentes que no hacerlo; en particular, en cuanto al parámetro asociado a los insumos intermedios, como pesticidas, fertilizantes y abonos, α_M ; lo cual puede deberse a la flexibilidad para ajustar estos insumos frente a choques temporales.

Asimismo, encontramos una relación positiva entre la productividad, la edad (que puede ser considerada como una variable *proxy* de experiencia) y la educación. Este resultado es consistente con el hecho de que un mayor nivel educativo permite descifrar más fácilmente tecnologías disponibles para aumentar la eficiencia en el uso de insumos (la llamada habilidad para aprender indicada en Rosenzweig [1995]). De otro lado, el resultado según el cual los hogares con acceso a la red de desagüe, con telefonía fija y con servicio de electricidad dentro del conglomerado, presentan mayores niveles de productividad agraria podría implicar que la infraestructura básica contribuye a promover mejoras en la productividad agrícola.

De otro lado, observamos una relación negativa entre la decisión de no acudir a ferias o mercados para ofrecer sus productos y la productividad, que podría deberse a que los productores con menor valor generado tienen menos incentivos para incurrir en costos de transporte. Esto, a su vez, podría ser mitigado con mejoras en infraestructura de transporte (caminos).

Finalmente, nuestros resultados brindan evidencia consistente con un impacto significativo del acceso a cierto tipo de infraestructura para incrementar la productividad agraria. En términos comparativos, si bien incrementos en el nivel educativo incrementarían la productividad entre 2% y 6% (por ejemplo, pasar de primaria a secundaria), el acceso a electricidad incrementaría la productividad en alrededor del 10%. Asimismo, el uso de carreteras está correlacionado con niveles de productividad de entre 9% y 20% mayores. Tomando estos resultados en conjunto, la evidencia encontrada sugiere que la promoción del acceso a infraestructura que

mejore la conectividad y el uso de energía eléctrica desempeñarían un rol muy importante en incrementar la productividad de las unidades agrícolas, por lo que se sugiere un enfoque intensivo en este aspecto. En ese sentido, entidades como Fitel y Foner podrían contribuir al crecimiento de la productividad agrícola en el país.

REFERENCIAS

- AHMED, R. y M. HOSSAIN
1990 *Developmental Impact of Rural Infrastructure in Bangladesh*. Washington D. C.: International Food Policy Research Institute.
- APARICIO, C.; M. JARAMILLO y C. SAN ROMÁN
2011 *Desarrollo de la infraestructura y reducción de la pobreza: el caso peruano*. Lima: CIES y Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico.
- APOYO CONSULTORÍA
2010 *El impacto de las telecomunicaciones en el desarrollo: el caso de la telefonía móvil en el ámbito rural*. Lima, Perú.
- BINSWANGER, H. P.; S. R. KHANDKER y M. R. ROSENZWEIG
1993 "How Infrastructure and Financial Institutions Affect Agricultural Output and Investment in India". *Journal of Development Economics* 41(2), 337-66.
- BLOCKA, S. y P. WEBB
2001 "The Dynamics of Livelihood Diversification in Post-Famine Ethiopia". *Food Policy* 26(4), 333-350.
- CARDONA, C.
2012 *Gender Differences in Agricultural Productivity*. Master thesis for the degree of Master of Philosophy in Environmental and Development Economics, Universidad de Oslo.
- COOK, C.; T. DUNCAN, S. JITSUCHON, A. SHARMA y W. GUOBAO
2005 *Assessing the Impact of Transport and Energy Infrastructure on Poverty Reduction*. Asian Development Bank, Filipinas.
- DE LOECKER, J.
2011 "Product Differentiation, Multi-Product Firms and Estimating the Impact of Trade Liberalization on Productivity". *Econometrica* 79(5), 1407-1451.
- ESCOBAL, J.
2000 "Costos de transacción en la agricultura peruana: una primera aproximación a su medición e impacto". Documento de Trabajo 30. Grupo de Análisis para el Desarrollo (Grade).
- FAN, S. y P. HAZELL
1999 "Are Returns to Public Investment Lower in Less-Favored Rural Areas? An Empirical Analysis of India". EPTD Discussion Paper 43. International Food Policy Research Institute. Washington D. C.
- FAN, S.; P. HAZELL y T. HAQUE
2000 "Targeting Public Investments by Agro-Ecological Zone to Achieve Growth and Poverty Alleviation Goals in Rural India". *Food Policy* 25(4), 411-428.

PRODUCTIVIDAD EN EL PERÚ: MEDICIÓN, DETERMINANTES E IMPLICANCIAS

- FAN, S.; P. HAZELL y S. THORAT
2000 "Government Spending, Growth and Poverty in Rural India". *American Journal of Agricultural Economics* 82(4), 1038-1051.
- FAN, S.; L. ZHANG y X. ZHANG
2002 "Growth, Inequality, and Poverty in Rural China: The Role of Public Investments". Research Report 125. International Food Policy Research Institute.
- GANNON, C. y Z. LIU
1997 *Poverty and Transport*. INU / TWU Series Transport Publications TWU-30. Washington D. C.: The World Bank.
- GHANDI, A.; S. NAVARRO y D. RIVERS
2013 "On the Identification of Production Functions: How Heterogeneous is Productivity?". Mimeo.
- GRILICHES, Z. y J. MAIRESSE
1999 "Production Functions: The Search for Identification". En: Ström, S. (ed.), *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century*. Econometric Society Monographs 31, 169-203. Cambridge: Cambridge University Press.
- GUIMÁRAES, A. L. y C. UHL
1997 "Rural Transport in Eastern Amazonia: Limitations, Options, and Opportunities". *Journal of Rural Studies* 13(4), 429-440.
- GUIRKINGER, C. y S. BOUCHER
2007 "Credit Constraints and Productivity in Peruvian Agriculture". Documento de trabajo 07-005, University of California Davis, Department of de Agricultural and Resource Economics.
- KUMAR, P.; S. MITTAL y M. HOSSAIN
2008 "Agricultural Growth Accounting and Total Factor Productivity in South Asia: A Review and Policy Implications". *Agricultural Economics Research Review* 21(2), 145-172.
- LEVY, H.
1996 "Morocco – Socioeconomic Influence of Rural Roads: Fourth Highway Project". Impact Evaluation Report 15808. The World Bank.
- LÓPEZ, R.
2005 "Why Governments Should Stop Non-Social Subsidies: Measuring their Consequences for Rural Latin American". Policy research working paper 3609. The World Bank.
- LUDEÑA, C.
2010 "Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean". IDB Working Papers 186. International Development Bank.
- LUCAS, K.; T. DAVIS, y K. RIKARD
1996 "Agriculture Transport Assistance Program: Impact Study". Project Number 621-0166. Usaid/Tanzania.
- MAMATZAKIS, E. C.
2003 "Public Infrastructure and Productivity Growth in Greek Agriculture". *Agricultural Economics* 29(2), 169-180.
- QUISUMBING, A.
1995 "Gender Differences in Agricultural Productivity: A Survey of Empirical Evidence". FNCD Discussion Paper 5. Food Consumption and Nutrition Division (FNCD), Ifpri.

INFRAESTRUCTURA Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGRICULTURA A PEQUEÑA ESCALA
EN EL PERÚ

REIMERS M. y S. KLASSEN

2013 "Revisiting the Role of Education for Agricultural Productivity". *American Journal of Agricultural Economics* 95(1), 131-152.

ROSENZWEIG, M.

1995 "Why Are there Returns to Schooling?". *American Economic Review* P&P 85(2), 153-158.

SYVERSON, C.

2011 "What Determines Productivity". *Journal of Economic Literature* 49(2), 326-365.

ZEGARRA, E. y V. MINAYA

2007 "Gasto público, productividad e ingresos agrarios en el Perú: avances de investigación y resultados empíricos propios". En: *Investigación, políticas y desarrollo en el Perú*, 27-66. Lima: Grade.