

Productividad y poder de mercado en mercados agrícolas¹
(Proyecto mediano PMN-T10-09-2013)

Informe final revisado presentado al
Consortio de Investigación Económica y Social (CIES)

Francisco B. Galarza
galarza_fb@up.edu.pe

J. Guillermo Díaz
guille.diazg@gmail.com

Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP)

11 de noviembre de 2014

¹ Agradecemos la valiosa asistencia de César Salinas y a un *referee* por sus comentarios. Los autores son los únicos responsables por las opiniones expresadas en este informe.

Contenido

1. Introducción
 2. Marco teórico
 - 2.1. Productividad
 - 2.2. Poder de mercado
 3. Metodología
 - 4.1 Estimación de la función de producción agraria
 - (a) El modelo empírico
 - (b) Estimación
 - (c) Estimación de la productividad
 4. Resultados
 - 4.1. Los datos
 - 4.2. Función de producción
 - (a) Función Cobb-Douglas
 - (b) Función de elasticidad de sustitución constante
 - (c) Estimación de la productividad y sus determinantes
 - (d) Relación entre productividad y tamaño de la unidad productiva
 - 4.3. Poder de mercado
 - (a) Productividad y poder de mercado
 5. Conclusión e implicancias de política
 6. Recomendaciones
 7. Plan de incidencia
- Referencias

Reseña

La estimación de distintas especificaciones de funciones de producción agrícola (Cobb-Douglas y de elasticidad de sustitución constante, CES) para el Perú no apoya la hipótesis de la existencia de retornos crecientes a escala. Además, observamos evidencia de la existencia de poder de mercado en el caso del algodón, aun cuando no hallamos el valor del coeficiente que refleja la estructura de ese mercado (oligopsónica o monopsónica). Asimismo, encontramos que la productividad, medida como el residuo de la estimación de dicha función, está positivamente correlacionada con la edad, el sexo, y la educación; y negativamente relacionada con el tamaño de la unidad agropecuaria.

Abstract

Results from the estimation of several specifications of a production function (Cobb-Douglas and constant-elasticity-of-substitution, CES) do not provide evidence of the existence of increasing returns to scale in the Peruvian agriculture. Our results also suggest the existence of market power in the cotton market, although we are unable to determine whether the market structure is oligopolistic or monopsonistic. Furthermore, we find that the productivity, estimated as the residual of the production function estimation, is positively correlated with age, sex, and education, and negatively correlated with the farming unit's acreage.

1. Introducción

La inexistencia de datos censales por casi veinte años, así como la carencia de información agrícola desagregada, han dejado un considerable vacío de información sobre las características de la agricultura peruana. Esta carencia ha contribuido a que varios temas de la agenda de discusión pública no hayan sido abordados apropiadamente, como es el caso de la importancia del tamaño promedio de las parcelas para explicar tanto la productividad agrícola, como el poder de negociación al momento de fijar el precio de venta del producto. De manera más general, por ejemplo, las preguntas sobre los determinantes de la productividad agrícola, cuyas respuestas pueden tener importantes implicancias de política, permanecen largamente irresueltas.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar sistemáticamente algunos determinantes de la rentabilidad de la agricultura peruana, a partir de la estimación de funciones de producción agregadas, donde la producción puede variar por el nivel 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, estimamos la productividad de las unidades agrícolas y examinamos cómo la existencia de poder de mercado podría afectar tanto su medición como su nivel real. Para ello, proponemos un método de estimación adecuado al uso de datos microeconómicos. De otro lado, dada la metodología utilizada, proponemos estudiar la influencia del tamaño de la unidad productiva.²

Como se sustenta en la sección del marco teórico, la existencia de retornos crecientes a escala favorecería la promoción del uso de factores, como la tierra, para incrementar la producción. La visible atomización de la agricultura peruana sería entonces una parte importante de la explicación de la baja rentabilidad del agro,³ antes que un bajo nivel de la PTF. La importancia del análisis del tamaño de la unidad productiva y su productividad es que las recomendaciones de política difieren significativamente de acuerdo con la existencia de retornos a escala: si éstos son constantes, no existe una justificación directa en términos de eficiencia para una política de promoción de la concentración de tierras, por ejemplo,⁴ sino para la promoción del acceso a crédito para inversiones de capital o

² La productividad agrícola se mide en la literatura aplicada como un *ratio* de producción sobre alguna medida de uso de recursos (como tierra, trabajo o capital).

³ De estar en este escenario, quedaría por explicar qué determina que, a pesar de la existencia de retornos crecientes a escala, la estructura del lado de la producción agraria sea tan fragmentada. En el caso de retornos constantes o decrecientes, esto no sería ningún misterio.

⁴ Pueden existir justificaciones indirectas, pero requieren de la existencia de fallas de mercado. Por ejemplo, con mercados de capitales imperfectos, el acceso a crédito puede ser más fácil para

mejoras tecnológicas. Si los retornos a escala son constantes, no debería existir *ninguna* relación entre tamaño y productividad, y las diferencias observadas en este aspecto podrían explicarse por diferencias tecnológicas o diferencias en el acceso a factores productivos, como el capital.⁵

Una explicación adicional para la pobre rentabilidad de la actividad agrícola, basada en el tamaño de la unidad agrícola, es la posible existencia de poder de mercado de parte de los demandantes (por ejemplo, comercializadores o acopiadores del producto). Con un sector agrícola atomizado, se abre la posibilidad de que los demandantes pueden influir en el precio recibido por los agricultores. De aquí la importancia de analizar la posible existencia de poder de mercado oligopsonístico y su efecto sobre los precios recibidos por los productores agrícolas. Para este análisis, tomaremos el caso del algodón. Este objetivo es más limitado en su alcance, debido a que requiere de un mayor detalle en la información, lo que impide replicar el análisis para todos los productos bajo estudio.⁶ En esta parte de la investigación se determinará la importancia de las dos explicaciones usuales de los bajos retornos económicos de algunas actividades agrícolas: la baja productividad y el reducido poder de negociación frente a los comercializadores.

Pese a que la literatura empírica sobre productividad agrícola en el Perú suele asociar la baja productividad con la atomización de las unidades productivas agrícolas (e.g., CEPES, 2001; Eguren, 2003), existe poca evidencia cuantitativa sólida al respecto. Es más, la evidencia más directa apunta en la dirección contraria: al menos en el caso de algunos cultivos, se observa una relación *negativa* entre la productividad y el tamaño de la unidad de producción (el gráfico 1 muestra dicha relación para el maíz amiláceo). Esta relación inversa no es un caso atípico, sino que se encuentra ampliamente documentada en la literatura internacional (ver, por ejemplo, Assunção y Braido, 2007; Barrett et al., 2010; Benjamin, 1995; Carter, 1984; Feder, 1985; y Lamb, 2003) y no implica necesariamente

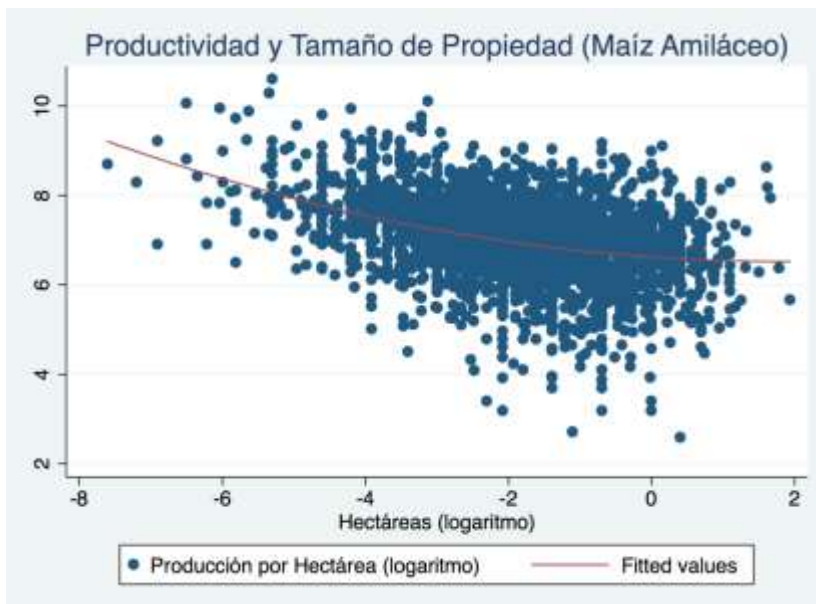
agricultores con unidades más grandes, que pueden ser ofrecidas como colateral. Sin embargo, aun en este caso, la concentración de tierras no es la única opción posible, ni necesariamente la más recomendable.

⁵ Probablemente con un énfasis en el desarrollo tecnológico, si uno considera que la literatura empírica de desarrollo económico encuentra que la principal fuente del crecimiento no son factores como capital o trabajo, sino el avance tecnológico.

⁶ En el caso del algodón, la literatura nacional documenta la tecnología de producción de las desmotadoras, que son los demandantes del algodón en rama (ver Bianco y Macedo, 2005). Esto permite calcular cuál sería el precio que estos demandantes del algodón como producto intermedio pagarían en competencia perfecta. En otros cultivos, vendidos simplemente a comercializadores mayoristas, es posible que el precio mayorista constituya un *benchmark* directo de comparación, pero dependerá de las condiciones de competencia de este mercado.

que la atomización sea eficiente.⁷ Una conclusión que se desprende de los estudios a nivel internacional es que, bajo un control apropiado de las características individuales de la unidad productiva, esta relación negativa es consistente con retornos constantes a escala y características de los mercados de factores locales.

Gráfico 1



Fuente: ENAPRES 2012.

Elaboración: propia.

De acuerdo con los hallazgos internacionales, entonces, nuestra hipótesis principal es que existen retornos constantes a escala en la producción agrícola; es decir, alcanzado un nivel de producción mínimo, no existirían ganancias en eficiencia de seguir incrementando el tamaño de la parcela. Este resultado implicaría que las diferencias en productividad laboral observadas entre empresas grandes y pequeñas no puedan ser explicadas por economías de escala, sino por diferencias en el capital invertido y/o en el desarrollo tecnológico.

Algunos de los estudios previos que examina nuestros temas de interés en este documento incluyen Ludeña (2010), quien examina la evolución de la productividad total de factores (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 periodo. Dentro de ALC, Ludeña encuentra que países abundantes en tierra registran mayores tasas de

⁷ Otros cultivos importantes en los cuales hemos podido verificar relaciones negativas con datos de la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos 2012 (ENAPRES) son la papa, el trigo, el plátano y la yuca. Un cultivo que, más bien exhibe una relación positiva, es el algodón.

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) analiza las diferencias en la productividad agrícola por sexo en el Perú (tema que es examinado extensamente por Quisumbing (1995)⁸), y encuentra que las diferencias entre los valores de la producción por hectárea no se debe 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 educación,⁹ 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 lo encuentran Guirkinger y Boucher (2007) para el caso de Piura. Por último, la productividad agrícola también podría ser afectada por la asistencia técnica, la calidad de la tierra y el acceso al agua, aunque estas dos últimas variables son difíciles de medir.

Por otro lado, la hipótesis asociada a nuestro objetivo secundario es que hay un efecto importante de las condiciones de competencia en el mercado del producto sobre los precios. En el caso del algodón, se espera que el precio pagado por las desmotadoras esté significativamente por debajo de los niveles que se encontrarían en una situación más competitiva, tal como lo sugiere la literatura previa. Es decir, el poder de mercado, entendido como la capacidad para fijar un precio por encima del costo marginal, también puede ser un factor relevante para explicar los pobres resultados de los agricultores, al menos en el caso de algunos cultivos.

Existen pocos trabajos que analizan el poder de mercado en productos agrícolas; los mismos que, generalmente, comparan un precio al consumidor doméstico con un precio internacional para examinar algún tipo de rigidez en los precios domésticos cuando el precio internacional varía (brechas en los precios). Luego, estiman una función de demanda para simular un modelo oligopólico y analizar cómo se comportaría la demanda del producto ante reducciones (o aumentos) del precio doméstico del cultivo mediante el cálculo de elasticidades precios. Morisset (1998) usa el método antes descrito y evalúa estas anomalías en los mercados del café, aceite, arroz, azúcar, trigo y carne vacuna de Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón y Estados Unidos para el periodo 1970-1994. El autor encuentra que, en general, el precio doméstico de estos productos es inflexible a la

⁸ En dicha revisión de la literatura, la autora reporta que, en general, no hay diferencias por sexo en la productividad agrícola.

⁹ La importancia de la educación para explicar la productividad agrícola es apoyada también por el estudio de Reimers y Klasen (2011), 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.

baja cuando los precios internacionales disminuyen; sin embargo, cuando éstos aumentan, los precios domésticos también tienden a aumentar. De la misma forma, Durevall (2006) estima la demanda de café en Suecia para el periodo 1968-2002 y encuentra que la elasticidad precio no determina fuertemente la demanda por este producto. Esto implica que una fuerte reducción en el precio internacional de café apenas incrementa la demanda, lo cual es un indicio claro de poder de mercado en el precio doméstico de este cultivo. Cálculos del índice de Lerner comprueban esta evidencia para el periodo 1985-2002, que sitúan esta elasticidad ajustada en 0,10.¹⁰

De igual importancia es el estudio realizado por Loza (2001), quien analiza la competitividad del mercado primario de leche en Argentina. El autor encuentra evidencia de cierto grado de poder monopsónico y de que el grado de poder de mercado es alto cuando existe mayor producción de leche. En consecuencia, los productores rurales pierden un porcentaje de la rentabilidad que les correspondería si no se dieran las fallas de mercado. En el caso peruano, Bianco y Macedo (2005) es uno de los pocos trabajos que abordan el tema. Los autores estudian el rol de la concentración de las empresas desmotadoras en la formación de precios del algodón rama en Huaral y Chíncha, y encuentran evidencia cualitativa de un amplio poder de mercado en Huaral. Sin embargo, el poder de mercado no es cuantificado de manera explícita y tampoco se cuantifican los determinantes tecnológicos de los costos de los agricultores. Por ende, dado que no se tiene idea de la magnitud de sus costos económicos, no es posible discernir la importancia del poder de mercado versus la baja productividad de los agricultores sobre su rentabilidad. Aparicio (2003) adolece de la misma limitación en su análisis del poder de mercado del maíz amarillo duro en los valles de Barranca y Cañete.

En resumen, entonces, los estudios sobre productividad agrícola en el Perú solo aportan información parcial para el análisis de problemas como el efecto del tamaño de la parcela sobre la productividad, o la importancia de la calificación de la mano de obra (educación); dos temas que van a ser abordados por este estudio.

El resto del documento está organizado como sigue. La sección 2 revisa la literatura sobre productividad agrícola y poder de mercado. La sección 3 examina los principales enfoques teóricos sobre ambos temas. La sección 4 plantea la metodología usada en el análisis, la sección 5 presenta los resultados, la sección 6 concluye, y la sección 7 plantea el plan de incidencia.

¹⁰ Cuando esta elasticidad es cero, nos encontramos en una situación de competencia perfecta y cuando es uno, hay evidencia de poder monopólico.

2. Marco teórico: La productividad y el poder de mercado

El poder de mercado puede influir el estudio de la productividad agrícola mediante dos vías: (i) medición, y (ii) incentivos para la adopción de mejoras en productividad. La primera vía parte de la siguiente idea: si la medición de la productividad total de factores se basa en la observación de los ingresos de los productores, el poder de mercado (que por definición afecta los precios de equilibrio) afectará la medición de la TFP. La segunda vía consiste en un efecto real de las condiciones de mercado sobre la productividad. Si el poder de mercado de la demanda restringe severamente los precios, eliminando las (cuasi) rentas que uno esperaría de adoptar una mejora tecnológica, se pueden perder los incentivos a adoptar estas mejoras en primer lugar.

En las siguientes secciones, detallamos estas ideas. En primer lugar se abordan los conceptos sobre los que trata esta investigación, como son la productividad (sección 3.1) y el poder de mercado (sección 3.2). En estas secciones también se presentan desarrollos teóricos que enlazan ambos conceptos, de acuerdo con las intuiciones adelantadas en el párrafo previo. En particular, se presentan teorías que relacionan el poder de mercado con la productividad real; los temas de medición son tratados en el capítulo que aborda las metodologías empíricas del estudio.

2.1 Productividad

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

$$Q = f(K, L, T)$$

donde Q es el nivel de producto, que depende del uso de insumos como capital (K), trabajo (L) y tierra (T). Una forma funcional usada frecuentemente para el caso de la producción agrícola es la Cobb-Douglas:

$$Q = AK^aL^bT^c \quad (1)$$

Donde a , b y c son parámetros fijos y A es una variable que puede representar múltiples elementos, desde el estado de la tecnología a la eficiencia intrínseca del productor. El primer caso se refiere a 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, no considerados como factores de producción, como por ejemplo, los shocks climáticos. Cubriendo potencialmente todas estas posibilidades, se denomina al término A como productividad total de factores (o TFP, por sus siglas en inglés) o, en ocasiones en este estudio, simplemente *productividad*.¹¹

Este marco teórico simple permite estudiar consistentemente una serie de proposiciones de política pública. El primer elemento 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 de uso de factores o mediante el incremento de su productividad, siendo ambos no necesariamente 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 TFP. 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 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 TFP, antes que por el uso de factores.¹²

Más allá de esto, es evidente que cada conjunto de elementos está relacionado con recomendaciones de políticas particulares. Por el lado de la TFP se deberían priorizar políticas de promoción del desarrollo tecnológico (o adopción de tecnologías existentes), mientras que en el caso de los factores se deberían priorizar políticas que mejoren el acceso a los mismos (por ejemplo, el acceso a crédito para aumentar la inversión en capital, o en el caso de la tierra políticas para limitar o no el grado de concentración de la

¹¹ Nótese que la formulación de la TFP requiere de un nivel de separabilidad entre una parte de la producción explicable por el uso de factores y otra parte no atribuible a éstos. Esto se puede hacer aún más evidente tomando logaritmos a la función de producción Cobb-Douglas y notando que la TFP podría obtenerse como un residuo.

¹² Esta literatura es extensa. Un resumen de la literatura reciente se encuentra en Kumar, Mittal y Hossain (2008). En los estudios revisados por estos autores encuentran que la evolución del TFP explica entre el 46.8% y 85.7% del crecimiento en la producción agrícola en múltiples países (ver tabla 3 - no se consideran los resultados de estudios del sector pecuario).

propiedad). Por el lado de uso de factores, un tema mencionado algunas veces en el caso de la agricultura peruana es el relacionado al tamaño de las unidades agropecuarias y la incidencia de su reducido tamaño sobre su productividad. Dentro del marco de la función de producción esto equivale a analizar la existencia de *retornos a escala*, es decir, si la producción responde más o menos proporcionalmente al incremento de uso de factores. En el caso de la función Cobb-Douglas, si el uso de todos los insumos aumenta en forma proporcional a un factor α , la producción crecerá en una proporción α^{a+b+c} . Es decir, si $a + b + c > 1$, la producción se incrementará más que proporcionalmente, indicando así la existencia de *retornos crecientes a escala* en la producción. Los retornos crecientes serían un argumento a favor de priorizar el uso de factores para el incremento de la producción.¹³

El análisis de la función de producción también brinda un camino para estudiar el poder de mercado. Asumiendo estructuras de mercado para el caso de los insumos, a partir de conocer los parámetros de la función de producción (a, b, c) se puede estimar el nivel de costos marginales de las firmas, el cual debería ser el precio de mercado bajo condiciones competitivas. Estudiando la diferencia entre este valor y los valores observados de los precios se puede evaluar el nivel de poder de mercado en este segmento.

2.2 Poder de mercado

El poder de mercado permite a algunos de los actores del mercado fijar precios diferentes a los de una situación de competencia perfecta. En el caso de un oligopsonio, esto permite al lado de la demanda reducir la compra del producto para reducir el precio a pagar. De este modo el valor generado para el intermediario de adquirir una unidad más del producto agrícola estará por encima del precio de mercado del mismo. Como se comenta al inicio de esta sección este fenómeno tiene una relación doble con el tema de la productividad.

El poder de mercado genera un problema práctico en la medición de productividad puesto que afecta los precios de los productos agrícolas, y al mismo tiempo se mide la producción agregada por medio del ingreso, es decir, de la interacción de los precios con las cantidades efectivamente producidas. En la sección metodológica se propone un

¹³ Al mismo tiempo sería una interrogante: la existencia de retornos crecientes implicaría que las unidades productivas tenderían a concentrarse, lo cual no ocurre en el agro peruano.

método para tomar en cuenta este posible efecto en la estimación de la función de producción agrícola.¹⁴

Un problema más fundamental, y uno de los focos de análisis del presente estudio, es que también es posible que la existencia de poder de mercado afecte de manera real el nivel de productividad, o TFP. Si adoptar nuevas tecnologías implica de manera general un costo de adaptación, por ejemplo, un período de costos altos mientras, por ejemplo, se adopta la tecnología a las condiciones específicas en que opera la explotación agraria, o se aprende a utilizarla.¹⁵ En el caso agrícola se espera que estos costos sean potencialmente significativos por ejemplo en el uso de nuevas semillas, cuya resistencia o adaptabilidad a condiciones ambientales específicas es en muchos casos difícil de predecir. En el caso de productores que enfrentan poder de mercado del lado de los compradores, hacer estas inversiones puede resultar no factible.

3. Metodología

El presente documento se basa primordialmente en el estudio de la función de producción agraria, como se describe en el marco teórico. En este sentido, un tema metodológico fundamental consiste en cómo estimar esta función de producción de manera apropiada. Esto se describe en la sección 5.1. Este método considera la influencia del poder de mercado, que podría afectar la estimación, según lo sugerido en la sección del marco teórico. En la sección 5.2 se propone un método para la medición del poder de mercado.

3.1 Estimación de la función de producción agraria

(a) El modelo empírico

La función de producción 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

¹⁴ Cabe remarcar que una estimación apropiada de la función de producción agrícola permite evaluar el grado de poder de mercado, asumiendo estructuras de mercado en mercados de productos finales (ver párrafos siguientes).

¹⁵ Un modelo teórico que considera costos de adopción de nuevas tecnologías es el propuesto por Holmes, Levine y Schmitz (2008), aunque ellos consideran poder de mercado de los productores sobre la demanda, por lo que el argumento planteado es diferente. Un trabajo empírico reciente que brinda evidencia relacionada a la existencia de estos costos heterogéneos de adopción tecnológica es Suri (2011). En este estudio se presenta evidencia indirecta de la existencia de una gran heterogeneidad de costos de adopción tecnológica, lo que se utiliza para explicar las bajas tasas de adopción del maíz híbrido en Kenia.

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, en términos prácticos, la productividad se calcula como un residuo, y, por lo tanto, requiere del paso previo de la estimación de una función de producción. Si denominamos al producto, Y , entonces la siguiente función es un ejemplo de aquella:

$$Y = AF(K, L, T)\varepsilon$$

Donde K , L y T son insumos (que en este caso hacen referencia al capital, el trabajo y la tierra), y $F(\cdot)$ es una función que relaciona estos insumos con el producto, de manera que es la parte del producto atribuible directamente al uso de insumos. Los dos términos restantes son la productividad, A , y un shock ε , que captura variaciones naturales en la producción, no sistemáticas y no atribuibles al uso de insumos o la productividad de la firma.¹⁶ Si conociéramos perfectamente la forma funcional de $F(\cdot)$ y pudiésemos medir el uso de los insumos, entonces $Y/F(K, L, T)$ nos permitiría aproximar la productividad, sujeto a la variación aleatoria del error. El objetivo es, entonces, obtener un estimado de $F(K, L, T)$.

Un camino frecuente es asumir un conocimiento parcial de la función $F(\cdot)$. Es decir, se asume una forma funcional (una ecuación) para $F(\cdot)$, dependiente de un vector de parámetros desconocidos, digamos, β . Una forma funcional popular es la Cobb-Douglas:

$$F(K, L, T) = K^a L^b T^c \quad (1)$$

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 desconocido β), si uno asume que $E[\ln A|K, L, T] = E[\ln \varepsilon|K, L, T] = 0$ (o, aproximadamente, ausencia de correlación entre los términos no observables, es decir, la productividad y el error, con 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 (MCO) del logaritmo del producto contra el logaritmo de los insumos nos dará un estimador consistente de β .¹⁷ Sin embargo, en general, no es sencillo asumir que $E[\ln A|K, L, T] = 0$. En la medida que (i) el nivel de uso de los insumos

¹⁶ 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.

¹⁷ 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).

es una decisión del productor, y (ii) que la rentabilidad de esta decisión depende del nivel de productividad del agente, es 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 & Mairesse 1995).

En esta investigación, se propone un método para estimar los parámetros desconocidos de $F(\cdot)$ evitando este sesgo. La propuesta se basa, a su vez, en una idea sugerida y desarrollada recientemente por Ghandi, Navarro y Rivers (2011), 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 productor maximiza beneficios y que se encuentra en un entorno competitivo en el mercado de insumos, entonces, la forma de esta dependencia se puede deducir a partir de la forma asumida para la función de producción.

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 dos insumos (K y L):

$$Y = (\alpha L^{-\delta} + (1 - \alpha)K^{-\delta})^{-\frac{r}{\delta}} e^{\omega} e^{\varepsilon} \quad (2),$$

donde ω captura la productividad del agente durante el período de análisis, y ε es un error aleatorio (*shock*), no relacionado con el resto de las variables del modelo. Y e es el operador exponencial.¹⁸ 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, es decir, ésta es un caso especial de la CES. Por otro lado, 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

¹⁸ Nuevamente, este error puede ser un *shock* real, que afectó a la producción una vez que las decisiones de L y K 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 L ni de K .

tiende a ser una Leontief, que implica complementariedad perfecta (ningún grado de sustituibilidad) entre los insumos. Dicho de otro modo, esta función captura múltiples posibilidades de sustitución entre los insumos, indexadas por el parámetro δ . Como su nombre lo indica, esta función tiene elasticidad de sustitución constante, donde ésta elasticidad se define como:

$$\sigma \equiv -\frac{d \ln(K/L)}{d \ln(f_L/f_K)} = \frac{1}{1 + \delta}$$

Es decir, es el cambio porcentual en la proporción de uso de los factores, dado un cambio porcentual en la razón de productividades marginales. Finalmente, 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 L es un insumo *flexible*, lo que quiere decir específicamente dos cosas: (i) el nivel de L 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 L está determinado por la siguiente condición de primer orden (los subíndices significan derivadas parciales con respecto al insumo indicado):

$$PF_L(K, L)e^\omega E[e^\varepsilon] = \rho,$$

donde P es el precio del bien final (producción agrícola) y ρ es el precio de L . Asimismo, para ahorrar en notación denominamos ahora $F(K, L) = (\alpha L^{-\delta} + (1 - \alpha)K^{-\delta})^{-\left(\frac{r}{\delta}\right)}$. Nótese que se maximiza tomando el valor esperado con respecto a ε , pues este *shock* es desconocido al momento de tomar la decisión de contratación de L . Asumiendo que $E[e^\varepsilon] = 1$ y tomando logaritmos tenemos que:

$$\ln \rho = \ln P + \ln F_L(K, L) + \omega \quad (3)$$

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

$$\ln Y = \ln F(K, L) + \omega + \varepsilon \quad (4)$$

La idea es usar la información de la ecuación (3) para deshacernos de ω en la ecuación (4). Una forma de implementar esto es agregando $\ln L$ a ambos lados de la primera ecuación para luego sustraer la función de producción. Luego de reordenar, obtenemos:

$$\ln s_L \equiv \ln \left(\frac{\rho L}{PY} \right) = \ln \left(\frac{LF_L(K, L)}{F(K, L)} \right) - \varepsilon$$

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

$$\ln s_L = \ln(r\alpha) + \delta \ln L - \ln(\alpha L^{-\delta} + (1 - \alpha)K^{-\delta}) - \varepsilon \quad (5)$$

(b) Estimación

Lo importante de la última ecuación es que ya no se encuentra presente el nivel de productividad (ω). El error de esta ecuación, ahora sólo conformado por ε ,¹⁹ 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 a todos los parámetros de la función de producción que deseamos estimar, y todos estos parámetros se encuentran identificados.²⁰ Dado que el error de la ecuación es aditivo, los parámetros se pueden estimar por mínimos cuadrados no lineales (los parámetros entran de forma evidentemente no lineal). Esto consiste en seleccionar el vector (r, α, δ) que minimice la siguiente suma de errores al cuadrado:

$$\sum_{j=1}^N [\ln s_L - (\ln(r\alpha) + \delta \ln L - \ln(\alpha L^{-\delta} + (1 - \alpha)K^{-\delta}))]^2$$

¹⁹ Uno podría agregar un error a la condición de primer orden de uso de L, pero tendríamos que asumir también que es independiente del K y L (por ejemplo, error aleatorio por error de medición).

²⁰ En esta parte juega 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. Cabe recordar, no obstante, que la forma CES es bastante flexible e incluye como casos especiales a las funciones de producción lineales, la Cobb-Douglas y la Leontief, que son frecuentemente usadas en estudios empíricos. 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, de observar a cada unidad productiva en múltiples períodos de tiempo (datos de panel).

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 en la parte inicial de esta sección).

Sobre la posible influencia del poder de mercado en el mercado del producto en la estimación de los parámetros, el método de estimación propuesto no presenta dicha influencia dado que la estrategia consiste en estimar la ecuación del *share* 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 (ver sección de resultados donde se describe la estimación con algo más de detalle)

(c) Estimación de la productividad

Dadas las estimaciones de los parámetros de la función de producción:

$$Y = (\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_K) L^{-\delta})^{-\left(\frac{r}{\delta}\right)} e^\omega e^\varepsilon,$$

se puede obtener un estimado de la productividad idiosincrática de la explotación agraria (ω), vía:

$$\ln Y = -\left(\frac{r}{\delta}\right) \ln(\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_K) L^{-\delta}) + \omega + \varepsilon,$$

lo que implica que:

$$\begin{aligned} E[\omega | M, HL, FL, L] &= E[\ln Y | M, HL, FL, L] \\ &+ \left(\frac{r}{\delta}\right) \ln(\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_K) L^{-\delta}) \end{aligned}$$

Para estimar la productividad se utiliza información del producto agregado, el cual se aproxima mediante el ingreso total del productor agrario (el ingreso es una suerte de índice de producción en el cual la producción de cada cultivo se pondera por su precio). Por este motivo, es posible que la variabilidad de precios (resultado por ejemplo de la heterogeneidad del poder de mercado entre los mercados) pudiera afectar la medición. Es decir, 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 éste 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 del producto interno de los precios que el productor enfrentó multiplicado por el nivel de producción medio de los cultivos que éste produce.

3.2 Medición del poder de mercado

En el caso de la agricultura, la existencia de múltiples productores y un menor número de comercializadores que acopian el producto (que, en el caso del algodón, son las desmotadoras) otorga un posible poder de mercado (de oligopsonio) a estos últimos. Como sugieren Rogers y Sexton (1994), este fenómeno es común en la producción de bienes agrícolas. En particular, siguiendo con el caso del algodón, el poder de mercado oligopsónico implicará que las desmotadoras paguen precios por debajo de lo que pagarían si las condiciones del mercado fueran más competitivas: el valor del producto marginal del algodón en rama (VPM). Asumiendo que las desmotadoras son competitivas en el mercado de su producto procesado (es decir, no tienen poder de mercado frente a las empresas textiles), el VPM es:

$$VPM = P.PM,$$

donde P es el precio del algodón desmotado y PM es el producto marginal del mismo (cuánto algodón desmotado se produce con una unidad de algodón en rama). El experimento propuesto en esta sección consiste en comparar los estimados de costos económicos de producción de la sección anterior con este VPM y con los precios observados del algodón en rama.

Asumiendo que el productor agrícola optimiza en su contratación de insumos de producción, y usando la teoría económica, que establece una dualidad entre la función de producción y la función de costos, se pueden obtener estimados de costos económicos del agricultor. La segunda etapa del estudio, a implementarse solo para el algodón en rama, propone comparar esta estimación con los precios observados de los cultivos en chacra,²¹ y con una estimación del valor del producto marginal (VPM) del mismo (que

²¹ Disponible en las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego. La disponibilidad de información secundaria limita el número de productos que podemos trabajar. Si bien se cuenta con información de precios de los diferentes cultivos en el Ministerio de Agricultura, se requieren estudios que estimen la productividad marginal de esos cultivos. Asimismo, el número de

sería el precio pagado a los agricultores en una situación de competencia perfecta).²² En este caso, el VPM se compone del precio del algodón desmotado y la tasa a la que se transforma el algodón en rama en desmotado. Lo primero se obtendrá de la información pública disponible del MINAG. Lo segundo está disponible en el estudio de Bianco y Macedo (2005), quienes obtuvieron esta información técnica de entrevistas directas con agentes de la industria. Asimismo, nuestra metodología permite estimar la relación entre productividad y poder de mercado para el conjunto de datos.

4. Resultados

4.1 Los datos

Los resultados presentados usan los datos de las ENAPRES 2011 y 2012. Debido a las condiciones de los datos de estas encuestas, se toman las siguientes definiciones con respecto a las variables:

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

observaciones disponibles para estimar los parámetros de las funciones de producción por cultivo con la Enapres no es suficiente en varios casos.

²² La disponibilidad a pagar en competencia perfecta sería igual al valor del producto marginal del cultivo para los comercializadores. Esto se puede estimar asumiendo que las empresas desmotadoras, en el caso del algodón, son competitivas en el mercado de su producto (no gozan de poder de mercado, es decir, no son capaces de influenciar el precio que las empresas textiles están dispuestas a pagar por el algodón desmotado).

También se incluye información sobre el gasto en arriendo de terrenos, pero ya se poseen los datos de superficies sembradas y cosechadas. Del mismo modo, se presentan datos de gastos en capacitaciones, pero esto se considera una *inversión*. Finalmente, en la categoría “otros”, algunos entrevistados especifican gastos que pueden considerarse como gastos de uso de capital: arriendo de tractores, mantenimiento de equipos (que puede aproximar su grado de uso) y similares. Sin embargo, esto se da solamente para alrededor del 30% de la muestra. Para estos casos entonces se construye una variable que usamos como *proxy* de la intensidad de uso de capital por parte del productor. Además del problema de la posibilidad de error de medición, esta variable se consigue construir finalmente sólo para aproximadamente un cuarto del total de agricultores observados. Debido a estas limitaciones, decidimos presentar los resultados de estimaciones incluyendo y excluyendo esta variable. Consideramos de utilidad ambos conjuntos de estimaciones dado que los tamaños de muestra difieren significativamente, mientras que los parámetros estimados no cambian radicalmente. Nuestra posición final es utilizar la muestra grande (sin información sobre gastos de uso de capital) para el análisis principal, y la pequeña para estudiar la presencia de economías de escala o no en el sector.

- *Tierra*: la encuesta brinda información sobre el tamaño total de la explotación agraria, la superficie sembrada y la superficie cosechada durante el último año.

Nótese que usamos variables monetarias para medir el producto agregado de cada agricultor (producción de todos los cultivos en unidades monetarias) así como su uso de factores, en particular, para el trabajo contratado e insumos intermedios como fertilizantes, pesticidas y abonos. Esto se realiza por una parte por restricciones de información, dado que en el caso de los factores de producción la encuesta utilizada sólo provee los datos de gasto del agricultor por rubro en vez de las unidades utilizadas para los casos mencionados. Por otro lado, aunque utilizar los ingresos del agricultor como medida de producción agregada podría generar subestimaciones (o sobreestimaciones) de la productividad para regiones en donde los precios son menores (o mayores) al promedio, podemos aliviar este problema significativamente dado que la encuesta provee el detalle de los precios recibidos por cada producto 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, el cual

promedia estos precios, ponderando cada uno por la proporción que representa el cultivo correspondiente de sus ingresos totales.

La Tabla A1, en el Anexo, presenta las estadísticas descriptivas de las variables usadas en el análisis.

4.2 Función de producción

(a) Función 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 muestra). De todos modos, se incluyen estos resultados de manera referencial.

Dados los datos disponibles en las encuestas, se construyen las siguientes variables (las variables monetarias están medidas en miles de soles).

- Producción (Y): medido como el valor agregado de la producción agrícola.
- Trabajo contratado (HL): medido como el gasto en trabajo contratado.
- Trabajo familiar no remunerado (FL): medido como el número de familiares que apoyan en la explotación agrícola.
- Materiales (M): se agrupan el gasto en semillas, abono, fertilizante, pesticidas y acceso a agua.
- Capital (K): se construye a partir de la variable “otros gastos”, identificando los casos en que el productor revela gastos relacionados al uso de capital (arriendo de maquinarias, mantenimiento de equipos, compra de combustible para el tractor, etc.)
- Tierra (L): medido como la superficie cosechada, expresada en hectáreas.

Las Tablas 1 (pool de datos), 2 (para 2011) y 3 (para 2012) muestran los resultados de esta estimación. La tercera columna de dichas tablas presenta los resultados que incluyen la variable *proxy* de capital construida de la manera mencionada líneas arriba. Como esto

sólo se realiza para una parte limitada de la muestra, en la segunda columna se replica la estimación básica de la primera columna, pero restringiendo a la misma muestra usada en la tercera columna (agricultores con información en la variable K). Como se puede apreciar, 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 funciones CES que controlan 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 las tres especificaciones. En el caso del trabajo contratado, esto parece deberse a las distintas muestras utilizadas, antes que a la introducción de la variable K . En tercer lugar, las variaciones temporales en los coeficientes de HL , M y L son relativamente pequeñas.

Tabla 1: Función de Producción Cobb-Douglas (*pool* de datos)

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0,491*** (0,0143)	0,275*** (0,0234)	0,270*** (0,0232)
Ln FL	0,0142 (0,0109)	0,0414*** (0,0122)	0,0420*** (0,0121)
Ln M	0,709*** (0,0237)	0,777*** (0,0308)	0,772*** (0,0325)
Ln L	0,645*** (0,00769)	0,656*** (0,00976)	0,656*** (0,00975)
Ln K			0,0108 (0,00729)
Constante	0,618*** (0,0172)	0,553*** (0,0254)	0,553*** (0,0255)
Efectos Fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	27.977	8.735	8.735
R2	0,736	0,759	0,759

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla 2: Función de producción Cobb-Douglas (2011)

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0,571*** (0,0186)	0,349*** (0,0407)	0,338*** (0,0405)
Ln FL	-0,0117 (0,00945)	0,00890 (0,0166)	0,0108 (0,0169)
Ln M	0,720*** (0,0367)	0,825*** (0,0405)	0,813*** (0,0404)
Ln L	0,658*** (0,0107)	0,635*** (0,0145)	0,634*** (0,0146)
Ln K			0,0280* (0,0145)
Constante	0,607*** (0,0201)	0,486*** (0,0319)	0,485*** (0,0319)
Efectos Fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	12.246	3.832	3.832
R2	0,725	0,753	0,754

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla 3: Función de producción Cobb-Douglas (2012)

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0,436*** (0,0183)	0,230*** (0,0270)	0,234*** (0,0250)
Ln FL	0,0352** (0,0139)	0,0703*** (0,0218)	0,0698*** (0,0217)
Ln M	0,696*** (0,0221)	0,736*** (0,0298)	0,741*** (0,0324)
Ln L	0,637*** (0,00752)	0,669*** (0,0116)	0,669*** (0,0116)
Ln K			-0,0104 (0,0108)
Constante	0,632*** (0,0184)	0,601*** (0,0308)	0,600*** (0,0308)
Efectos Fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	15731	4903	4903
R2	0,747	0,766	0,766

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(b) Función de elasticidad de sustitución constante (CES)

En esta subsección se presentan los resultados de estimaciones más generales, que asumen una función CES como la siguiente:

$$Y = (\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta})^{-\left(\frac{r}{\delta}\right)} e^{\omega} e^{\varepsilon} \quad (6)$$

Como indicamos antes, esta forma funcional proporciona dos ventajas: se trata de una forma funcional más flexible que la Cobb-Douglas, lo cual permite patrones de sustitución entre los insumos más generales; y esta forma funcional es la base de una metodología de estimación que elimina el potencial sesgo en la estimación de los parámetros de la función, debido a la endogeneidad de los insumos (posible incidencia del nivel de productividad sobre la decisión de uso de insumos).

Se presentan dos conjuntos de resultados. En el primero, se incluye como insumos el gasto en mano de obra contratada (*HL*), el número de familiares que ayudaron en la actividad agraria (*FL*), el gasto en insumos intermedios, como pesticidas, abonos y fertilizantes (*M*), y el área cultivada (*L*). En el segundo grupo, se excluye la mano de obra familiar (*FL*) y se incluye la variable que mide el gasto en insumos de capital (*K*). Al igual que en el caso de la subsección previa, se presentan ambos grupos de resultados por separado debido a que la información de gasto en insumos de capital existe solo para un subconjunto relativamente reducido de la muestra (aproximadamente el 30%). En cada caso, se presentan los resultados para 2011 y 2012 de manera separada.

Las Tablas 5 y 6 muestran los resultados incluyendo la variable de trabajo familiar (*HL*); y las 7 y 8, la variable de capital (*K*). Es decir, en las dos últimas se asume la especificación alternativa, incluyendo esta vez la variable de capital (*K*), pero excluyendo *FL*:

$$Y = (\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_K K^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_K) L^{-\delta})^{-\left(\frac{r}{\delta}\right)} e^{\omega} e^{\varepsilon}$$

Las Tablas de la 5 a la 8 muestran directamente los estimados de *r* (el parámetro de retornos a escala) y del vector α . En el caso de las Tablas 5 y 6 $\alpha = (\alpha_M, \alpha_{HK}, \alpha_{FL}, \alpha_L)$ y en las Tablas 7 y 8, $\alpha = (\alpha_M, \alpha_{HK}, \alpha_K, \alpha_L)$. 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. En este sentido, estos estimados no son comparables con los de la función Cobb-Douglas en magnitudes absolutas.

En cada caso, la segunda columna reporta resultados de una estimación simple de la función de producción CES (ecuación (6)), mientras que la primera columna controla por la posible endogeneidad del uso de insumos (ecuación (5)). Es decir, en la segunda columna de cada una de las Tablas referidas se presentan los resultados de la estimación directa de la función de producción, asumiendo que la productividad no afecta el uso de insumos (esta especificación sufriría de sesgo de transmisión). Para esto se toma logaritmos a la ecuación (6) y se la estima por mínimos cuadrados no lineales (NLLS, por sus siglas en inglés). Por otro lado, la primera columna de cada una de las Tablas 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 .

Tabla 5: Función de Producción CES (2011) - Insumos: Trabajo Contratado, Trabajo Familiar, Insumos, Tierra

	(1) <i>Ln s_M</i>	(2) <i>Ln Q</i>
<i>r</i>	0,913*** (0,0259)	1,019*** (0,00660)
α_{HL}	0,283*** (0,0100)	0,254*** (0,00933)
α_{FL}	0,00222** (0,000963)	0,00351*** (0,00106)
α_M	0,239*** (0,00698)	0,324*** (0,00691)
α_L	0,476*** (0,00877)	0,418*** (0,00744)
N	12246	12246

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Como mostramos anteriormente, esto implica estimar una ecuación para el logaritmo del *share* de M ($\ln s_M$). Para recordar, asumir que M es flexible significa que permitimos que dependa de la productividad, ω . Es decir, el uso de los insumos en M se puede ajustar de

acuerdo al nivel de productividad conocido por el agricultor. Si, por ejemplo, éste enfrenta una plaga, y se ve afectada la productividad de su cosecha, éste ajustará el uso de pesticidas de manera acorde. Por otro lado, la decisión de adquisición de capital (como un tractor), es una decisión tomada previamente, que seguramente no está influenciada por el nivel de ω .²³

Tabla 6: Función de Producción CES (2012) - Insumos: Trabajo Contratado, Trabajo Familiar, Insumos, Tierra

	(1) <i>Ln s_M</i>	(2) <i>Ln Q</i>
<i>r</i>	0,862*** (0,0198)	0,967*** (0,00564)
α_{HL}	0,239*** (0,00938)	0,232*** (0,00911)
α_{FL}	0,00429*** (0,000922)	0,00242*** (0,000935)
α_M	0,261*** (0,00625)	0,336*** (0,00644)
α_L	0,496*** (0,00806)	0,430*** (0,00708)
N	15731	15731

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

²³ También se podría asumir que *HL* (trabajo contratado) es un insumo flexible. Esto requeriría la estimación de dos ecuaciones del *share*, para *M* y para *HL*.

**Tabla 7: Función de Producción CES (2011) - Insumos:
Trabajo Contratado, Capital, Insumos, Tierra**

	(1) <i>Ln s_M</i>	(2) <i>Ln Q</i>
<i>r</i>	0,608*** (0,0208)	1,074*** (0,00973)
α_{HL}	0,122*** (0,0199)	0,109*** (0,0195)
α_K	0,259*** (0,0306)	0,316*** (0,0300)
α_M	0,361*** (0,0196)	0,276*** (0,0171)
α_L	0,258*** (0,0144)	0,299*** (0,0158)
N	3.830	3.830

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

**Tabla 8: Función de Producción CES (2012) - Insumos:
Trabajo Contratado, Capital, Insumos, Tierra**

	(1) <i>Ln s_M</i>	(2) <i>Ln Q</i>
<i>r</i>	0,861*** (0,0366)	1,051*** (0,00807)
α_{HL}	0,108*** (0,0177)	0,0844*** (0,0159)
α_K	0,156*** (0,0266)	0,184*** (0,0246)
α_M	0,268*** (0,0153)	0,313*** (0,0146)
α_L	0,469*** (0,0181)	0,418*** (0,0153)
N	4901	4901

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Como conclusión general, entonces, se puede apreciar que uno de los parámetros más afectados por el sesgo de transmisión sería el relacionado al uso de insumos intermedios,

como pesticidas, fertilizantes y abonos, α_M (estos muestran las variaciones más grandes una vez que uno toma en consideración el sesgo de transmisión). Este resultado es difícilmente sorprendente, puesto que estos insumos serían los más flexibles de ajustar frente a las características específicas de la explotación agrícola, incluyendo *shocks* 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 insumos, como mano de obra o área cultivada (de hecho, muchos de los *shocks* a la producción agrícola ocurren luego de la decisión de cultivo o siembra). Por otro lado, los estimados de δ en ambos casos fueron alrededor de -0.9, lo que implica un alto grado de sustitución entre los insumos considerados.²⁴ Esto refleja un mayor nivel de sustituibilidad entre insumos que el permitido por la función Cobb-Douglas.

En general en ninguno de los resultados el estimador de r sugiere la presencia de retornos crecientes a escala (a diferencia de lo encontrado para el caso de la función Cobb-Douglas), incluso en el caso de las especificaciones que incluyen un conjunto más amplio de factores de producción, como las que incluyen nuestra variable proxy de gastos de uso de capital. Otro tema importante es que la estimación controlando por el sesgo de transmisión (columna 1) afecta los parámetros estimados. En el caso de la Tabla 5, el coeficiente del trabajo contratado se incrementa levemente, mientras que los coeficientes del capital 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 del *share* de M se controla por lo segundo, de manera que el coeficiente de M refleja más puramente el efecto del uso de materiales. Se observan resultados similares en la Tabla 6.

En conclusión, entonces, se aprecia que la flexibilidad de la especificación CES permite identificar un mayor grado de sustituibilidad entre insumos que la permitida por estimaciones con una función Cobb-Douglas, que resulta en estimados de los parámetros más acordes con la teoría económica. De esta manera, se encuentra que, incluyendo la tierra como factor de producción, no existe evidencia de retornos crecientes a escala en la producción agraria. En el caso de la función Cobb-Douglas, se encontrarían retornos crecientes, lo que no parece razonable. En segundo lugar, controlar por el sesgo de

²⁴ Esto puede deberse a que la especificación actual asume que todos los insumos tienen la misma sustituibilidad entre sí. Este supuesto se puede relajar en versiones futuras del documento, asumiendo una generalización de la actual función, que permite diferentes posibilidades de sustitución entre diferentes tipos de insumos.

transmisión genera resultados significativamente diferentes (principalmente en el sentido estadístico, pues en términos económicos las distancias no parecen ser muy grandes). En tercer lugar, las Tablas 7 y 8 muestran la significancia de controlar por el uso de capital en las estimaciones. Sin embargo, el ejercicio en este documento es necesariamente limitado, porque esta variable no se registra directamente en la encuesta, sino fue construida a partir de información de múltiples variables que sí son capturadas por la encuesta (por ejemplo, alquiler de maquinaria, vehículo o motor).

Como una forma de extender el análisis de la información, el Anexo 2 presenta resultados de regresiones auxiliares, para la muestra *pooled* (Tablas A2), y para cada año, por separado (Tablas A3: 2011 y Tablas A4: 2012). En primer lugar, deflactamos las variables de gasto, en particular el trabajo contratado y los materiales (Tablas A2, A3 y A4(1)), con el objetivo de analizar si existe algún efecto del precio de mercado sobre la productividad estimada. Como se puede apreciar en esos cuadros, en general, los coeficientes estimados del trabajo contratado (*HL*) y el trabajo familiar (*FL*) se tornan no significativos y significativamente negativos, respectivamente. Los coeficientes de *L* (tierra y *M* (materiales), aun cuando reducen su importancia cuantitativa, siguen siendo estadísticamente significativos; y, en el caso de *M*, la reducción es menor en magnitud. Esto último podría implicar que los coeficientes estimados de *M* estarían reflejando apropiadamente la eficiencia en el uso de factores.

En segundo lugar, expresamos las variables por hectárea, como una forma de excluir el efecto del tamaño de la parcela (Tablas A2, A3 y A4(2)). Los coeficientes de la variable materiales (*M*) continúan siendo significativamente distintos de cero, pero en mucha menor magnitud, como era de esperarse, pues la tierra es un factor necesario en la producción. En tercer lugar, se hace deflactan las variables de gasto y se expresan las variables por hectárea (Tablas A2, A3 y A4(3)). Materiales continúa siendo el factor más importante (y significativo en términos estadísticos) en magnitud.

Por último, se introducen controles por productividad sin deflactar (Tablas A2, A3 y A4(4)) y deflactando el gasto en insumos (Tablas A2, A3 y A4(5)). Los controles incluyen capacitación y asistencia técnica y uso de semillas certificadas, entre otros. Los resultados reportados sin controlar por estas variables son robustos a la inclusión de las mismas (sin deflactar). Asimismo, cuando se introducen los controles por productividad y se deflacta el gasto en insumos, solo los coeficientes de materiales (*M*) y tierra (*L*) varían poco; el resto de insumos reduce su significancia estadística.

(c) Estimación de la productividad y sus determinantes

Utilizando la metodología descrita en la sección 4.1(c), en esta subsección presentamos los resultados de las estimaciones de productividad. También se explora estadísticamente la relación entre estas productividades estimadas y algunas características individuales de los productores agrícolas, de los hogares, y de los centros poblados que habitan.

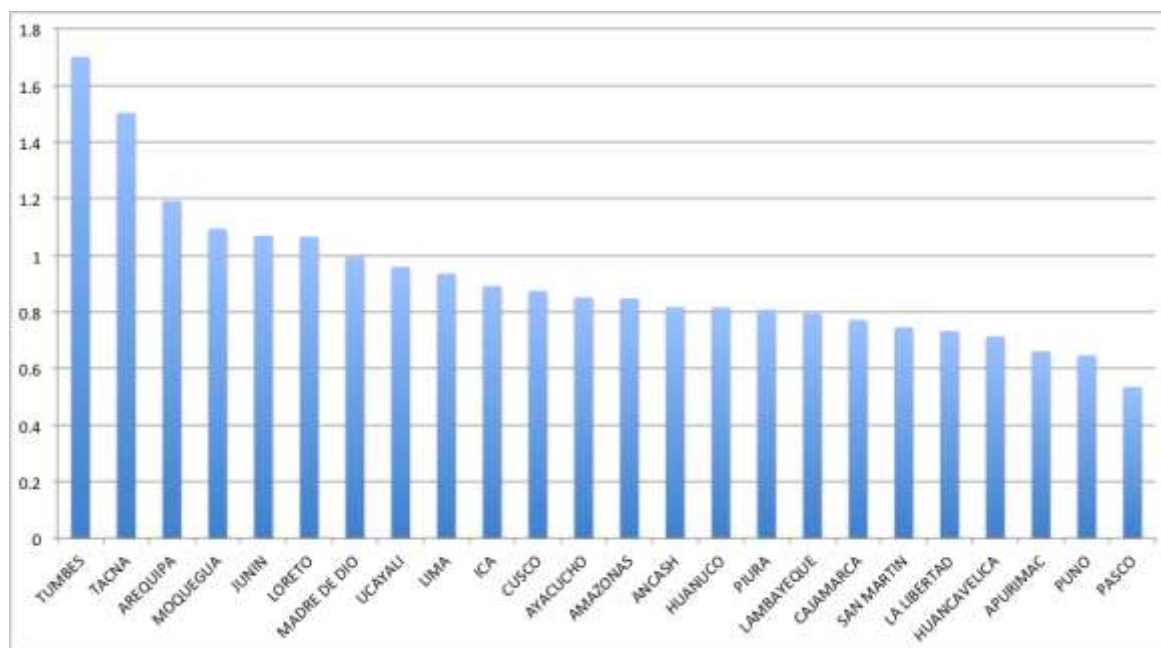
Con respecto a las estimaciones de productividad, se presentan dos tipos de resultados. En primer lugar, se presentan los resultados basados en la ecuación (6), es decir:

$$\widehat{\omega} + \varepsilon = \ln Y + \left(\frac{\hat{\rho}}{\hat{\delta}}\right) \ln \left(\hat{\alpha}_M M^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{HL} HL^{-\hat{\delta}} + \hat{\alpha}_{FL} FL^{-\hat{\delta}} + (1 - \hat{\alpha}_M - \hat{\alpha}_{HL} - \hat{\alpha}_{FL}) L^{-\hat{\delta}} \right)$$

donde el símbolo $\hat{\cdot}$ denota que la variable se trata de un estimador (en el lado derecho de la ecuación, en particular, se utilizan los estimados obtenidos de la función de producción CES), e Y es el nivel de ingresos del productor agrario, que se usa como un índice representativo de la producción. Como se menciona en la sección 5.1, 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 problema potencial, se propone también una estimación de la productividad *neta* (al resultado anterior se denomina productividad bruta). Esta medida utiliza como producto (Y) un índice de producción deflactado, en vez de usar directamente los ingresos. Debido a que la encuesta 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, se calcula 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 $\ln Y = \ln(\text{ingresos}/\text{deflactor})$.

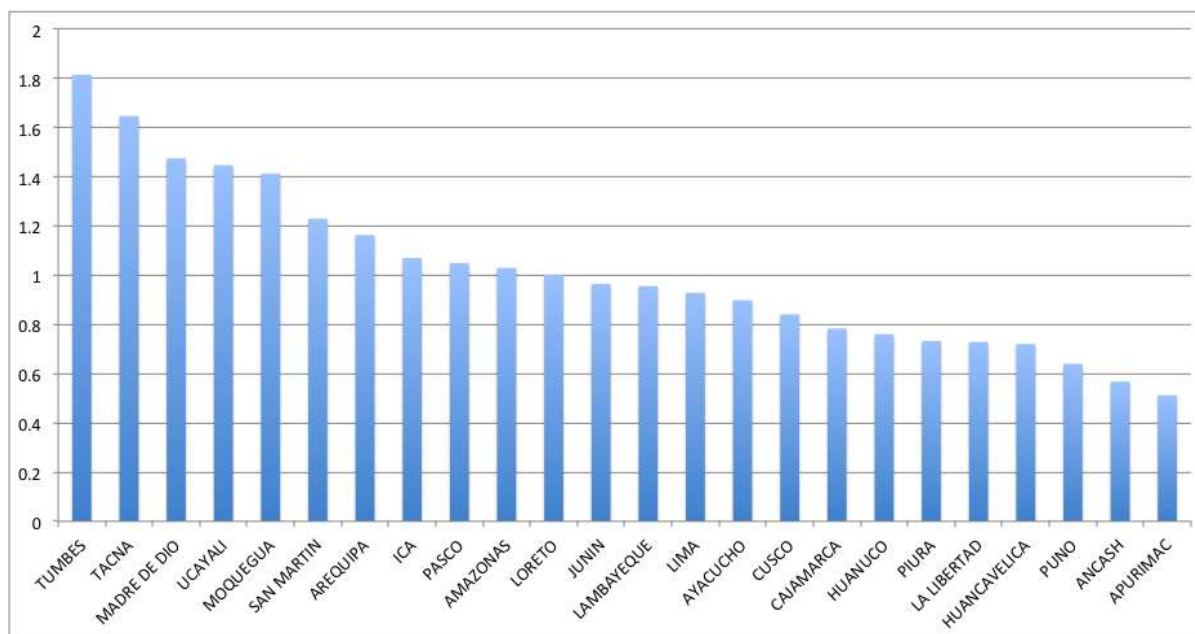
Los Gráficos 2 y 3 presentan los resultados de las estimaciones de las productividades brutas en promedio por departamento, mientras que los Gráficos 4 y 5 muestran las productividades netas. Los resultados indican una amplia dispersión entre los promedios departamentales. En el caso de la productividad bruta, la razón de índices de productividad entre los departamentos más y menos productivos (Tumbes y Pasco, respectivamente) es de 3.18, para el año 2012, y de 3.6 para el 2011.

Gráfico 2: Ranking de productividad bruta, 2012



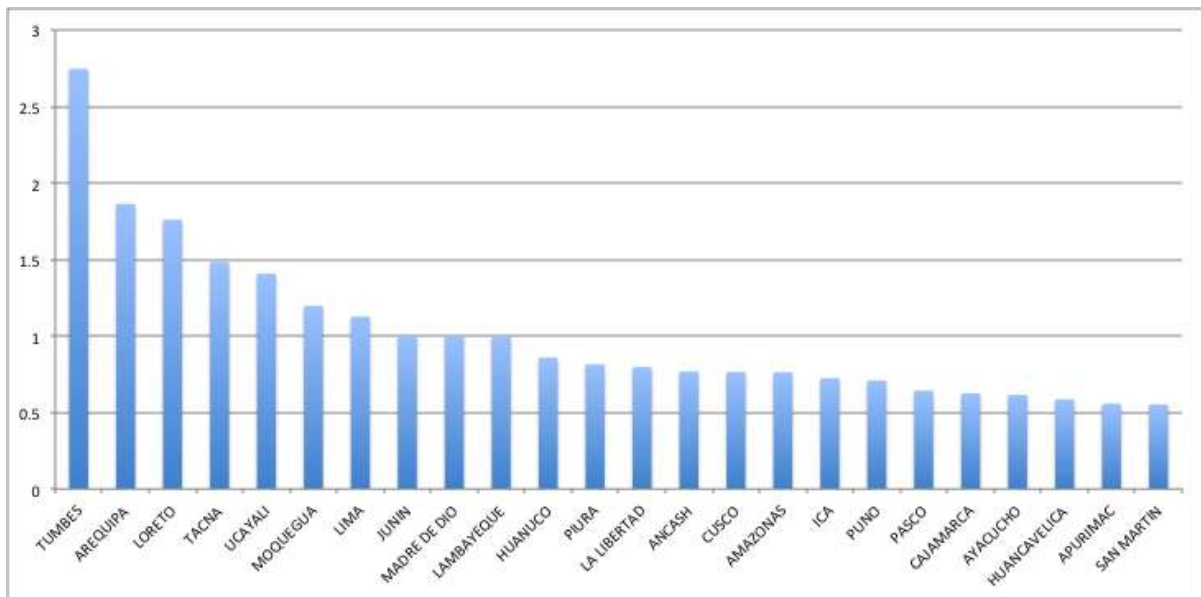
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Gráfico 3: Ranking de productividad bruta, 2011



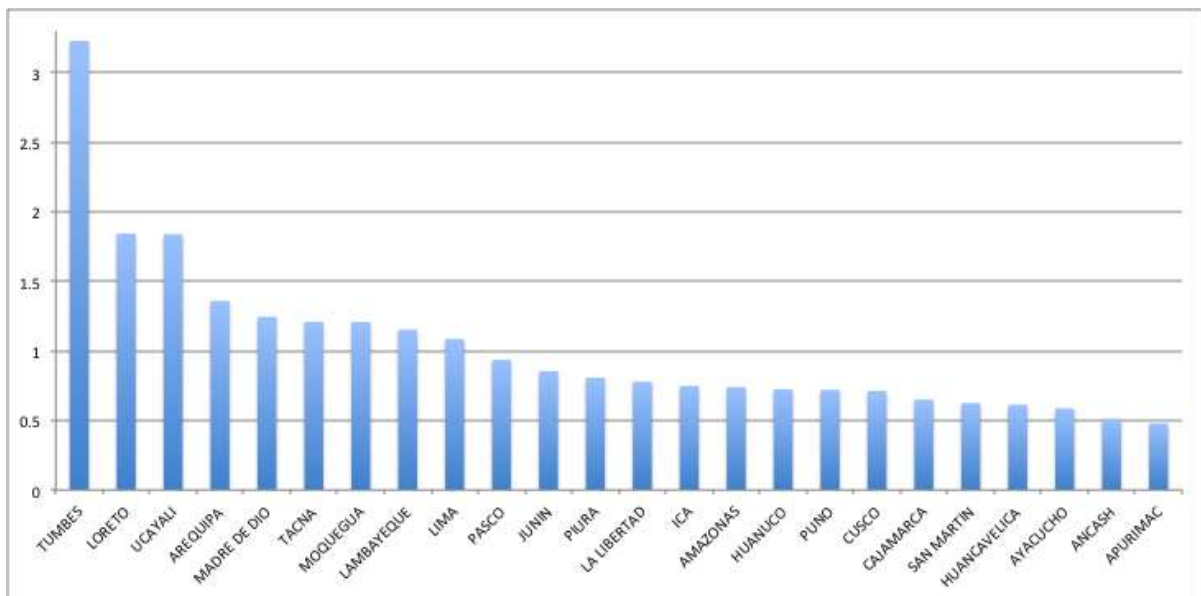
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Gráfico 4: Ranking de productividad neta, 2012



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Gráfico 5: Ranking de productividad neta, 2011



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

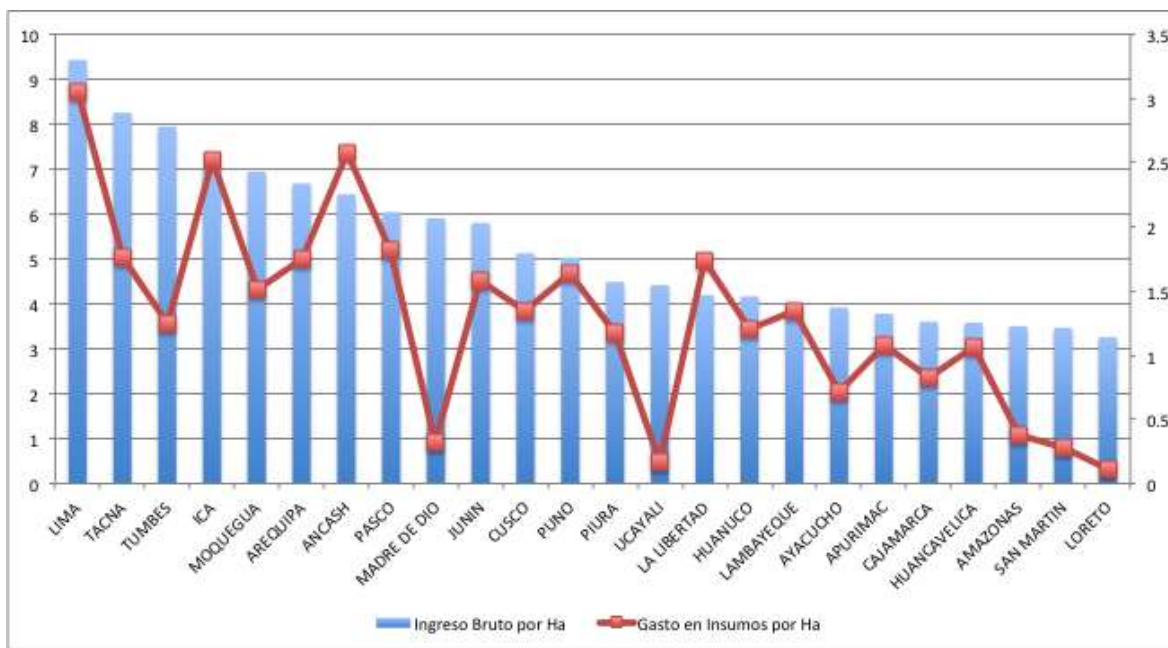
El gran nivel de variabilidad es similar a lo encontrado en otros estudios (ver Syverson, 2011). Esta heterogeneidad refuerza la motivación de utilizar métodos que controlen por la posibilidad de que el uso de insumos responda a factores no observados por el investigador (básicamente, la productividad específica de la explotación agraria). Resulta también interesante la comparación de estos resultados con los de mediciones simples de productividad, como el ingreso bruto de la explotación agraria por hectárea cultivada

(Gráficos 6 y 7). Como se puede apreciar en estos gráficos, el *ranking* de productividad usando estas medidas simples cambia sustancialmente. Sin embargo, planteamos que la medición propuesta en el presente documento ayuda a separar dos fuentes que contribuyen a incrementar la producción agrícola, que tienen diferentes implicaciones de política. Por una parte, el uso de insumos de producción en general (como pesticidas, abono y fertilizantes, pasando por la mano de obra y el uso de capital), y, luego, la parte que no puede ser explicada por éstos,²⁵ que es lo que denominamos, finalmente, *productividad* y que es identificada por las mediciones propuestas. La primera fuente, por definición, implica el uso de recursos valiosos para la generación de valor agregado en la actividad agrícola, mientras que la segunda incluiría el nivel de adopción de tecnologías y las buenas prácticas productivas.

En el caso de las mediciones simples de productividad como las presentadas en los gráficos 6 y 7, ambas fuentes se mezclan. Por ejemplo, se puede apreciar que el *ranking* de productividad basado en el ingreso bruto por hectárea se encuentra relacionado con el nivel de gasto promedio en pesticidas, fertilizantes y abonos. Sin embargo, es esperable que las regiones donde el producto por hectárea sea más alto, esto se deba a un mayor uso de insumos, lo que se puede apreciar para los años 2011 y 2012. Pero esta comparación simple no permite identificar cuánto de este incremento en producción se debe al mayor uso de insumos y cuánto puede deberse a variaciones en productividad (como es definida en este documento), explicada, por ejemplo, por variaciones en niveles de adopción tecnológica. La definición y la medición propuestas de productividad en este documento controlan por el uso de insumos en general (no sólo los mostrados en estos gráficos, referidos a pesticidas, fertilizantes y abonos, sino también uso de mano de obra contratada y familiar, por ejemplo) y sí permite esta diferenciación.

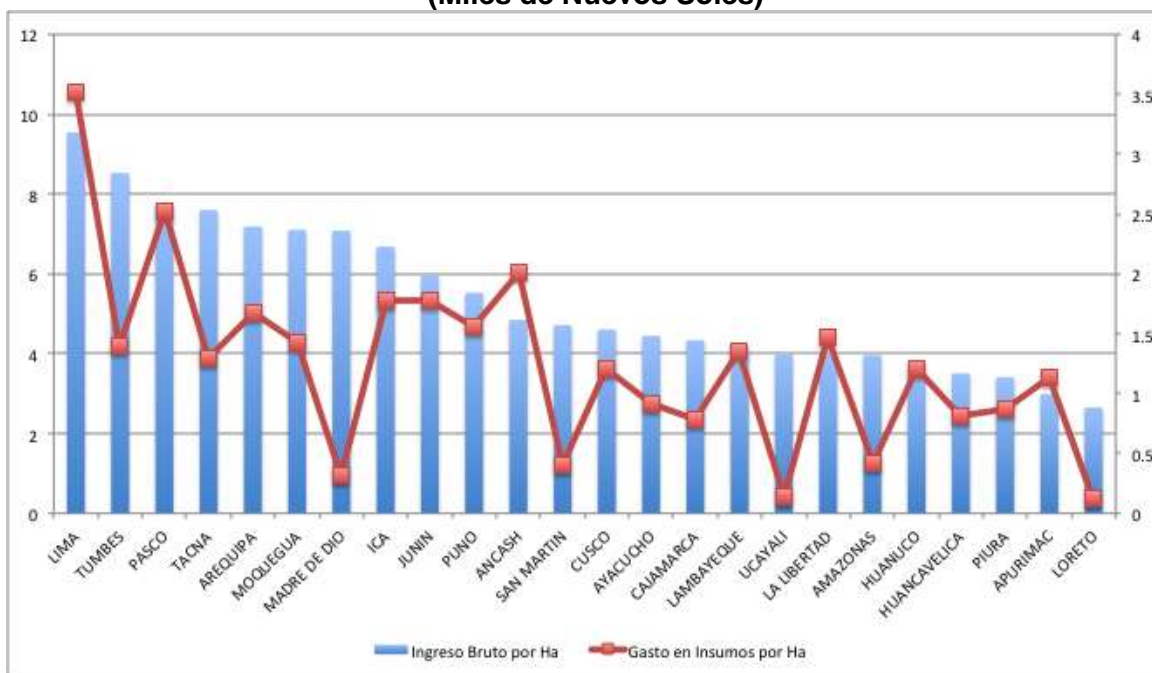
²⁵ Una aclaración puede ser conveniente en este punto. La definición de productividad, como “la parte no explicada por el uso de insumos”, **no** se refiere a la parte que no puede ser **estadísticamente predicha** mediante el uso de insumos. La definición hace referencia a que, bajo el enfoque de la función de producción, ésta puede descomponerse entre una función que depende del nivel de uso de insumos y un residuo (en las ecuaciones de secciones previas, lo primero se refiere a la función $F(.)$ y lo segundo a los términos ω y ϵ). La productividad se relaciona con el residuo bajo este enfoque.

**Gráfico 6: Ingreso Bruto y Gasto en Insumos
Promedio por Hectárea Cultivada, 2012
(Miles de Nuevos Soles)**



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

**Gráfico 7: Ingreso Bruto y Gasto en Insumos
Promedio por Hectárea Cultivada, 2011
(Miles de Nuevos Soles)**



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Finalmente, las Tablas 9 y 10 muestran resultados de regresiones que relacionan los indicadores de productividad bruta antes descritos con algunas características de los productores agrarios, a nivel personal, del hogar y del centro poblado. Específicamente, se consideran las siguientes variables:

1. Personal

- Edad (y edad al cuadrado)
- Sexo
- Nivel educativo

2. Hogar

- Si la electricidad a la que accede provee de la red pública (electricidad)
- Si su fuente principal de energía es la electricidad o el petróleo (energia_electr, energia_petr)
- Si el hogar posee teléfono fijo (telefonofijo).
- Si la fuente de agua es vía 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 (desague_red) o si posee letrina o pozo ciego (desague_pozo).
- También se considera un conjunto de variables *dummy* que capturan formas alternativas de llevar sus productos a ferias o mercados para comercializarlos (a pie, auto, etc.). En este grupo, la variable *movmerc_no* indica si el productor decide (por fuerza o no) vender su producción de manera directa, sin acudir a ferias o mercados.

3. Centro poblado

- Si el centro poblado posee acceso a internet (internet_cp)
- Si el centro poblado tiene acceso a telefonía fija (telefono_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 *dummy* que indican los tipos de vía más utilizadas para la comercialización de productos.

Tabla 9: Determinantes de la Productividad Bruta de Factores

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Prod. bruta	Prod. bruta	Prod. bruta	Prod. bruta
edad	0.0219*** (0.00331)	0.0203*** (0.00327)	0.0230*** (0.00295)	0.0215*** (0.00294)
edad2	-0.000248*** (0.0000314)	-0.000228*** (0.0000310)	-0.000254*** (0.0000278)	-0.000237*** (0.0000278)
sexo	0.381*** (0.0225)	0.372*** (0.0223)	0.334*** (0.0211)	0.325*** (0.0210)
niveleducativo	0.0502*** (0.00557)	0.0440*** (0.00558)	0.0216*** (0.00549)	0.0207*** (0.00547)
electricidad	0.0739* (0.0407)	0.0662 (0.0403)	0.102*** (0.0390)	0.0978** (0.0388)
telefonofijo	0.159*** (0.0569)	0.154*** (0.0563)	0.0863 (0.0544)	0.0805 (0.0541)
energia_electr	0.00695 (0.0419)	0.0125 (0.0420)	0.0289 (0.0421)	0.0315 (0.0419)
energia_petr	0.172*** (0.0281)	0.0448 (0.0297)	-0.0345 (0.0334)	-0.0391 (0.0332)
agua_red	-0.0406 (0.0445)	-0.00436 (0.0440)	0.157*** (0.0497)	0.153*** (0.0495)
agua_natural	0.0159 (0.0435)	0.0218 (0.0430)	0.158*** (0.0503)	0.157*** (0.0501)
desague_red	0.0791** (0.0309)	0.0781** (0.0324)	0.0843** (0.0357)	0.0831** (0.0356)
desague_pozo	0.0263 (0.0185)	0.0356* (0.0184)	0.0530*** (0.0193)	0.0496** (0.0193)
movmerc_pie		-0.0820*** (0.0287)		-0.00360 (0.0303)
movmerc_moto		0.161*** (0.0486)		-0.0817 (0.0531)
movmerc_auto		0.219*** (0.0393)		-0.0350 (0.0449)
movmerc_bus		0.104*** (0.0324)		0.0304 (0.0374)
movmerc_lancha		0.395*** (0.0520)		-0.0731 (0.0679)
movmerc_no		-0.0479		-0.203***

	(1)	(0.0324)	(3)	(0.0365)
	Prod. bruta	Prod. Bruta	Prod. Bruta	Prod. bruta
via_herradura		-0.128*** (0.0235)		
via_carrozable		0.0670*** (0.0227)		
via_carretera		0.0869*** (0.0282)		
via_lago		0.0759 (0.0530)		
internet_cp		-0.0465 (0.0304)		
fono_cp		0.0411** (0.0184)		
celular_cp		-0.158*** (0.0263)		
pista_cp		-0.0505 (0.0329)		
alumbrado_cp		-0.0521*** (0.0193)		
constante	-0.993*** (0.0978)	-0.797*** (0.104)	-1.060*** (0.0927)	-0.890*** (0.0986)
N	11761	11761	11761	11761
R2	0.0648	0.0941	0.0567	0.0656

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla 10: Determinantes de la Productividad Neta de Factores Deflactada

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Prod. neta	Prod. Neta	Prod. Neta	Prod. neta
edad	0.0263*** (0.00402)	0.0243*** (0.00397)	0.0203*** (0.00340)	0.0189*** (0.00340)
edad2	-0.000286*** (0.0000381)	-0.000262*** (0.0000376)	-0.000233*** (0.0000321)	-0.000218*** (0.0000321)
sexo	0.312*** (0.0274)	0.305*** (0.0271)	0.330*** (0.0243)	0.323*** (0.0243)
niveleducativo	0.0626*** (0.00676)	0.0562*** (0.00677)	0.0212*** (0.00633)	0.0205*** (0.00632)
Electricidad	0.0373 (0.0494)	0.0236 (0.0488)	0.100** (0.0449)	0.0970** (0.0448)
Telefonofijo	0.207*** (0.0691)	0.198*** (0.0682)	0.0189 (0.0627)	0.0144 (0.0626)
energia_electr	0.127** (0.0509)	0.169*** (0.0509)	0.0576 (0.0485)	0.0609 (0.0484)
energia_petr	0.414*** (0.0341)	0.222*** (0.0360)	-0.00918 (0.0385)	-0.0144 (0.0384)
agua_red	-0.232*** (0.0541)	-0.205*** (0.0533)	0.184*** (0.0573)	0.181*** (0.0572)
agua_natural	-0.191*** (0.0528)	-0.205*** (0.0522)	0.194*** (0.0580)	0.194*** (0.0578)
desague_red	-0.0194 (0.0375)	0.0126 (0.0393)	0.107*** (0.0412)	0.106*** (0.0411)
desague_pozo	-0.0616*** (0.0225)	-0.0392* (0.0223)	0.0319 (0.0223)	0.0298 (0.0223)
movmerc_pie		-0.0681* (0.0348)		-0.0181 (0.0350)
movmerc_moto		-0.0492 (0.0590)		-0.195*** (0.0613)

	(1) Prod. neta	(2) Prod. neta	(3) Prod. neta	(4) Prod. neta
movmerc_auto		0.0576 (0.0477)		-0.0738 (0.0518)
movmerc_bus		0.163*** (0.0393)		-0.0385 (0.0432)
movmerc_lancha		0.572*** (0.0630)		-0.118 (0.0784)
movmerc_no		-0.0518 (0.0393)		-0.224*** (0.0422)
via_herradura		-0.112*** (0.0284)		
via_carrozable		0.0349 (0.0275)		
via_carretera		0.193*** (0.0342)		
via_lago		0.371*** (0.0642)		
internet_cp		0.0504 (0.0368)		
fono_cp		-0.0138 (0.0223)		
celular_cp		-0.169*** (0.0319)		
pista_cp		-0.0888** (0.0399)		
alumbrado_cp		-0.0818*** (0.0233)		
constante	-1.080*** (0.119)	-0.856*** (0.126)	-1.166*** (0.107)	-0.968*** (0.114)
N	11761	11761	11761	11761
R2	0.0557	0.0879	0.0437	0.0491

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

En ambas tablas, las dos primeras columnas son regresiones simples por mínimos cuadrados ordinarios, 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 *dummy* 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, en tanto que se tratan 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 al 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).

De manera esquemática, los principales resultados son:

- Existe una relación positiva entre la productividad y las características personales como la edad, el sexo y el nivel educativo. En el caso del sexo, los productores varones y con mayor nivel educativo exhiben mayores niveles de productividad.
- En las regresiones simples MCO se observa que algunas 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 FITEL en el caso de 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 que son constantes a nivel de conglomerado (como por ejemplo, el rendimiento promedio de la tierra en el conglomerado). Estos resultados indican que los hogares con acceso a la red de agua y desagüe, y con servicio de electricidad dentro del conglomerado, presentan mayores niveles de productividad agraria. No se encuentra una relación con el servicio de telefonía fija.
- Con respecto a las variables de movilidad, el resultado más saltante es la relación negativa entre la decisión de no acudir a ferias o mercados para ofrecer sus productos y la productividad. Esto podría explicarse por dos factores, posiblemente confluyentes: (i) los productores con menor valor generado tienen

menos incentivos en incurrir en costos de transporte, y (ii) los productores que no comercializan en mercados o ferias dependen de intermediarios para comercializar sus productos y éstos poseen poder de mercado – así, recibirían menos por su producción. Es de esperar que la productividad neta capture el primer efecto, mientras que la productividad bruta capture ambos en simultáneo. Dado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los coeficientes entre ambas regresiones, no encontramos a este nivel evidencia consistente con la segunda hipótesis. Dado que estas estimaciones son realizadas de manera agregada (para todos los productos agrícolas), en la siguiente sección se explora de manera detallada el tema del poder de mercado en el caso de un producto en particular (el algodón).

(d) Relación entre productividad y tamaño de unidad productiva

Para analizar la relación entre el tamaño total de la unidad productiva (es decir, incluyendo áreas cosechadas, sembradas y las restantes) y la productividad, incluimos dicha variable en la regresión de la productividad estimada anteriormente. Como se aprecia en la tabla 11, el tamaño de la unidad productiva (*land*) está negativamente correlacionado con la productividad bruta y neta. Esta correlación se mantiene aun controlando por no observables a nivel de conglomerado. Aunque la correlación encontrada no es evidencia de una relación causal, en todo caso resulta inconsistente con la hipótesis de que el tamaño de la unidad productiva (medido con el área de la propiedad) tenga un efecto positivo sobre la productividad de los factores.

Tabla 11: Determinantes de la Productividad Bruta de Factores

	(1) Prod. bruta	(2) Prod. bruta	(3) Prod. bruta	(4) Prod. bruta
edad	0.0272*** (0.00714)	0.0282*** (0.00697)	0.0320*** (0.00615)	0.0294*** (0.00615)
edad2	-0.000279*** (0.0000685)	-0.000283*** (0.0000669)	-0.000318*** (0.0000588)	-0.000291*** (0.0000588)
sexo	0.343*** (0.0498)	0.318*** (0.0487)	0.289*** (0.0448)	0.273*** (0.0448)
niveleducativo	0.0477*** (0.0119)	0.0389*** (0.0118)	0.00611 (0.0112)	0.00640 (0.0112)
electricidad	-0.00642 (0.0880)	0.00507 (0.0863)	0.155* (0.0857)	0.151* (0.0856)

telefonofijo	0.143 (0.122)	0.0623 (0.119)	0.112 (0.111)	0.116 (0.110)
energia_electr	0.133 (0.0919)	0.127 (0.0918)	-0.0675 (0.0933)	-0.0486 (0.0932)
energia_petr	0.0884 (0.0558)	-0.0427 (0.0557)	-0.0802 (0.0630)	-0.0809 (0.0627)
agua_red	-0.124 (0.0943)	-0.0858 (0.0921)	0.190* (0.106)	0.173 (0.106)
agua_natural	0.0410 (0.0919)	0.0148 (0.0899)	0.142 (0.107)	0.136 (0.106)
desague_red	0.285*** (0.0791)	0.186** (0.0819)	0.0437 (0.0897)	0.0563 (0.0894)
desague_pozo	-0.0300 (0.0405)	-0.0244 (0.0394)	-0.0106 (0.0398)	-0.0111 (0.0396)
land	-0.00718*** (0.00206)	-0.00982*** (0.00205)	-0.0136*** (0.00227)	-0.0139*** (0.00226)
movmercado_pie		-0.0388 (0.0591)		-0.0999 (0.0635)
movmercado_moto		0.194** (0.0985)		-0.131 (0.104)
movmercado_auto		0.405*** (0.0891)		-0.0168 (0.0965)
movmercado_bus		0.0587 (0.0722)		-0.121 (0.0826)
movmercado_lancha		0.435*** (0.0877)		0.0111 (0.111)
movmercado_no		0.0363 (0.0714)		-0.315*** (0.0786)
via_herradura		-0.257*** (0.0499)		
via_carrozable		-0.0157 (0.0474)		
via_carretera		0.210*** (0.0558)		
via_lago		0.181** (0.0914)		
internet_cp		-0.122		

		(0.0761)		
fono_cp		0.0650*		
		(0.0391)		
celular_cp		-0.341***		
		(0.0605)		
pista_cp		0.297***		
		(0.0944)		
alumbrado_cp		-0.0245		
		(0.0412)		
constante	-1.066***	-0.783***	-1.068***	-0.777***
	(0.208)	(0.220)	(0.193)	(0.207)
N	2950	2950	2950	2950
R2	0.0537	0.117	0.0454	0.0563

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

A continuación, mostramos los resultados de la estimación de los costos económicos del agricultor (basándonos en la dualidad entre las funciones de producción y de costos) y los comparamos con los precios observados de los cultivos en chacra y una estimación del valor del producto marginal de los mismos. Estos resultados permitirán responder a nuestra hipótesis secundaria acerca de las condiciones de competencia en el precio de estos productos.

4.3 Poder de mercado

Como una forma de ilustrar el cálculo de poder de mercado a partir de los parámetros de la función de costos, realizamos este análisis para el caso del algodón a nivel nacional (el número de observaciones restringe cualquier análisis a nivel regional). Estimamos una función de producción CES, corrigiendo por endogeneidad, para este cultivo. Como se aprecia en la Tabla 12, r es cercano a 1 (al menos para 2012 y la muestra *pooled*). Para efectos de este ejercicio, asumiremos que tal valor es 1; de manera que existen retornos a escala constantes (nuevamente, esto parece no ser cierto para 2011), y la función de costos resulta ser lineal en el producto. Esto, a su vez, implica que el costo marginal es independiente del nivel de producto.

Tabla 12: Función de Producción CES de algodón - Insumos: Trabajo Contratado, Trabajo Familiar, Insumos, Tierra

Variable	<i>Ln s_M</i>		
	2011	2012	<i>Pooled</i>
<i>r</i>	0,604*** (0,184)	0,947*** (0,215)	0,963*** (0,229)
α_{HL}	0,0572 (0,0504)	0,325*** (0,0621)	0,216*** (0,0515)
α_{FL}	0,0357 (0,0510)	-0,0542* (0,0284)	-0,0309 (0,0340)
α_M	0,198*** (0,0704)	0,181*** (0,0505)	0,154*** (0,0436)
α_L	0,709*** (0,0977)	0,548*** (0,0715)	0,662*** (0,0699)
N	51	73	124
R2	0,54	0,68	0,66

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

En ese caso, entonces, la función de producción que refleja esa tecnología quedaría como:

$$Y = (\alpha_M M^{-\delta} + \alpha_{HL} HL^{-\delta} + \alpha_{FL} FL^{-\delta} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL}) L^{-\delta})^{-\left(\frac{1}{\delta}\right)}$$

Y la función de costos asociada sería la siguiente:

$$CT(w, Y) = Y(\alpha_M^\sigma w_M^{1-\sigma} + \alpha_{HL}^\sigma w_{HL}^{1-\sigma} + \alpha_{FL}^\sigma w_{FL}^{1-\sigma} + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL})^\sigma w_L^{1-\sigma})^{\left(\frac{1}{1-\sigma}\right)},$$

donde: $\sigma = \frac{1}{1+\delta}$ y $\frac{1}{1-\sigma} = \frac{1+\delta}{\delta}$.

De esta manera, el costo marginal está dado por:

$$\begin{aligned} CMg(w, Y) &= \frac{dCT(w, Y)}{dY} \\ &= (\alpha_M^\sigma w_M^{1-\sigma} + \alpha_{HL}^\sigma w_{HL}^{1-\sigma} + \alpha_{FL}^\sigma w_{FL}^{1-\sigma} \\ &\quad + (1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_{FL})^\sigma w_L^{1-\sigma})^{\left(\frac{1}{1-\sigma}\right)} \end{aligned}$$

Reemplazando los estimados de $(\alpha_M, \alpha_{HL}, \alpha_{FL}; \sigma)$ de la Tabla 9 en la ecuación previa, e imputando el valor de cero a los estimados no significativos (y al α_{FL} para 2012), tenemos los resultados de la Tabla 13.

Tabla 13: Estimados de los costos marginales para el algodón

	Unidades	2011	2012	Pooled
α_M		0,1980	0,1810	0,1514
α_{HL}		0,0000	0,3250	0,2160
α_{FL}		0,0000	0,0000	0,0000
$1 - \alpha_M - \alpha_{HL} - \alpha_K$		0,7090	0,5480	0,6326
w_M	Soles/Tonelada	1.124,0880	1.169,1610	1146,6245
w_{HL}	Jornal/día en Soles	26,18	29,53	27,856
w_{FL}	Jornal/día en Soles	26,18	29,53	27,856
w_L	Soles/Ha	1.421,074	1.633,276	1.527,175
r		0,604	0,947	0,963
δ		0,9	0,9	0,9
σ		0,5263	0,5263	0,5263
CMg		2.147,5277	2.228,2584	2.150,6800
w	Soles/Tonelada	3.627,2370	2.888,7340	3.182,0830
Precio algodón (P)	Soles/Tonelada	4.111	2.454	3.283
PMg (Acute)		2,6	2,6	2,6
$VPM = P \cdot PMg$		10.688,6	6.380,4	8.534,5
$\frac{VPM - CMg}{VPM}$		0,799	0,651	0,748

Fuente: Estimados de Tabla 8, ENAPRES y Minag.

Nota: w_{HL} fue calculado de la ENAPRES. Se imputó el mismo jornal al trabajo familiar.
 w_L fue calculado de la ENAPRES.

Como se puede apreciar, en ninguno de los años el $VPM = P \cdot PMg$ se acerca al CMg ; en particular, vemos que el margen sobre el CMg está alrededor del 75%.

Retomando lo mencionado en la metodología respecto al poder de mercado, tenemos tres casos posibles que contrastar con las cifras de la Tabla 13, siempre considerando que existe competencia perfecta en el mercado del producto final:

- (1) Existe competencia perfecta en el mercado de acopiadores:

$$P.PMg = w$$

(w es el precio pagado a los agricultores).

Descartado.

(2) Existe poder monopsónico en el mercado de acopiadores:

$$P.PMg = P = w + \frac{w}{\text{elasticidad de oferta}}$$

(En este caso, el $PMg = 1$, dado que el acopiador solo vende el producto).

(3) Existe poder oligopsónico en el mercado de acopiadores:

$$P.PMg = w + c \frac{w}{\text{elasticidad de oferta}},$$

donde c es la medida de poder de mercado. Cuando $c = 0$, volvemos al caso (1), y si $c = 1$, estamos en el caso (2). Cualquier valor intermedio, sugiere la presencia de un mercado oligopsónico propiamente dicho.

Con los datos de la Tabla 13, para el caso (2), encontramos que la elasticidad de la oferta sería 31.53! Esto sugiere que estaríamos, más bien, teniendo una estructura oligopsónica, pero las cifras no parecen resultar en valores razonables de c y de la elasticidad de la oferta ($8.534,5 = 3.182,083 + c \frac{3.182,083}{\text{elasticidad de oferta}}$). En versiones futuras de este documento, podemos ahondar en este tema. La complejidad consiste en estimar la elasticidad de la oferta (por ejemplo, regresionando la cantidad ofertada y los precios).

El resultado anterior sugiere que el mercado de algodón opera bajo competencia imperfecta, pero no nos dice nada sobre la relación entre el poder de mercado y la productividad. A continuación, examinamos la relación entre ambas variables.

(a) Productividad y poder de mercado

La metodología que usamos puede ser extendida para lidiar situaciones de competencia imperfecta, donde se analice la relación entre poder de mercado y productividad.

Partiendo de la decisión de uso del insumo flexible, que se escoge para lograr la minimización de costos:

$$\min_M w_M M + \lambda (Y - F(L, K, M)e^\omega) \quad (7),$$

Que genera la siguiente condición de primer orden:

$$\lambda F_M(L, K, M)e^\omega = w_M,$$

lo que implica luego de reordenar:

$$\lambda Y \frac{MF_M(L, K, M)}{F(L, K, M)} = w_M M,$$

y finalmente (volviendo al supuesto de la función CES, que extiende la ecuación (5)):

$$\ln s_L = \ln\left(\frac{P}{\lambda}\right) + \ln(r\alpha) + \delta \ln L - \ln(\alpha L^{-\delta} + (1 - \alpha)K^{-\delta}) - \varepsilon \quad (8)$$

Recordando que λ corresponde al costo marginal de la firma, entonces se puede apreciar en la ecuación anterior que la existencia de poder de mercado altera la ecuación de la proporción de gasto en el insumo. En particular, se afecta el intercepto de la ecuación (5), que ahora está conformado por $\ln\left(\frac{P}{\lambda}\right) + \ln(r)$. Esto implica que no es posible estimar separadamente el nivel de economías de escala (r) y al mismo tiempo el nivel de poder de mercado ejercido por el productor $\left(\frac{P}{\lambda}\right)$. Sin embargo, el resto de parámetros sigue estando identificado.

Asumiendo un área geográfica en la cual el poder de mercado sea similar entre los productores, se puede plantear la siguiente ecuación, para el agricultor i en el área t :

$$\ln s_{Lit} = \mu_t + \ln(\alpha) + \delta \ln L_{it} - \ln(\alpha L_{it}^{-\delta} + (1 - \alpha)K_{it}^{-\delta}) - \varepsilon_{it}$$

Donde $\mu_t = \ln\left(\frac{P_{it}}{\lambda_{it}}\right) + \ln(r)$, y bajo el supuesto de que $\left(\frac{P_{it}}{\lambda_{it}}\right)$ es constante en el área t . Tomando una de las áreas como base y colocando variables *dummy* para el resto, se puede identificar las *diferencias* de poder de mercado entre las áreas geográficas (la constante del modelo estimaría conjuntamente el nivel de poder de mercado en el área base más el logaritmo de r , pero no se podrían estimar ambos separadamente).

Utilizando esta especificación, se ensaya una estimación de poder de mercado a nivel de distrito. Para esto, se seleccionan distritos con al menos 70 unidades productivas (para poder estimar los efectos fijos con algún nivel de confiabilidad), lo que arroja un total de 77 distritos con alrededor de 4300 unidades productivas. La siguiente tabla muestra los estimados de la función de producción bajo el método descrito, con y sin efectos fijos por distrito, sin incluir los coeficientes de éstos, los cuales se presentan de manera gráfica luego (gráfico 8).

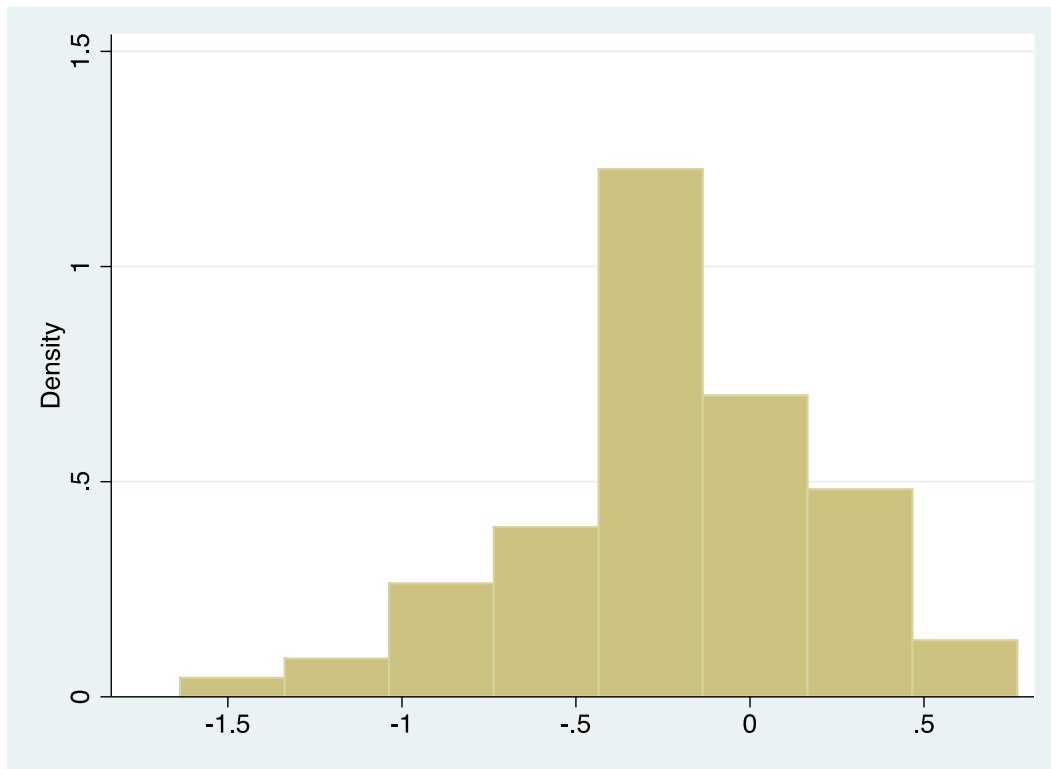
Tabla 14: Función de Producción CES, Precios Deflactados - Insumos: Trabajo Contratado, Trabajo Familiar, Insumos, Tierra

	(1)	(2)
	$Ln s_M$	$Ln s_M$
ρ	0,931*** (0,0156)	0,850*** (0,0155)
r	0,736*** (0,0470)	1,129*** (0,156)
α_{HL}	0,237*** (0,0224)	0,227*** (0,0240)
α_{FL}	0,00361** (0,00157)	0,0127*** (0,00264)
α_M	0,314*** (0,0223)	0,245*** (0,0245)
α_L	0,445*** (0,0231)	0,516*** (0,0267)
N	4.351	4.351

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

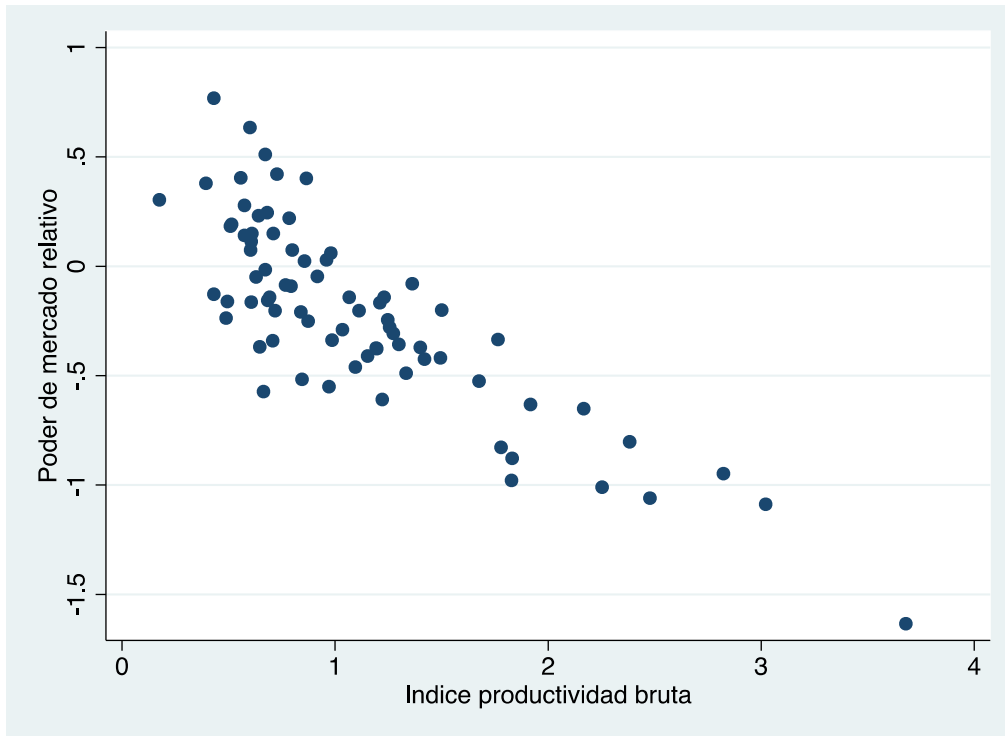
Gráfico 8: Histograma Poder de mercado relativo



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

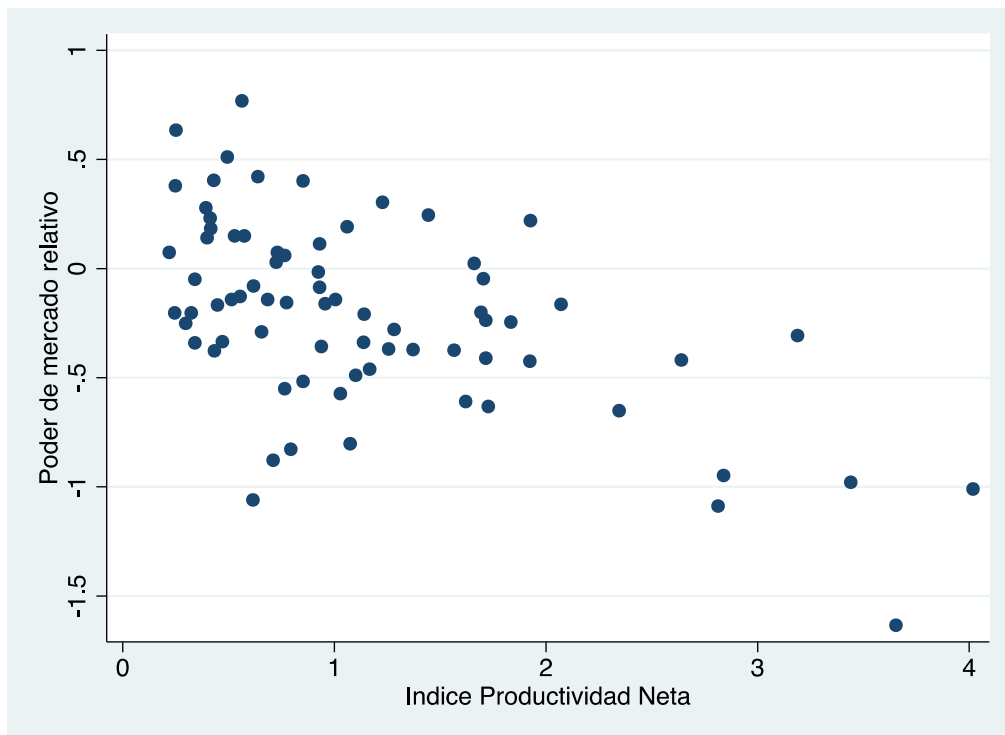
Como se aprecia en la tabla 14, los resultados con la muestra restringida no difieren significativamente de los anteriores (compare con tabla 5). Por otro lado, el gráfico 8 muestra una amplia dispersión en el poder de mercado relativo al del área geográfica base. Utilizando los resultados de las estimaciones anteriores, podemos finalmente hacer la comparación del nivel de productividad con el grado de poder de mercado en las áreas geográficas. Los siguientes gráficos (9 y 10) muestran la relación entre ambas variables estimadas.

Gráfico 9: Poder de mercado y productividad bruta



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Gráfico 10: Poder de mercado y productividad neta



Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Ambos gráficos muestran una relación negativa entre productividad y nivel de poder de mercado. Tomando literalmente los resultados del modelo, estos serían consistentes con un modelo en el cual el grado de competencia incrementa la productividad de las unidades agrícolas. Sin embargo, pueden plantearse hipótesis alternativas.

Por ejemplo, un gasto en insumos relativo a los ingresos muy por encima del nivel de su precio de mercado (que generaría un indicador de poder de mercado relativo alto en el distrito correspondiente) podría reflejar la existencia de un *shock* negativo que incentiva el uso de insumos, como una plaga. Asimismo, este *shock* negativo afectaría negativamente la productividad. Alternativamente, la relación negativa podría reflejar costos de acceso a insumos, de manera que en distritos donde el mismo es bastante caro esto genere que la productividad sea menor. Sin embargo, aun controlando por características del centro poblado, como acceso a telecomunicaciones, la relación negativa entre productividad y poder de mercado se mantiene, como se aprecia en la columna (2) de tabla 15, que considera la productividad bruta, y la columna (2) de tabla 16, que considera la productividad neta.

Tabla 15: Determinantes de la Productividad Bruta de Factores

	(1) Prod. bruta	(2) Prod. bruta	(3) Prod. bruta	(4) Prod. bruta
edad	0.0272*** (0.00714)	0.0292*** (0.00643)	0.0320*** (0.00615)	0.0294*** (0.00615)
edad2	-0.000279*** (0.0000685)	-0.000299*** (0.0000616)	-0.000318*** (0.0000588)	-0.000291*** (0.0000588)
sexo	0.343*** (0.0498)	0.326*** (0.0449)	0.289*** (0.0448)	0.273*** (0.0448)
niveleducativo	0.0477*** (0.0119)	0.0131 (0.0109)	0.00611 (0.0112)	0.00640 (0.0112)
electricidad	-0.00642 (0.0880)	0.0623 (0.0798)	0.155* (0.0857)	0.151* (0.0856)
telefonofijo	0.143 (0.122)	0.125 (0.110)	0.112 (0.111)	0.116 (0.110)
energia_electr	0.133 (0.0919)	0.0871 (0.0848)	-0.0675 (0.0933)	-0.0486 (0.0932)
energia_petr	0.0884 (0.0558)	-0.0684 (0.0513)	-0.0802 (0.0630)	-0.0809 (0.0627)

agua_red	-0.124 (0.0943)	-0.00913 (0.0856)	0.190* (0.106)	0.173 (0.106)
agua_natural	0.0410 (0.0919)	0.000151 (0.0834)	0.142 (0.107)	0.136 (0.106)
desague_red	0.285*** (0.0791)	0.106 (0.0763)	0.0437 (0.0897)	0.0563 (0.0894)
desague_pozo	-0.0300 (0.0405)	-0.0410 (0.0363)	-0.0106 (0.0398)	-0.0111 (0.0396)
land	-0.00718*** (0.00206)	-0.0114*** (0.00189)	-0.0136*** (0.00227)	-0.0139*** (0.00226)
movmerc_pie		0.00258 (0.0547)		-0.0999 (0.0635)
movmercado_moto		0.110 (0.0911)		-0.131 (0.104)
movmerc_auto		0.382*** (0.0822)		-0.0168 (0.0965)
movmerc_bus		0.0867 (0.0667)		-0.121 (0.0826)
movmerc_lancha		0.170** (0.0816)		0.0111 (0.111)
movmerc_no		-0.0921 (0.0660)		-0.315*** (0.0786)
via_herradura		-0.106** (0.0466)		
via_carrozable		-0.0535 (0.0439)		
via_carretera		0.0447 (0.0520)		
via_lago		0.0864 (0.0842)		
internet_cp		-0.0232 (0.0710)		
fono_cp		-0.00973 (0.0362)		
celular_cp		-0.0457 (0.0572)		
pista_cp		0.0669		

		(0.0877)		
alumbrado_cp		0.0191		(0.0381)
marketpower		-1.030***		(0.0450)
constante	-1.066***	-1.083***	-1.068***	-0.777***
	(0.208)	(0.203)	(0.193)	(0.207)
N	2950	2942	2950	2950
R2	0.0537	0.252	0.0454	0.0563

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla 16: Determinantes de la Productividad Neta de Factores

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Prod. neta	Prod. neta	Prod. neta	Prod. neta
edad	0.0287*** (0.00853)	0.0302*** (0.00801)	0.0242*** (0.00702)	0.0227*** (0.00704)
edad2	-0.000292*** (0.0000818)	-0.000313*** (0.0000768)	-0.000249*** (0.0000671)	-0.000233*** (0.0000673)
sexo	0.346*** (0.0595)	0.319*** (0.0560)	0.281*** (0.0512)	0.271*** (0.0513)
niveleducativo	0.0531*** (0.0143)	0.0185 (0.0136)	0.00299 (0.0128)	0.00346 (0.0128)
electricidad_publica	0.0226 (0.105)	0.152 (0.0994)	0.210** (0.0979)	0.209** (0.0980)
telefonofijo	0.226 (0.145)	0.160 (0.137)	-0.0145 (0.126)	-0.0111 (0.126)
energia_electricidad	0.281** (0.110)	0.184* (0.106)	-0.137 (0.106)	-0.125 (0.107)
energia_petroleo	0.389*** (0.0666)	0.219*** (0.0639)	-0.0560 (0.0719)	-0.0568 (0.0718)
agua_red	-0.416*** (0.113)	-0.317*** (0.107)	0.264** (0.121)	0.250** (0.121)
agua_natural	-0.176 (0.110)	-0.211** (0.104)	0.241** (0.122)	0.236* (0.122)
desague_red	-0.0670 (0.0944)	-0.197** (0.0950)	-0.0236 (0.102)	-0.0115 (0.102)
desague_pozo	-0.0883* (0.0944)	-0.0849* (0.0950)	-0.00274 (0.102)	-0.00332 (0.102)

	(0.0484)	(0.0452)	(0.0454)	(0.0454)
land	-0.00421* (0.00247)	-0.00779*** (0.00235)	-0.0105*** (0.00259)	-0.0106*** (0.00259)
movmercado_pie		0.0353 (0.0681)		-0.0704 (0.0728)
movmercado_moto		0.0766 (0.113)		-0.0458 (0.120)
movmercado_auto		0.111 (0.102)		-0.0583 (0.111)
movmercado_bus		0.120 (0.0831)		-0.137 (0.0947)
movmercado_lancha		0.418*** (0.102)		-0.0479 (0.127)
movmercado_no		-0.00442 (0.0823)		-0.236*** (0.0900)
via_herradura		-0.162*** (0.0580)		
via_carrozable		-0.105* (0.0547)		
via_carretera		0.299*** (0.0648)		
via_lago		0.233** (0.105)		
internet_cp		0.208** (0.0884)		
fono_cp		0.0898** (0.0451)		
celular_cp		0.0661 (0.0713)		
pista_cp		-0.179 (0.109)		
alumbrado_cp		-0.128*** (0.0474)		
marketpower		-0.844*** (0.0560)		
constante	-1.144*** (0.249)	-1.257*** (0.253)	-1.076*** (0.220)	-0.859*** (0.237)

N	2950	2942	2950	2950
R2	0.0559	0.189	0.0285	0.0323

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

5. Conclusión e implicancias de política

La estimación de funciones de producción agrícolas 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. De nuestras estimaciones de una función de producción flexible, como la función de elasticidad de sustitución constante (CES), no encontramos evidencia consistente con la existencia de retornos a escala crecientes en la producción agrícola peruana; lo cual sugiere que el tamaño de la tierra no parece ser lo que explica los bajos rendimientos, sino la baja productividad.

Por otro lado, controlar por el sesgo de transmisión genera resultados significativamente (principalmente en el sentido estadístico) 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 *shocks* temporales. Finalmente, observamos la existencia de poder de mercado en el caso del algodón, aun cuando no hallamos el valor del coeficiente que refleja la estructura de ese mercado (oligopsónica o monopsónica). El poder de mercado, asimismo, aparece negativamente correlacionado con la productividad; resultado que, si bien merece mayor exploración, tomado.

Existe 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 que un mayor nivel educativo permite descifrar más fácilmente tecnologías disponibles para aumentar la eficiencia en el uso de insumos. De otro lado, el resultado según el cual los hogares con acceso a la red de agua y desagüe, y con servicio de electricidad dentro del conglomerado, presentan mayores niveles de productividad agraria podría implicar que la infraestructura básica es esencial para promover mejoras en la productividad agrícola. Por último, observamos una relación negativa entre la decisión de no acudir a ferias o mercados para ofrecer sus productos y la productividad; lo cual podría deberse a que los productores con menor valor generado tienen menos incentivos en incurrir en costos de transporte. Esto, a su vez, podría ser mitigado con mejoras en

infraestructura de transporte (caminos). Por último, la productividad aparece negativamente relacionada con el tamaño de la unidad agropecuaria.

Dada su naturaleza, las implicancias de política tienen que ver con los resultados discutidos en el párrafo previo; a saber, mejoras en los niveles de educación y en el acceso a servicios públicos básicos pueden contribuir a mejorar la productividad agrícola. Un rol similar le compete a las inversiones en infraestructura física que reduzca los costos de transacción de acceder a mercados donde vender sus productos.

Este documento representa una primera aproximación a la estimación de la productividad agrícola en el Perú; y, como tal, deja una serie de preguntas a ser exploradas por investigaciones futuras, incluyendo: los determinantes de la variabilidad regional en la productividad total de factores, la caracterización del parámetro de poder de mercado para el algodón, y la exploración más profunda de la relación entre el poder de mercado y la productividad.

6. Recomendaciones

Dada la naturaleza exploratoria de este estudio, sería recomendable alentar investigaciones sobre los determinantes de la productividad agrícola. Si bien la relación negativa encontrada entre dicha productividad y el poder de mercado sugiere que políticas orientadas a promover una mayor competencia en el mercado contribuirán a aumentar la productividad, no resulta claro el(los) mecanismo(s) que operan detrás de esta relación. Entidades como el programa Agroideas o Agrorural, del Ministerio de Agricultura y Riego podrían beneficiarse de estudios de este tipo, dependiendo de si las variables clave para aumentar la productividad tienen que ver con la promoción del acceso al mercado o el financiamiento, respectivamente.

Nuestros resultados también pueden servir para dar luz a aspectos del sector que son fundamentales en la elaboración de políticas sectoriales, cuyas grandes líneas se trazan actualmente, por ejemplo, en el Plan Estratégico Sectorial Multianual 2012 – 2016. En particular, nuestros resultados se enfocan en la dimensión económica considerada en el diagnóstico del sector por este documento de política. En esta dimensión se ofrecen, entre otras, las siguientes conclusiones:

1. La fragmentación de la propiedad agraria y el escaso nivel de asociatividad entre los productores limita su productividad por varios caminos: (i) el

desaprovechamiento de economías de escala, (ii) el costo de acceso al crédito (debido a la ausencia de un colateral importante), (iii) el acceso a innovaciones tecnológicas, (iv) el poder de mercado del lado de la demanda (por ej. Comercializadores o acopiadores de productos agrícolas).

2. Escaso acceso a infraestructura física de soporte a la producción agraria (por ejemplo, irrigación), que permita acceso a mercados (por ejemplo, transporte), que mejore la información de los productores (por ejemplo, telecomunicaciones).

Con respecto al primer punto, nuestro estudio genera la siguiente evidencia:

No encontramos evidencia de retornos crecientes a escala, que es una condición necesaria para la existencia de economías de escala en mercados de factores competitivos. Es más, encontramos que el tamaño de la unidad agropecuaria está negativamente correlacionado con la productividad de factores.²⁶ Como se comentó anteriormente, estos resultados no son necesariamente inconsistentes con la existencia de economías de escala, en tanto que los mercados de insumos no funcionen de manera perfectamente competitiva (por ejemplo, en el caso del mercado de tierras), pero de todos modos no son evidencia a favor. Desde un punto de vista teórico, la existencia de economías de escala podría surgir, puesto que mayores niveles de producción harían rentable la realización de inversiones (que generen importantes costos fijos, como, por ejemplo, tractores) que ayudarían a incrementar la productividad. Sin embargo, tamaños más grandes de unidades productivas también requieren de un mejor nivel de gestión (por ejemplo, coordinación del trabajo). El efecto neto de ambos fenómenos determinaría empíricamente la existencia del tipo de retornos a escala. Nuestra evidencia apunta hacia que el segundo efecto parece más que compensar al primero, lo que generaría la correlación negativa reportada en nuestro estudio. Sostenemos la hipótesis de que otras fricciones, como la del acceso al crédito, podrían explicar que los efectos positivos de la mayor escala no se cristalicen en la actualidad (sin crédito, los agentes no tendrían liquidez para realizar inversiones productivas). Aparte de estas fricciones, es plausible también que el bajo nivel de capital humano tenga una influencia similar. En este sentido, nuestra recomendación de política sería un enfoque más intensivo en solucionar las fricciones en el mercado, así como realizar inversiones en capital humano para lograr concretar las ventajas potenciales del tener una mayor escala.

²⁶ Cabe recordar que la productividad fue estimada como la parte no explicada del producto, a partir de una función de producción que incluye el área cosechada (no el tamaño total del área de la unidad agrícola) como insumo.

Algo similar ocurre con respecto al poder de mercado. Nuestro estudio presenta evidencia de una correlación positiva entre productividad y el poder de mercado del lado de la demanda (oligopsonio). En zonas donde el poder de mercado de la demanda es más alto (y por lo tanto los productores reciben márgenes menores) el índice de productividad tiende a ser mayor, y viceversa. Es decir, en zonas donde los productores agrarios son capaces de enfrentar mejor el poder de mercado del lado de los acopiadores, los niveles de productividad serían menores. Esta evidencia apunta en la misma dirección que el punto anterior: ineficiencias en el lado de la gestión de unidades productivas más grandes—recalcamos que nuestra evidencia de forma reducida no permite dilucidar si las ganancias vía el menor poder de mercado de la demanda compensan los problemas de gestión de unidades más grandes; el efecto neto todavía puede ser positivo, lo cual ayudaría a justificar la promoción de los esfuerzos de asociatividad.

- Finalmente, nuestros resultados brindan evidencia consistente con un impacto significativo del acceso a infraestructura para incrementar la productividad agraria. Si bien incrementos en el nivel educativo incrementarían la productividad entre 2% a 6% (por ejemplo, de pasar de primaria a secundaria), mientras que el acceso a servicios de agua potable incrementaría la productividad entre 5% a 15%, y el acceso a electricidad alrededor del 10%. Asimismo, el uso de carreteras está correlacionado con niveles de productividad de entre 9% a 20% mayores, mientras que productores que eligen no comercializar fuera de su área local, exhiben menores niveles de productividad, de hasta un 20% menor. Tomando estos resultados en conjunto, la evidencia encontrada sugiere que la promoción del acceso a infraestructura jugaría un rol muy importante en incrementar la productividad de las unidades agrícolas, por lo que se sugiere un enfoque intensivo en este aspecto.

7. Plan de Incidencia en políticas públicas

Los resultados de esta investigación buscarán sensibilizar a los encargados de políticas públicas sobre las fuentes de la productividad agrícola, así como de formas de mejorar dicha productividad. Algunas fuentes potenciales son la capacitación o asistencia técnica y la provisión de créditos.

En la Tabla 17, identificamos las organizaciones que se beneficiarían directamente con los resultados de la investigación. Todas ellas tienen objetivos claros de mejorar la

productividad agraria; de manera tal que todos los involucrados pueden usar los resultados de la investigación para diseñar políticas que vayan en ese sentido. En la Tabla 18, adjuntamos un cronograma tentativo con las actividades que realizaremos hacia finales de 2014.

De esta manera, serán beneficiarios los distintos Organismos Públicos Adscritos al MINAG, como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) cuyo objetivo es promover y ejecutar diversas actividades que faciliten el desarrollo y fortalecimiento de la innovación tecnológica para incrementar la productividad y competitividad de la producción agraria en pequeños y medianos productores principalmente.

Otra institución beneficiaria, no solamente por su ámbito de acción, sino por el tipo de proyectos y mecanismos de intervención que propone es AGRORURAL. Esta tiene por finalidad promover el desarrollo agrario rural a través del financiamiento de proyectos de inversión público-privados en zonas rurales con menor grado de desarrollo, contribuyendo así, a la reducción de la pobreza e inclusión de las familias rurales.

Tabla 17: Matriz de involucrados

Grupos Involucrados	Objetivos	Beneficios del Proyecto
Ministerio de Agricultura y Riego	Conducir la política nacional agraria, generando bienes y servicios de excelencia a los sectores productivos agrarios, promoviendo, en un ambiente sostenible, el crecimiento y desarrollo competitivo con equidad social e identidad cultural.	Información actual y novedosa sobre la situación de la productividad agrícola peruana y sus determinantes.
INIA	Promover y ejecutar diversas actividades que faciliten el desarrollo y fortalecimiento de la innovación tecnológica agraria nacional para la seguridad alimentaria e incremento de los niveles de competitividad de la producción agraria orientada, especialmente, a la inclusión social de los pequeños y medianos productores.	Información relevante acerca de la importancia de la extensión agropecuaria en las actividades agrícolas a nivel agregado. Asimismo, reconocer la significancia de los acopiadores (en ciertos productos agrícolas) para el desarrollo de los agricultores rurales.

Agrorural	Diseñar, promover y gestionar modelos de desarrollo agrario rural que faciliten la articulación de las inversiones público-privadas y que contribuyan a la reducción de la pobreza y a la inclusión de las familias rurales.	Evidencia actual acerca de la situación de los agricultores peruanos. En particular, la manera en que una cultura financiera y el acceso al crédito permiten desarrollar en mayor medida la productividad agrícola.
------------------	--	---

Tabla 18: Cronograma de actividades

Julio	Octubre	Noviembre	Diciembre
Presentación del Informe Técnico Final	Aprobación del Informe Técnico Final	Presentación de resultados en seminario del CIUP, al cual serán invitados funcionarios del Ministerio de Agricultura y Riego. Exposición de los objetivos, alcances y beneficios de la investigación a funcionarios del Ministerio de Agricultura y Riego (en caso no asistan a la invitación al Ciup).	Difusión de resultados a través de medios escritos (El Comercio, Gestión, u otro medio); además de la página Web del Ciup.

Referencias bibliográficas

Aparicio, M.

2003 "Formación de precios y abuso de poder de mercado en la intermediación del maíz amarillo duro: El caso de los valles de Barranca y Cañete." En: *Debate Agrario* No. 37. Lima: CEPES.

Assunção, J.J. y L.H. Braidó.

2007 "Testing Household-Specific Explanations for the Inverse Productivity Relationship". *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 89, No. 4, pp. 980-990.

Barrett, C.B., M.F. Bellemare y J. Hou

2010 "Reconsidering Conventional Explanations of the Inverse Productivity-Size Relationship." *World Development*, Vol. 38, No. 1, pp. 88-97.

Benjamin, D.

1995 "Can Unobserved Land Quality Explain the Inverse Productivity Relationship?," *Journal of Development Economics*, Vol. 46, No.1, pp. 51-84.

Bianco, S. y M. Macedo

2005 "Posición de Dominio de las Empresas Desmotadoras e Impacto en la Formación de Precios: El Caso del Algodón Tangüis en Hualal y Chíncha". *Debate Agrario*, No. 38, pp. 38-89. Lima: CEPES.

Bravo-Ortega. C. y D. Lederman

2004 "Agricultural Productivity and Its Determinants: Revising International Experiences. En: *Estudios de Economía*, 31(2), pp. 133-163.

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.

Carter, M.R.

1984 "Identification of the Inverse Relationship between Farm Size and Productivity: An Empirical Analysis of Peasant Agricultural Production." *Oxford Economic Papers*, Vol. 36, pp.131-145.

CEPES

2001 *Estudio de la rentabilidad de la agricultura de la costa peruana y las inversiones para mejoramiento del riego*. Lima: CEPES, informe final para FAO/Banco Mundial.

Cermeño R. y Vázquez S.

2005 "Tecnología agrícola internacional: un estudio comparativo utilizando modelos panel no lineales". Documento de Trabajo No. 349 en la División Económica del CIDE.

De los Ríos, C.

2006 "La Eficiencia Técnica en la Agricultura Peruana: El Caso del Algodón Tangüis en los valles de Huaral, Cañete y Chincha". *Debate Agrario*, No. 40-41, pp. 141-168. Lima: CEPES.

Durevall, D.

2006 "Demand for coffee in Sweden: The role of prices, preferences and market power". Department of Economics, Göteborg University.

Eguren, F.

2003 "La Agricultura en la Costa Peruana". *Debate Agrario*, No. 35, pp. 1-37. Lima: CEPES.

Escobal, J. y C. Ponce

2003 "El beneficio de los caminos rurales: ampliando oportunidades de ingreso para los pobres," *Documentos de Investigación* No. 40. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE).

Feder, G.

1985 "The Relation between Farm Size and Farm Productivity: The Role of Family Labor, Supervision and Credit Constraints." *Journal of Development Economics*, Vol. 18, Nos. 2-3, pp.297-313.

Gallardo, J. y A. Arrieta

2000 "Medición y Dinámica de la Producción Industrial". Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES).

Galvis Aponte L. A.

2001 “¿Qué determina la productividad agrícola departamental en Colombia?”. Documentos de Trabajo sobre Economía Regional No. 19 Centro de Estudios Económicos Regionales. Banco de la República Cartagena de Indias.

Ghandi, A., S. Navarro y D. Rivers

2011 “On the Identification of Production Functions: How Heterogeneous is Productivity?”. *Documento de Trabajo* No. 20119, Universidad de Western Ontario.

Griliches, Z. y J. Mairesse

1995 “Production functions: the search for identification”. *National Bureau of Economic Research*, Cambridge.

Guirkinger, C. y S. Boucher

2007 “Credit Constraints and Productivity in Peruvian Agriculture,” *Documento de trabajo* No. 07-005, Universidad de California en Davis, Departamento de Economía Agrícola y de los Recursos.

Huffman W. y Evenson R.

2004 “New Econometric Evidence on Agricultural Total Factor Productivity Determinants: Impact of Funding Composition”. IOWA State University, Department of Economics. Working Paper #03029.

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*, Vol. 21, pp. 145–172.

Lamb, R.L.

2003 “Inverse Productivity: Land Quality, Labor Markets, and Measurement Error.” *Journal of Development Economics*, Vol. 71, No. 1, pp.71-95.

Libélula

2011 *Diagnóstico de la agricultura en el Perú*. Informe final preparado para el Peru Opportunity Fund.

Loza, Andrés

2001 "Análisis de la competitividad del Mercado primario de leche en Argentina". *Documento de Trabajo No. 35*. Universidad Nacional de la Plata - Facultad de Ciencias Económicas.

Ludeña, C.

2010 "Agricultural Productivity Growth, Efficiency Change and Technical Progress in Latin America and the Caribbean," *IDB Working Papers* No. 186. Washington, DC: IDB.

Morisset, J.

1998 "Unfair Trade? The Increasing Gap between World and Domestic Prices in Commodity Markets during the Past 25 Years". Oxford University Press, Vol. 12, No. 3, pp. 503-526.

Quisumbing, A.

1995 "Gender Differences in Agricultural Productivity: A Survey of Empirical Evidence", *FNCD Discussion Paper* No. 5. Washington, DC: IFPRI, Food Consumption and Nutrition Division (FNCD).

Reimers M. y Klasen S.

2011 "Revisiting the Role of Education for Agricultural Productivity". En Courant Research Centre from Georg-August University. No. 90.

Rogers, R.T. y R.J. Sexton

1994 "Assessing the Importance of Oligopsony Power in Agricultural Markets". *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 76, pp. 1143-1150.

Suri, T.

2011 "Selection and Comparative Advantage in Technology Adoption", *Econometrica*, Vol. 79, pp. 159 – 209.

Syverson, C.

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

Trivelli, C., J. Escobal y B. Revesz

2006 *La pequeña agricultura comercial: dinámica y retos en el Perú*. Lima: CIES, IEP, GRADE, CIPCA.

Anexos

Anexo 1

Tabla A1: Estadísticas descriptivas

Año	Variable	N	Promedio	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo
2011	Producción (Kg)	13.046	4,606	7,098	0,053	69,505
	Producción por hectárea	13.046	4,868	4,987	0,053	149,760
	Gasto en mano de obra (miles de Soles)	13.046	0,450	1,087	0,000	11,160
	Gasto en mano de obra por hectárea	13.046	0,476	1,494	0,000	65,000
	Trabajo familiar no remunerado (número)	13.046	1,331	1,346	0,000	14,000
	Trabajo familiar no remunerado por hectárea	13.046	4,377	13,742	0,000	375,000
	Gasto en materiales (miles de Soles)	13.046	0,721	1,335	0,000	13,200
	Gasto en materiales por hectárea	13.046	1,150	2,212	0,000	60,333
	Superficie cosechada en hectáreas	13.046	1,096	1,288	0,003	22,905
	Recibió capacitación	13.046	0,157	0,363	0,000	1,000
	Recibió asistencia técnica	13.046	0,060	0,237	0,000	1,000
	Recibió alguna campaña informativa	13.046	0,054	0,225	0,000	1,000
	En cuántos cultivos transitorios se utilizó semilla certificada	13.046	0,122	0,482	0,000	10,000
	En cuántos cultivos almacenó la semilla en un lugar exclusivo	13.046	0,495	1,223	0,000	13,000
	En cuántos cultivos seleccionó la semilla antes de su siembra	13.046	1,439	1,511	0,000	13,000
En cuántos cultivos desinfectó la semilla antes de su siembra	13.046	0,236	0,712	0,000	12,000	
2012	Producción (Kg)	16.780	5,290	7,906	0,053	68,720
	Producción por hectárea	16.780	4,920	5,287	0,025	135,000
	Gasto en mano de obra (miles de Soles)	16.780	0,523	1,201	0,000	11,200
	Gasto en mano de obra por hectárea	16.780	0,513	3,028	0,000	300,000
	Trabajo familiar no remunerado (número)	16.780	1,325	1,291	0,000	10,000
	Trabajo familiar no remunerado por hectárea	16.780	4,270	12,699	0,000	434,783
	Gasto en materiales (miles de Soles)	16.780	0,776	1,426	0,000	13,600
	Gasto en materiales por hectárea	16.780	1,186	3,108	0,000	285,500
	Superficie cosechada en hectáreas	16.780	1,623	3,181	0,002	69,373
	Recibió capacitación	16.780	0,188	0,391	0,000	1,000
	Recibió asistencia técnica	16.780	0,067	0,250	0,000	1,000
	Recibió alguna campaña informativa	16.780	0,062	0,241	0,000	1,000
	En cuántos cultivos transitorios se	16.780	0,130	0,536	0,000	13,000

	utilizó semilla certificada					
	En cuántos cultivos almacenó la semilla en un lugar exclusivo	16.780	0,478	1,251	0,000	11,000
	En cuántos cultivos seleccionó la semilla antes de su siembra	16.780	1,552	1,589	0,000	12,000
	En cuántos cultivos desinfectó la semilla antes de su siembra	16.780	0,227	0,728	0,000	10,000
Incluyendo la variable Gasto de Capital (capexp)						
2011	Producción (Kg)	3.880	5,153	8,126	0,061	69,400
	Producción por hectárea	3.880	4,696	5,043	0,097	149,760
	Gasto en mano de obra (miles de Soles)	3.880	0,457	1,001	0,000	11,160
	Gasto en mano de obra por hectárea	3.880	0,481	1,745	0,000	65,000
	Trabajo familiar no remunerado (número)	3.880	1,334	1,362	0,000	11,000
	Trabajo familiar no remunerado por hectárea	3.880	3,692	11,687	0,000	375,000
	Gasto en materiales (miles de Soles)	3.880	1,153	1,817	0,000	12,792
	Gasto en materiales por hectárea	3.880	1,355	2,381	0,000	60,333
	Superficie cosechada en hectáreas	3.880	1,139	1,347	0,008	22,905
	Gasto en capital	3.880	0,331	0,891	0,003	29,000
	Gasto en capital por hectárea	3.880	0,436	1,983	0,001	105,000
	Recibió capacitación	3.880	0,174	0,379	0,000	1,000
	Recibió asistencia técnica	3.880	0,067	0,251	0,000	1,000
	Recibió alguna campaña informativa	3.880	0,065	0,247	0,000	1,000
	En cuántos cultivos transitorios se utilizó semilla certificada	3.880	0,209	0,609	0,000	10,000
	En cuántos cultivos almacenó la semilla en un lugar exclusivo	3.880	0,566	1,306	0,000	13,000
En cuántos cultivos seleccionó la semilla antes de su siembra	3.880	1,449	1,447	0,000	13,000	
En cuántos cultivos desinfectó la semilla antes de su siembra	3.880	0,334	0,811	0,000	8,000	
2012	Producción (Kg)	4.982	6,045	9,062	0,053	68,326
	Producción por hectárea	4.982	4,822	4,382	0,070	102,000
	Gasto en mano de obra (miles de Soles)	4.982	0,550	1,168	0,000	11,110
	Gasto en mano de obra por hectárea	4.982	0,530	4,401	0,000	300,000
	Trabajo familiar no remunerado (número)	4.982	1,293	1,256	0,000	10,000
	Trabajo familiar no remunerado por hectárea	4.982	3,524	10,471	0,000	357,143
	Gasto en materiales (miles de Soles)	4.982	1,222	1,912	0,000	13,600
	Gasto en materiales por hectárea	4.982	1,423	4,586	0,000	285,500
	Superficie cosechada en hectáreas	4.982	1,476	2,402	0,002	45,250
	Gasto en capital	4.982	0,355	0,726	0,002	10,300
	Gasto en capital por hectárea	4.982	0,414	1,903	0,001	125,000
	Recibió capacitación	4.982	0,198	0,399	0,000	1,000
Recibió asistencia técnica	4.982	0,076	0,266	0,000	1,000	

Recibió alguna campaña informativa	4.982	0,070	0,255	0,000	1,000
En cuántos cultivos transitorios se utilizó semilla certificada	4.982	0,212	0,599	0,000	9,000
En cuántos cultivos almacenó la semilla en un lugar exclusivo	4.982	0,575	1,324	0,000	10,000
En cuántos cultivos seleccionó la semilla antes de su siembra	4.982	1,500	1,509	0,000	12,000
En cuántos cultivos desinfectó la semilla antes de su siembra	4.982	0,299	0,798	0,000	10,000

Anexo 2
Tabla A2: Otras estimaciones para el *pool* de datos²⁷
(1) Cobb-Douglas - Variables Deflactadas

	(1)	(2)	(3)
	Ln Q	Ln Q	Ln Q
Ln HL	0.214*** (0.0207)	0.00267 (0.0417)	0.0322 (0.0404)
Ln FL	-0.103*** (0.0120)	-0.109*** (0.0198)	-0.112*** (0.0192)
Ln M	0.896*** (0.0418)	0.727*** (0.0450)	0.756*** (0.0496)
Ln L	0.427*** (0.00878)	0.476*** (0.0126)	0.478*** (0.0126)
Ln K			-0.0524*** (0.0152)
Constante	5.454*** (0.0217)	5.630*** (0.0333)	5.629*** (0.0330)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	27977	8735	8735
R2	0.443	0.451	0.452

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(2) Cobb-Douglas – Variables por hectárea

	(1)	(2)	(3)
	Ln Q	Ln Q	Ln Q
Ln HL	0.252*** (0.0101)	0.166*** (0.0183)	0.164*** (0.0179)
Ln FL	-0.0207* (0.0105)	-0.0355* (0.0176)	-0.0357* (0.0177)
Ln M	0.194*** (0.00953)	0.291*** (0.0218)	0.290*** (0.0217)
Ln L	0.0338*** (0.0113)	0.0668*** (0.0167)	0.0681*** (0.0166)
Ln K			0.00794 (0.00519)
Constante	1.696***	1.579***	1.574***

²⁷ Las variables que han sido posibles deflactar son: Producción (Q), Gasto en Mano de Obra (HL) e Insumos (M). Se construyeron índices de precios a partir de la información de precios de la Base de Datos ENAPRES 2011-2012 y sobre los precios de insumos a nivel regional proporcionada por la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos del Ministerio de Agricultura para el mismo periodo.

	(0.0122)	(0.0140)	(0.0126)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	10730	3732	3732
R2	0.377	0.353	0.353

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(3) Cobb-Douglas – Variables por hectárea deflactadas

	(1)	(2)	(3)
	Ln Q	Ln Q	Ln Q
Ln HL	0.0640*** (0.0176)	0.0239 (0.0228)	0.0291 (0.0279)
Ln FL	-0.0680*** (0.0116)	-0.0527** (0.0219)	-0.0524** (0.0220)
Ln M	0.257*** (0.0161)	0.256*** (0.0220)	0.257*** (0.0221)
Ln L	-0.340*** (0.0158)	-0.302*** (0.0324)	-0.303*** (0.0321)
Ln K			-0.00533 (0.00679)
Constante	6.115*** (0.0207)	6.136*** (0.0196)	6.137*** (0.0196)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	19794	6056	6056
R2	0.346	0.244	0.244

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(4) Cobb-Douglas con Controles de Productividad

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.464*** (0.0141)	0.257*** (0.0241)	0.256*** (0.0239)
Ln FL	0.0226* (0.0112)	0.0485*** (0.0117)	0.0486*** (0.0116)
Ln M	0.676*** (0.0234)	0.727*** (0.0281)	0.726*** (0.0297)
Capacitación	0.123*** (0.0131)	0.108*** (0.0165)	0.108*** (0.0164)
Asistencia	0.0795*** (0.0256)	0.0956* (0.0506)	0.0955* (0.0508)
Campaña Informativa	0.0968*** (0.0192)	0.0638** (0.0238)	0.0637** (0.0238)
Semilla Certificada	0.0251** (0.0103)	0.0601*** (0.0127)	0.0601*** (0.0128)
Semilla bien Almacenada	0.00368 (0.00589)	0.00257 (0.00758)	0.00258 (0.00756)
Selección de Semilla	-0.0244*** (0.00327)	-0.0284*** (0.00737)	-0.0284*** (0.00729)
Desinfectó la Semilla	0.00852 (0.00749)	0.0202 (0.0127)	0.0202 (0.0128)
Ln L	0.645*** (0.00763)	0.654*** (0.0101)	0.654*** (0.0101)
Ln K			0.00220 (0.00583)
Constante	0.632*** (0.0161)	0.572*** (0.0302)	0.572*** (0.0301)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	27977	8735	8735
R2	0.739	0.763	0.763

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(5) Cobb-Douglas con Controles de Productividad - Variables Deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.158*** (0.0222)	-0.0122 (0.0379)	0.0194 (0.0346)
Ln FL	-0.0659*** (0.0125)	-0.0872*** (0.0210)	-0.0899*** (0.0203)
Ln M	0.954*** (0.0425)	0.785*** (0.0490)	0.815*** (0.0503)
Capacitación	-0.0697*** (0.0230)	-0.0964*** (0.0220)	-0.0951*** (0.0218)
Asistencia	-0.0973*** (0.0353)	-0.208*** (0.0495)	-0.202*** (0.0494)
Campaña Informativa	0.0366* (0.0188)	0.0148 (0.0427)	0.0170 (0.0418)
Semilla Certificada	-0.242*** (0.0205)	-0.225*** (0.0296)	-0.223*** (0.0285)
Semilla bien Almacenada	-0.00139 (0.00432)	-0.00898 (0.00877)	-0.00937 (0.00873)
Selección de Semilla	-0.103*** (0.00458)	-0.0844*** (0.0102)	-0.0863*** (0.0104)
Desinfectó la Semilla	-0.0359*** (0.00993)	-0.0396*** (0.0133)	-0.0401*** (0.0133)
Ln L	0.453*** (0.00972)	0.511*** (0.0135)	0.513*** (0.0136)
Ln K			-0.0587*** (0.0210)
Constante	5.650*** (0.0210)	5.824*** (0.0350)	5.826*** (0.0347)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	27977	8735	8735
R2	0.469	0.473	0.474

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla A3: Otras estimaciones para 2011
(1) Cobb-Douglas - Variables Deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.217*** (0.0270)	0.0595 (0.0561)	0.0697 (0.0551)
Ln FL	-0.0864*** (0.0208)	-0.0660** (0.0257)	-0.0672** (0.0253)
Ln M	0.903*** (0.0351)	0.743*** (0.0323)	0.753*** (0.0365)
Ln L	0.460*** (0.0116)	0.483*** (0.0156)	0.483*** (0.0156)
Ln K			-0.0190 (0.0139)
Constante	5.433*** (0.0301)	5.525*** (0.0243)	5.525*** (0.0243)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	12246	3832	3832
R2	0.464	0.475	0.476

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(2) Cobb-Douglas – Variables por hectárea

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.265*** (0.0124)	0.182*** (0.0199)	0.181*** (0.0197)
Ln FL	-0.0501*** (0.0161)	-0.0613** (0.0251)	-0.0617** (0.0255)
Ln M	0.188*** (0.0135)	0.313*** (0.0281)	0.312*** (0.0282)
Ln L	0.0483*** (0.0162)	0.0705** (0.0260)	0.0712** (0.0260)
Ln K			0.00281 (0.00226)
Constante	1.735*** (0.0194)	1.594*** (0.0170)	1.592*** (0.0163)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	4564	1581	1581
R2	0.349	0.389	0.389

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(3) Cobb-Douglas – Variables por hectárea deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.0716*** (0.0257)	0.0166 (0.0228)	0.0191 (0.0283)
Ln FL	-0.0666*** (0.0215)	-0.0370 (0.0399)	-0.0367 (0.0403)
Ln M	0.262*** (0.0135)	0.259*** (0.0136)	0.259*** (0.0136)
Ln L	-0.304*** (0.0272)	-0.269*** (0.0517)	-0.269*** (0.0515)
Ln K			-0.00184 (0.00436)
Constante	6.121*** (0.0199)	6.095*** (0.0270)	6.095*** (0.0276)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	8580	2620	2620
R2	0.317	0.224	0.224

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(4) Cobb-Douglas con Controles de Productividad

	(1)	(2)	(3)
	Ln Q	Ln Q	Ln Q
Ln HL	0.541*** (0.0191)	0.331*** (0.0424)	0.322*** (0.0429)
Ln FL	-0.00143 (0.00953)	0.0155 (0.0168)	0.0169 (0.0172)
Ln M	0.677*** (0.0365)	0.774*** (0.0415)	0.765*** (0.0407)
Capacitación	0.159*** (0.0146)	0.126*** (0.0263)	0.125*** (0.0262)
Asistencia	0.0377 (0.0289)	-0.00348 (0.0702)	-0.00363 (0.0708)
Campaña Informativa	0.116*** (0.0325)	0.0896*** (0.0292)	0.0892*** (0.0296)
Semilla Certificada	0.0402** (0.0166)	0.0747*** (0.0162)	0.0739*** (0.0168)
Semilla bien Almacenada	0.00414 (0.00745)	0.0140 (0.00920)	0.0142 (0.00916)
Selección de Semilla	-0.0330*** (0.00631)	-0.0350*** (0.0103)	-0.0345*** (0.00995)
Desinfectó la Semilla	0.0155 (0.0105)	0.0202 (0.0159)	0.0202 (0.0159)
Ln L	0.660*** (0.0111)	0.636*** (0.0147)	0.635*** (0.0147)
Ln K			0.0226* (0.0130)
Constante	0.630*** (0.0239)	0.509*** (0.0358)	0.507*** (0.0356)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	12246	3832	3832
R2	0.729	0.757	0.758

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(5) Cobb-Douglas con Controles de Productividad - Variables Deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.140*** (0.0221)	0.0353 (0.0507)	0.0466 (0.0492)
Ln FL	-0.0557** (0.0222)	-0.0508* (0.0298)	-0.0521* (0.0294)
Ln M	0.965*** (0.0353)	0.805*** (0.0305)	0.815*** (0.0333)
Capacitación	-0.0774*** (0.0246)	-0.0980** (0.0416)	-0.0973** (0.0420)
Asistencia	-0.111** (0.0470)	-0.243*** (0.0722)	-0.243*** (0.0721)
Campaña Informativa	0.0701* (0.0349)	0.0823 (0.0640)	0.0827 (0.0639)
Semilla Certificada	-0.249*** (0.0259)	-0.228*** (0.0350)	-0.227*** (0.0347)
Semilla bien Almacenada	-0.00379 (0.00912)	-0.00737 (0.0130)	-0.00754 (0.0130)
Selección de Semilla	-0.113*** (0.00651)	-0.0918*** (0.0140)	-0.0923*** (0.0140)
Desinfectó la Semilla	-0.0463*** (0.0161)	-0.0547** (0.0221)	-0.0547** (0.0222)
Ln L	0.488*** (0.0120)	0.519*** (0.0147)	0.520*** (0.0148)
Ln K			-0.0220 (0.0217)
Constante	5.648*** (0.0249)	5.737*** (0.0298)	5.739*** (0.0299)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	12246	3832	3832
R2	0.493	0.501	0.501

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

Tabla A4: Otras estimaciones para 2012
(1) Cobb-Douglas - Variables Deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.212*** (0.0272)	-0.0319 (0.0506)	0.0251 (0.0608)
Ln FL	-0.118*** (0.0166)	-0.147*** (0.0241)	-0.151*** (0.0235)
Ln M	0.887*** (0.0499)	0.710*** (0.0625)	0.765*** (0.0746)
Ln L	0.406*** (0.0109)	0.469*** (0.0203)	0.471*** (0.0199)
Ln K			-0.0974*** (0.0297)
Constante	5.479*** (0.0208)	5.715*** (0.0476)	5.712*** (0.0476)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	15731	4903	4903
R2	0.430	0.437	0.439

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(2) Cobb-Douglas – Variables por hectárea

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.240*** (0.00977)	0.156*** (0.0185)	0.146*** (0.0172)
Ln FL	-0.00125 (0.0187)	-0.0158 (0.0225)	-0.0133 (0.0230)
Ln M	0.198*** (0.0112)	0.271*** (0.0204)	0.262*** (0.0188)
Ln L	0.0268 (0.0189)	0.0633** (0.0275)	0.0713** (0.0271)
Ln K			0.0789*** (0.0207)
Constante	1.671*** (0.0145)	1.573*** (0.0186)	1.528*** (0.0164)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	6166	2151	2151
R2	0.410	0.341	0.345

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(3) Cobb-Douglas – Variables por hectárea deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.0594** (0.0275)	0.0425 (0.0530)	0.0488 (0.0555)
Ln FL	-0.0681*** (0.0193)	-0.0650** (0.0238)	-0.0656** (0.0238)
Ln M	0.252*** (0.0204)	0.248*** (0.0286)	0.251*** (0.0288)
Ln L	-0.363*** (0.0155)	-0.332*** (0.0362)	-0.335*** (0.0366)
Ln K			-0.0180 (0.0240)
Constante	6.112*** (0.0323)	6.161*** (0.0220)	6.167*** (0.0228)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	11214	3436	3436
R2	0.369	0.264	0.264

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.
Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(4) Cobb-Douglas con Controles de Productividad

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.409*** (0.0163)	0.211*** (0.0265)	0.222*** (0.0233)
Ln FL	0.0423*** (0.0140)	0.0774*** (0.0197)	0.0766*** (0.0196)
Ln M	0.668*** (0.0216)	0.688*** (0.0243)	0.700*** (0.0269)
Capacitación	0.100*** (0.0168)	0.0916*** (0.0240)	0.0919*** (0.0240)
Asistencia	0.117*** (0.0385)	0.170*** (0.0543)	0.173*** (0.0545)
Campaña Informativa	0.0823*** (0.0180)	0.0371 (0.0333)	0.0384 (0.0331)
Semilla Certificada	0.0172 (0.0116)	0.0489*** (0.0170)	0.0496*** (0.0173)
Semilla bien Almacenada	0.00445 (0.00817)	-0.00780 (0.0115)	-0.00795 (0.0115)
Selección de Semilla	-0.0188*** (0.00349)	-0.0234*** (0.00850)	-0.0243*** (0.00850)
Desinfectó la Semilla	0.00454 (0.00855)	0.0186 (0.0124)	0.0180 (0.0124)
Ln L	0.636*** (0.00739)	0.665*** (0.0125)	0.666*** (0.0126)
Ln K			-0.0258** (0.0125)
Constante	0.639*** (0.0163)	0.619*** (0.0363)	0.620*** (0.0361)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	15731	4903	4903
R2	0.749	0.770	0.770

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.

(5) Cobb-Douglas con Controles de Productividad - Variables Deflactadas

	(1) Ln Q	(2) Ln Q	(3) Ln Q
Ln HL	0.172*** (0.0309)	-0.0423 (0.0461)	0.0187 (0.0538)
Ln FL	-0.0753*** (0.0169)	-0.118*** (0.0224)	-0.122*** (0.0218)
Ln M	0.941*** (0.0520)	0.766*** (0.0682)	0.823*** (0.0782)
Capacitación	-0.0669** (0.0273)	-0.103*** (0.0279)	-0.101*** (0.0269)
Asistencia	-0.0799** (0.0355)	-0.177*** (0.0604)	-0.162** (0.0603)
Campaña Informativa	0.00583 (0.0296)	-0.0487 (0.0782)	-0.0425 (0.0788)
Semilla Certificada	-0.237*** (0.0201)	-0.223*** (0.0350)	-0.221*** (0.0339)
Semilla bien Almacenada	0.00201 (0.00446)	-0.0106 (0.00815)	-0.0111 (0.00796)
Selección de Semilla	-0.0983*** (0.00566)	-0.0803*** (0.0111)	-0.0841*** (0.0108)
Desinfectó la Semilla	-0.0262** (0.00978)	-0.0270 (0.0160)	-0.0290* (0.0169)
Ln L	0.430*** (0.0118)	0.502*** (0.0195)	0.505*** (0.0192)
Ln K			-0.108*** (0.0273)
Constante	5.661*** (0.0229)	5.900*** (0.0483)	5.903*** (0.0471)
Efectos fijos	Distrito	Distrito	Distrito
N	15731	4903	4903
R2	0.454	0.458	0.460

Errores estándar entre paréntesis. * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Fuente: ENAPRES. Elaboración propia.