
Carlos de los Ríos
LA EFICIENCIA TÉCNICA EN LA
AGRICULTURA PERUANA
(El caso del algodón Tangüis en los valles
de Huaral, Cañete y Chincha)

Existe un considerable nivel de consenso en torno de la noción de que una política efectiva de desarrollo económico depende de manera crítica de la promoción de la productividad y del crecimiento de la producción en el sector agrícola, en particular de los medianos y pequeños productores. De ahí que investigadores y políticos hayan dirigido su atención hacia la adopción de nuevas tecnologías para el agro.

Sin embargo, la ineficiencia en el manejo productivo determina que la productividad pueda ser incrementada sin la necesidad de incorporar nuevas tecnologías: bastaría con aprovechar mejor la tecnología disponible, lo que resultaría en una alternativa más costo-efectiva que permitiría incrementar en un plazo relativamente corto la producción y, por ende, el ingreso. Estudios empíricos sugieren que los productores de países en desarrollo no logran explotar al máximo sus potenciales tecnológicos, pues toman decisiones ineficientes que afectan severamente su productividad. De ser este el caso, la medición de los niveles de eficiencia de la producción agrícola se hace necesaria para determinar la magnitud de las ganancias potenciales que se podrían obtener gracias a mejoras en el desempeño de los agricultores con un determinado nivel de tecnología, más aun en un entorno de liberalización económica y ante la presencia de los acuerdos de libre comercio con los Estados Unidos y otros países.

El propósito general de este artículo es analizar las posibilidades de obtener ganancias en la productividad agrícola aplicando mejoras en la eficiencia técnica de los productores; asimismo, indagar sobre algunas variables que afectan la eficiencia técnica de nuestros productores. Para lograr

este objetivo se utilizó la Encuesta de Riesgo Agropecuaria (ERA),¹ que contiene entrevistas con 263 productores que sembraron algodón Tangüis en los valles de Huaral, Cañete y Chincha durante la segunda mitad del 2002. Asimismo, nos proponemos fomentar y contribuir a la discusión de la agenda complementaria que debe seguir el Gobierno con el fin de adaptarse a esta nueva etapa del libre comercio en nuestro país.

El artículo está organizado en cuatro secciones. La primera presenta brevemente el contexto del algodón Tangüis en el Perú. En la segunda se discute el concepto de eficiencia y la metodología utilizada. La tercera es una estimación de una frontera de producción estocástica para el caso del algodón Tangüis, que es la base para medir la eficiencia técnica relativa de cada productor; además, en esta sección se presentan los resultados empíricos del trabajo. Y en la cuarta y última se plantean las principales conclusiones del estudio.

EL ALGODÓN TANGÜIS EN LIMA E ICA (1990-2003)

La producción del algodón Tangüis aparece en los valles de la costa central del Perú a inicios del siglo XX. A mediados de esa centuria el algodón se constituía en la principal fuente agraria generadora de divisas y era una de las actividades agrícolas más importantes del Perú. El algodón Tangüis se caracteriza por su fibra larga y su resistencia a las enfermedades, y fue el motor del desarrollo de la industria textil peruana.

La producción de algodón Tangüis en Lima e Ica² alcanzó poco más de 250 mil toneladas a inicios de la década de 1960, y entre 1950 y 1969 logró un promedio cercano a las 200 mil toneladas, cifra que contrasta significativamente con las 94 mil toneladas producidas en el periodo 1990-2003 (véase el cuadro 1). Por otro lado, los rendimientos mostraron un crecimiento significativo desde inicios de la década de 1950 hasta fines de la de 1980, periodo en el que pasaron de poco más de 30 qq/ha hasta alrededor de 50 qq/ha; sin embargo, los rendimientos cayeron dramáticamente a fines de la década de 1980 para luego iniciar un proceso de recuperación, no obstante los problemas causados por los fenómenos El Niño, que afectaron drásticamente los rendimientos en 1998 (véase el gráfico 1).³

¹ Encuesta realizada por el Ministerio de Agricultura (Minag) en noviembre del 2002, en el marco del Proyecto de Desarrollo del Seguro Agrario.

² El algodón Tangüis también es producido, aunque en menor medida, en Áncash y Arequipa. Nuestro estudio no contempla los valles de Ica y Pisco (Ica) y Huaura-Sayán (Lima), por falta de información sobre los factores de producción.

³ El rendimiento promedio del algodón Tangüis cayó 26 por ciento (de 2,3 t/ha en 1988 a 1,7 t/ha en 1991). Asimismo, la producción de la costa central se redujo de 173 t en la década de 1980 a 108 t en la década de 1990 (Fuente: DGIA-Minag).

Cuadro 1
Producción de algodón Tangüis en la costa central del Perú
1950-2003 (t)

	Ica	Lima	Total
1950-1959	88.119	102.262	190.381
1960-1969	107.795	91.891	199.686
1970-1979	86.267	44.365	130.633
1980-1989	103.619	61.839	165.457
1990-1999	62.279	32.364	94.643
2000-2003	71.680	21.914	93.594

Fuente: Ministerio de Agricultura-DGIA.
 Elaboración propia.

Las décadas de 1970 y 1980 estuvieron marcadas por una fuerte intervención del Estado en materia de política agraria y en particular para el algodón, que gozaba de una política de subsidios, precios de refugio y beneficios para su comercialización. A partir de la década de 1990 se inicia un proceso de liberalización económica signado por un severo cambio en la estructura de los precios relativos de los bienes y factores de producción y por el fin de la política de intervenciones en el sector, como la eliminación de los controles de precios de los productos agrícolas y los insumos, la desaparición de la comercializadora ENCI y el Banco Agrario (1992).

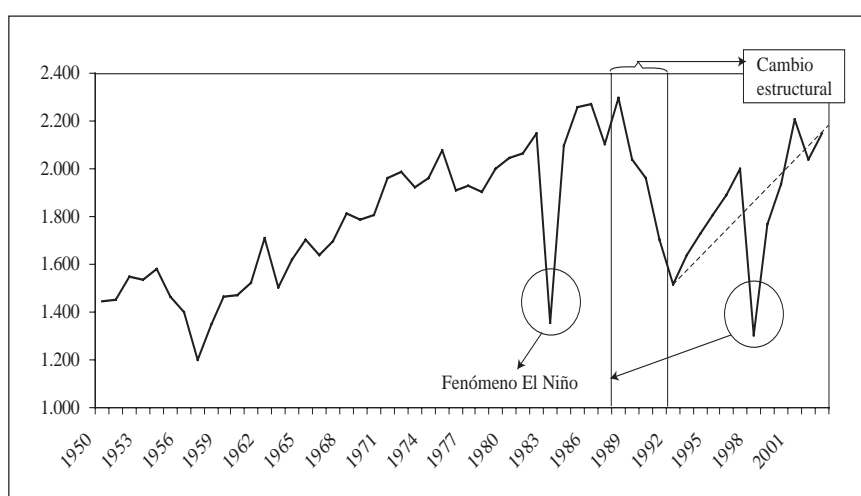
Como resultado, el productor de algodón se vio obligado a enfrentarse a una nueva estructura de precios relativos y a menores incentivos para la producción agrícola. En Ica y en Lima, muchos productores optaron por abandonar el algodón y dedicarse a cultivos de agroexportación y otros que mantuvieron una protección relativa, como el maíz amarillo duro.⁴ Todos estos cambios, entre otros, coincidieron con la fuerte reducción de los rendimientos del algodón Tangüis en ambos departamentos.

La abrupta caída de la productividad y la reducción de la producción a fines de la década de 1980 plantean el escenario de un cambio estructural en la producción del algodón Tangüis. Aparentemente, los productores que que-

⁴ Para una mayor discusión sobre el análisis de la política textil algodoneira, véase “La cadena algodón-textil: Desafíos frente al TLC con los Estados Unidos”, elaborado en diciembre del 2004 por Javier Escobal y Rodrigo Salcedo para el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.

daron se enfrentaron a una estructura tecnológica diferente⁵ resultado, sobre todo, de cambios en la estructura de precios relativos de fines de la década de 1980; no obstante, los niveles de productividad de inicios de esa década han venido recuperándose paulatinamente.

Gráfico 1
Rendimiento promedio de algodón Tangüis en Ica y Lima
(kg/ha)



LA EFICIENCIA TÉCNICA

La eficiencia técnica se refiere a la habilidad para obtener el máximo producto posible dados una canasta de factores de producción o un nivel de tecnología determinados. Específicamente, un productor utiliza las mejores prácticas posibles que le significarán el máximo nivel de producción alcanzable, que es superior que el de un productor que no hace lo mismo, dado un conjunto de factores de producción y tecnología relativamente homogéneos. En otros términos, la eficiencia técnica alude a la habilidad de producir en la frontera de posibilidades de producción.

El concepto de eficiencia técnica y su existencia en empresas productivas ha sido motivo de múltiples debates entre economistas, pues es muy

⁵ Es probable que estos cambios motivaran el desincentivo de algunos productores a seguir sembrando algodón (un indicio es la aparatosa caída de la producción en las mismas fechas) y el posible cambio en la utilización de insumos para la producción de algodón para hacer frente a la nueva estructura de precios.

poco lo que se sabe sobre factores no-físicos, especialmente conocimiento y experiencia, que influyen directamente sobre la habilidad de los productores para hacer el mejor uso posible de la tecnología disponible.

Hace aproximadamente cincuenta años, Farrell⁶ introdujo una metodología para medir la eficiencia de una empresa, que caracterizó como el producto de dos tipos de eficiencia. Por un lado, la eficiencia técnica, asociada a la capacidad de un productor para obtener el máximo posible dada una tecnología homogénea y, por otro lado, la eficiencia distributiva, asociada a producir un mismo nivel de producto al mínimo costo posible. Para Farrell, la ineficiencia técnica es la distancia existente entre la combinación de insumos observada y la combinación eficiente de insumos, obtenida por medio de la estimación de una isocuanta de producción que representa todas las combinaciones posibles de insumos que permiten obtener un determinado nivel de producción. Es decir, la ineficiencia técnica es definida como la distancia entre el nivel de producción observado y el máximo posible dado un nivel tecnológico determinado.

El modelo planteado por Farrell fue pionero, pues consideró por primera vez el concepto de fronteras de producción para aproximarse a la medición de la eficiencia técnica. La metodología de Farrell ha sido ampliamente aceptada desde su concepción y ha servido de base para el desarrollo de nuevas y más eficientes técnicas de estimación de la eficiencia técnica. Más tarde, sendos trabajos —como, entre otros, los de Aigner y Chu⁷ y Schmidt (1976)—⁸ se dedicaron a la estimación de las fronteras de producción.

El modelo que utilizamos en este documento fue planteado por Aigner, Lovell y Schmidt,⁹ quienes sugieren el cálculo de la eficiencia técnica por medio de la estimación de una frontera de producción estocástica en la que la lógica económica implícita es que el proceso de producción está sujeto a un término de error que recoge los efectos aleatorios del medio ambiente y los de la ineficiencia técnica.

Este término de error está compuesto, entonces, por dos perturbaciones aleatorias que son distinguibles entre sí y poseen diferentes características,

⁶ Farrell, Michael: "The Measurement of Productivity Efficiency". *Journal of The Royal Statistics Society*, Serie A, 120, parte 3, 1957, pp. 253-290.

⁷ Aigner, D. J. y S. F. Chu: "On Estimating the Industry Production Function". *American Economic Review*, volumen 58(4), 1968, pp. 826-839.

⁸ Schmidt, Peter y Knox Lovell: "Estimating Technical and Allocative Inefficiency Relative to Stochastic Production and Cost Frontiers", en *Journal of Econometrics*, 9(3), 1979, pp. 343-366.

⁹ Aigner, D. K., A. K. Lovell y P. Schmidt: "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models". *Journal of Econometrics*, 6, 1977, pp. 21-37.

que desvían al productor de la obtención del máximo posible de producción dado un nivel tecnológico. Por un lado, una perturbación aleatoria que captura los efectos fuera de control de los productores como eventos favorables o desfavorables, como la suerte, el clima, la topografía y el desempeño de las maquinarias, así como errores en la observación y medición de la producción; y, por otro, una perturbación no negativa que recoge los efectos controlables por el productor, como el manejo del cultivo, el esfuerzo de los empleados o la utilización adecuada de pesticidas, que están directamente asociados a la ineficiencia técnica.

Inicialmente, el modelo plantea una función de producción que depende de un conjunto de factores de producción. Así, para cada productor i , definimos la función de producción como:

$$Y_i^* = f(X_i; \beta) \quad (1)$$

donde Y_i^* representa la frontera de posibilidades de producción o el máximo posible de producto que se podría obtener dado un conjunto de factores de producción X_i utilizados por cada individuo i , y β es un parámetro desconocido por estimar que representa la contribución de cada insumo a la producción. Es preciso resaltar que la expresión (1) implica una producción determinística, es decir, que no toma en consideración factores exógenos que afectan la producción. Consecuentemente, si el nivel de producción observado de cada productor es Y_i , cualquier productor podría ubicarse o en la frontera de posibilidades de producción —es decir, el productor es eficiente ($Y_i = Y_i^*$)—, o por debajo de ella —es decir, el productor es ineficiente ($Y_i < Y_i^*$)—; y la eficiencia técnica (TE por su sigla en inglés) sería $TE = Y_i / Y_i^*$.

Una alternativa más realista para capturar el efecto de la ineficiencia individual consistiría en incorporar los efectos específicos de ineficiencia a la función de producción del individuo:

$$Y_i = f(X_i; \beta) - V_i \quad (V_i \geq 0) \quad (2)$$

donde Y_i representa la producción del individuo i y V_i la perturbación relacionada con la ineficiencia técnica. Es decir, si el productor es eficiente, podría llegar a producir Y_i^* , y V_i tomaría el valor de cero. Si el productor no utiliza la combinación de factores más eficiente o no usa las mejores prácticas disponibles, V_i tomaría un valor mayor que cero y el productor produciría $Y_i < Y_i^*$.

Siguiendo a Aigner, Lovell y Schmidt,¹⁰ introducimos la perturbación aleatoria que captura los factores exógenos que afectan la producción, que

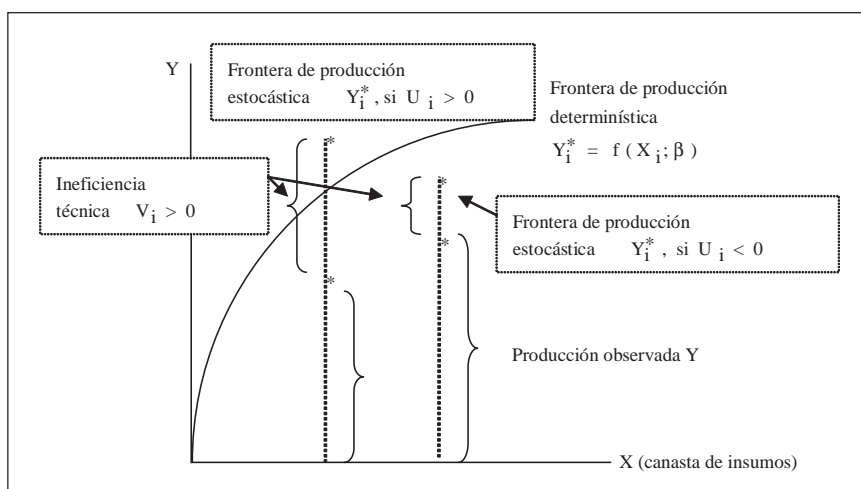
¹⁰ *Ibid.*

son totalmente aleatorios y no controlables por el productor (clima, azar, topografía, entre otros), así como los errores de medición. La formulación definitiva desembocaría en una frontera estocástica de producción (por el término aleatorio introducido al final).

$$Y_i = f(X_i; \beta) + (U_i - V_i) \quad (V_i \geq 0) \quad (3)$$

En esta formulación U_i podría tomar cualquier valor, dado que los factores exógenos que afectan la producción pueden ser positivos, negativos o nulos. El concepto de frontera de producción estocástica ha sido motivado por el hecho de que las desviaciones respecto de esa frontera de producción no necesariamente se encuentran bajo el control de los productores, sino que obedecen a factores totalmente exógenos.¹¹

Gráfico 2
La frontera de producción estocástica



El gráfico 2 muestra claramente las definiciones ya señaladas. De aquí se deduce que la TE está definida en términos de la ratio entre la producción observada y la correspondiente frontera de producción, condicionada a la canasta de insumos utilizada. Entonces, la TE queda definida como:

¹¹ Detalles sobre los supuestos aplicados y el proceso de estimación se presentan en el anexo 1.

$$TE_i = Y_i / Y_i^* = Y_i / f(X_i; \beta) + U_i \quad (4)$$

Aquí es importante anotar que la TE es una medida relativa al productor más eficiente de un espacio y tiempo determinados. Es decir, dado que la función de producción se obtiene de los insumos reportados y los resultados observados en una campaña de producción de una muestra determinada, esta medida será relativa a estos factores, lo que implica que no es comparable con otras realidades con diferentes tecnologías.

LAS FUENTES DE INFORMACIÓN Y LA FRONTERA DE PRODUCCIÓN DEL ALGODÓN TANGÜIS EN LOS VALLES DE HUARAL, CAÑETE Y CHINCHA

Los datos utilizados provienen de la ERA¹² realizada por el Minag con el objetivo de identificar y obtener una primera aproximación a los eventos inesperados y sus efectos en la agricultura. Esta encuesta se realizó en trece valles de la costa peruana a los principales cultivos de cada productor, por extensión de área sembrada.

La muestra tomada para este estudio comprende a los 263 productores de algodón Tangüis entrevistados por la ERA en los valles de Huaral, Cañete y Chincha. La muestra es representativa de los valles, pues proviene directamente de la Encuesta Nacional de Producción y Ventas (Enaprove) que realiza periódicamente el Minag y cuyo objetivo es obtener una estimación confiable de la producción de los principales productos de cada valle. La ERA se realizó a fines del 2003 y la información corresponde a las siembras de algodón del segundo semestre del 2002, con las correspondientes cosechas de marzo y agosto del 2003.

El algodón Tangüis es uno de los cultivos más importantes en los tres valles en estudio, y representa 16 por ciento, 28 por ciento y 43 por ciento de la superficie sembrada en el periodo agosto del 2001-julio del 2002 en los valles de Huaral, Cañete y Chincha respectivamente, según Enaprove. Estos valles se caracterizan por tener un clima relativamente uniforme y sin contrastes térmicos muy marcados, con niveles de humedad relativa altos que favorecen la siembra del algodón Tangüis.

Luego de descartar algunas observaciones incompletas, nos quedamos con una muestra de 263 parcelas productoras de algodón, en las que la superficie destinada al cultivo en cuestión oscila entre 0,25 ha y 113 ha. De la muestra, 15 por ciento de los productores siembra menos de 1 ha de algo-

¹² Para más detalles acerca de la ERA, véase el anexo 2.

Cuadro 2
Distribución del tamaño de las parcelas en la muestra

Tamaño de parcelas	Número de casos	%	% acumulado
Menos de 0,5 ha	13	4,9	4,9
Entre 0,5 ha y 1 ha	27	10,3	15,2
Entre 1 ha y 3 ha	90	34,2	49,4
Entre 3 ha y 5 ha	62	23,6	73,0
Entre 5 ha y 10 ha	36	13,7	86,7
Entre 10 ha y 15 ha	8	3,0	89,7
Más de 15 ha	27	10,3	100,0

Fuente: Ministerio de Agricultura / Encuesta de Riesgo Agropecuario.
Elaboración propia.

dón Tangüis, mientras 49 por ciento siembra menos de 3 ha y tan solo 9 por ciento siembra más de 15 ha, como se muestra en el cuadro 2.

Luego de la reforma agraria (1969-1975) hubo un cambio profundo en la estructura productiva de la agricultura costeña, que, en el caso del algodón, significó la fuerte caída de la producción (véase el cuadro 1). Las grandes haciendas dejaron de existir y, consecuentemente, la clase empresarial agraria fue casi eliminada y dejó en su reemplazo a las cooperativas agrarias¹³ que hacia fines de la década de 1980 se subdividieron en parcelas familiares en un proceso post-reforma agraria cuyo resultado es la profunda atomización de la propiedad que queda en evidencia en los cuadros 2 y 3.

El modelo de función de producción elegido para nuestro estudio de eficiencia técnica puede ser expresado, de manera general, como:

$$Y = f(T, L, A, P) \quad (5)$$

donde Y representa la producción en kilogramos de algodón Tangüis; la variable T , la superficie sembrada de algodón, en hectáreas; L incluye la

¹³ A excepción de las cooperativas azucareras.

Cuadro 3
Tamaño promedio de las parcelas por valle

Valle	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Número de casos
Cañete	5,4	3,5	5,7	88
Chincha	7,6	4,0	13,2	130
Huaral	3,0	2,6	2,4	45

Fuente: Ministerio de Agricultura / Encuesta de Riesgo Agropecuario.
Elaboración propia.

mano de obra remunerada y no remunerada y expresa el número de horas-hombre equivalente utilizadas; *A* corresponde a abonos y fertilizantes y está expresado en número de kilos de nitrógeno equivalente; y *P* representa a los pesticidas y está expresado en número de litros de insecticida equivalente.

Es importante mencionar que para expresar la función de producción se decidió excluir de ella la cantidad de semillas utilizadas, debido al alto nivel de correlación existente con la variable tierra. Las entrevistas realizadas con expertos e informantes calificados mostró claramente que la cantidad de semillas utilizadas es poco variable entre productores y entre valles y oscila alrededor de 46 kg/ha. El descarte de esta variable se justifica entonces con el objetivo de eliminar el problema de colinealidad que se genera cuando dos variables están estrictamente correlacionadas entre sí, dado que ambas representan lo mismo y los efectos de una están contenidos en la otra. De acuerdo con la encuesta ERA, el coeficiente de correlación entre ambas variables (tierra-T y cantidad de semillas utilizadas-S) es de 99,89 por ciento; asimismo, 80 por ciento de los valores de semilla por hectárea oscila entre 42 kg/ha y 48 kg/ha, con una mediana de 46 kg/ha y un promedio de 45,3 kg/ha, lo que comprueba la información recogida por los informantes calificados y expertos.

Por otro lado, el capital (K) aparece como una variable poco significativa en el proceso de producción del algodón.¹⁴ El algodón en los valles de la costa central es intensivo en la utilización de mano de obra, y aunque el uso de maquinaria o tracción animal es parte del proceso productivo, no es de-

¹⁴ En el anexo 3 se muestra parte del análisis de la utilización de capital en la producción de algodón Tangüis en la costa central.

terminante de la producción.¹⁵ Por otro lado, el anexo 4 resume la no significancia de la variable capital en la estimación de la función de producción que veremos más adelante.

Los factores de producción utilizados en este modelo corresponden a aquellos más usados en la estimación de fronteras de producción agrícola en países en desarrollo.¹⁶

La forma elegida para representar la función de producción es la Cobb-Douglas, comúnmente utilizada en la estimación de funciones de producción agrícolas. A pesar de que esta forma funcional impone algunas restricciones, ciertos estudios que analizan su impacto en la eficiencia concluyen que ella tiene un efecto discernible pero no significativo en la eficiencia estimada.¹⁷

$$Y = AT^{\alpha_1}L^{\alpha_2}A^{\alpha_3}P^{\alpha_4} \quad (6)$$

La robustez del modelo planteado fue puesta a prueba,¹⁸ y los resultados muestran un modelo sólido estructuralmente en sus variables explicativas y confirman que no hay omisión de variables en nuestra especificación. La aplicación de una función de producción para el algodón Tangüis en los valles en cuestión sugiere cierto nivel de homogeneidad tecnológica entre los productores y, consecuentemente, entre los factores de producción utilizados. Luego de entrevistas con informantes calificados y expertos, se concluyó que aun cuando existen diferencias tecnológicas entre los productores, esta no es necesariamente muy significativa, y que si bien es cierto que se podría hablar de múltiples tecnologías, también lo es que, en términos generales, es posible considerar una sola tecnología existente entre estos productores. Por otro lado, se probó la hipótesis de la existencia de un nivel

¹⁵ Se realizó el *test* ratio de verosimilitudes ($\log K = 0$), y los resultados confirman nuestra observación de que el capital no aporta significativamente a la producción de algodón Tangüis.

¹⁶ Véase, entre otros, Kalijaran, K. P.: "On Measuring Economic Efficiency". *Journal of Applied Econometrics*, 5, 1990, pp. 75-85. Bravo-Ureta, Boris E. y Antonio E. Pinheiro: "Technical, Economic, and Allocative Efficiency in Peasant Farming: Evidence from the Dominican Republic". *Developing Economies*, 35:1, 1997, pp. 48-67. Battese, G. E.: "Frontier Production Functions and Technical Efficiency: a Survey of Empirical Applications in Agricultural Economics". *Agricultural Economics*, 7, 1992, pp. 185-208.

¹⁷ Kopp, R. J. y V. K. Smith: "Frontier Production Function Estimates for Steam Electric Generation: a Comparative Analysis". *South. Econ. J.*, 47, 1980, pp. 1049-1059.

¹⁸ Se utilizó el *test* de Chow, que permite reconocer la omisión de variables significativas en el modelo seleccionado, con lo que resulta posible identificar errores de especificación.

tecnológico relativamente homogéneo por medio de las pruebas de estabilidad realizadas a la función de producción por rango de tamaño y por valle, cuyos resultados no muestran diferencia estructural alguna. Asimismo, se probó la existencia de grupos diferenciados por utilización de insumos, que podría ser un indicio de diferencias tecnológicas, de manera que los resultados son consistentes con la existencia de una tecnología relativamente homogénea.

RESULTADOS EMPÍRICOS

El cuadro 4 muestra resultados de la estimación final de la función de producción del tipo Cobb-Douglas utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios, que nos muestra estimados de la función de producción promedio, comparados con la estimación de máxima-verosimilitud, que nos indica estimados de la frontera estocástica de producción que posteriormente nos permitirá calcular la eficiencia técnica.

Los resultados del modelo muestran una alta similitud en los parámetros estimados con ambos métodos, a excepción del intercepto, que es mayor en la estimación de máxima verosimilitud, lo que confirma que tal estimación (la de la frontera de producción) muestra un desplazamiento positivo sobre la media de la función de producción.

El valor de lambda (λ) alude a la ratio entre el error estándar de la perturbación exógena (U) y el error estándar relativo a la ineficiencia técnica (V). Basados en λ , podemos estimar el porcentaje de la varianza en la producción debido a la ineficiencia técnica.¹⁹ Los resultados nos muestran que 84,7 por ciento de la variación de la producción de algodón Tangüis se debe a la ineficiencia técnica de los productores,²⁰ lo que nos indica la importancia de profundizar en capacitación, asistencia técnica, entre otros elementos que generarían mejoras en la productividad y, por ende, en el ingreso de los productores de algodón Tangüis de los valles en estudio.

Utilizando la ecuación 4, estimamos la eficiencia técnica relativa de cada productor. La eficiencia técnica promedio de los tres valles es 71,6 por ciento, y la distribución de la eficiencia por valle se muestra en el gráfico 3.

Los resultados señalan que la eficiencia técnica oscila entre 27,05 por ciento y 93,94 por ciento en general en la muestra de los tres valles, y que los productores de Chíncha son los más ineficientes en promedio (68,71

¹⁹ $\gamma = \lambda^2 / (1 + \lambda^2) = \sigma_v^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$.

²⁰ El 15,3 por ciento restante de la variación en la producción de algodón Tangüis es explicado por factores exógenos al proceso productivo, como el clima, la topografía, el azar y errores de medición, entre otros.

Cuadro 4
Estimación de parámetros del modelo

Variable	Mínimos cuadrados ordinarios (MCO) (desv. estándar)	Máxima verosimilitud (MV) (desv. estándar)
log(T)	0,676*** (0,065)	0,736*** (0,061)
log(L)	0,101*** (0,034)	0,071** (0,03)
log(A)	0,171*** (0,052)	0,142*** (0,049)
log(P)	0,105*** (0,03)	0,088*** (0,029)
_cons	5,744*** (0,364)	6,519*** (0,353)
lnsig2v		-3,235*** (0,281)
lnsig2u		-1,518*** (0,200)
lambda		2,359 (0,069)
sigma2		0,258 (0,037)

Likelihood-ratio test of $\sigma_u = 0$: $\text{chibar2}(01) = 16,00$

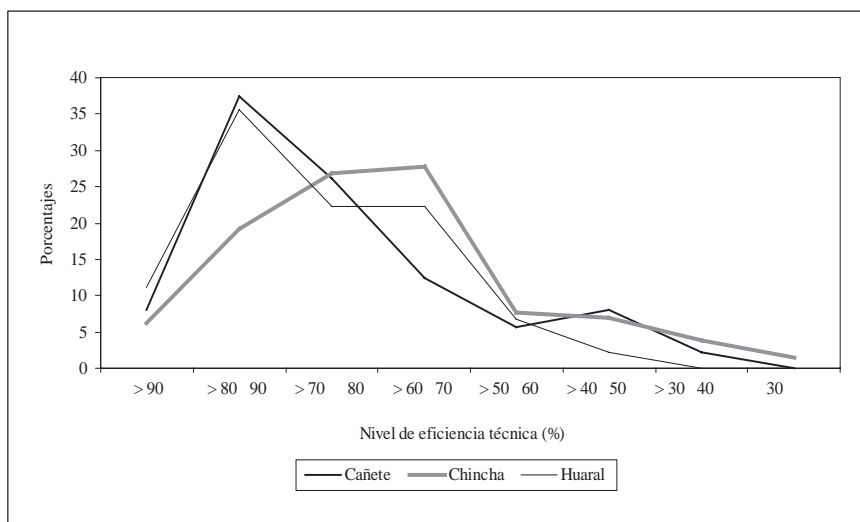
*** Significancia al 1%.

** Significancia al 5%.

* Significancia al 10%.

por ciento contra 73,8 por ciento en Cañete y 75,8 por ciento en Huaral). Es importante mencionar que el valor máximo de eficiencia no necesariamente es la unidad, debido al efecto de factores exógenos que afectan la producción y que tienen el carácter de aleatorio, recogidos en nuestro modelo en la perturbación U. El cuadro 5 complementa la información del gráfico 3.

Gráfico 3
Distribución de la eficiencia técnica por valle



En general, esto significa que si el productor promedio en la muestra quisiera lograr el máximo alcanzado por otros productores de algodón Tangüis en los valles seleccionados, lograría un incremento en su productividad de 23,74 por ciento.²¹

La distribución de la eficiencia técnica entre los tres valles es más o menos homogénea, con una concentración de las observaciones (aproximadamente 75 por ciento) en niveles de eficiencia entre 70 por ciento y 90 por ciento, y con cierto sesgo en el valle de Chíncha, donde la concentración es mayor en niveles de eficiencia entre 70 por ciento y 80 por ciento.

Los resultados obtenidos muestran la importancia de reducir primero la ineficiencia técnica en los valles seleccionados, como alternativa de corto plazo para incrementar la productividad, la competitividad y, consecuentemente, el ingreso de los productores.

El análisis de la eficiencia técnica debería tener dos componentes. Uno primero es la estimación de la frontera de producción estocástica, que es la que nos sirve de base para la estimación de la eficiencia técnica de los productores. El segundo componente es igualmente importante, aunque la lite-

$$^{21} \left(1 - \frac{TE}{TE_{MAX}}\right) = \left(1 - \frac{0,7164}{0,9394}\right) = 0,2374$$

Cuadro 5
Tabla de frecuencia de distribución
de la eficiencia técnica

Eficiencia técnica		Valle de Cañete	Valle de Chincha	Valle de Huaral	Eficiencia técnica
> 90	frec.	7	8	5	20
	% fila	35	40	25	100
	% col.	7,95	6,15	11,11	7,6
> 80 90	frec.	33	25	16	74
	% fila	44,59	33,78	21,62	100
	% col.	37,5	19,23	35,56	28,14
> 70 80	frec.	23	35	10	68
	% fila	33,82	51,47	14,71	100
	% col.	26,14	26,92	22,22	25,86
> 60 70	frec.	11	36	10	57
	% fila	19,3	63,16	17,54	100
	% col.	12,5	27,69	22,22	21,67
> 50 60	frec.	5	10	3	18
	% fila	27,78	55,56	16,67	100
	% col.	5,68	7,69	6,67	6,84
> 40 50	frec.	7	9	1	17
	% fila	41,18	52,94	5,88	100
	% col.	7,95	6,92	2,22	6,46
> 30 40	frec.	2	5	0	7
	% fila	28,57	71,43	0	100
	% col.	2,27	3,85	0	2,66
30	frec.	0	2	0	2
	% fila	0	100	0	100
	% col.	0	1,54	0	0,76
Frecuencia		88	130	45	263
Eficiencia técnica					
Promedio (%)		73,86	68,71	75,81	71,64
Mínimo (%)		31,14	27,05	41,43	
Máximo (%)		93,94	92,59	91,51	
Desviación estándar		14,40	14,80	11,58	14,43

ratura no ha profundizado mucho en el tema.²² Este segundo componente consiste en identificar los factores exógenos a la producción, que afectan el desempeño de los productores e influyen en su ineficiencia.

Esto se puede lograr analizando la relación entre algunas características específicas de cada productor y el valor estimado de la eficiencia técnica. Es posible establecer esa relación de manera directa, aunque no sin algunos problemas derivados de la formulación de supuestos y del proceso de estimación.²³

En una primera caracterización de la eficiencia técnica observamos que existen factores dentro y fuera de control de los productores que afectan sus niveles de eficiencia técnica y pueden ser superados si se pone en práctica una agenda de orientación e información a los productores agrarios.

El modelo utilizado es el siguiente:

$$TE = f(TGB; AGUA; V1; V2; COM; RIESGO, EDUC; FAM) \quad (7)$$

donde *TE* es la eficiencia técnica de cada productor. Todas las variables explicativas son dicotómicas, como se detalla a continuación. *TGB* es la percepción de un agente externo especializado de un manejo y cuidado pobre del cultivo; *AGUA* corresponde a aquellos productores que declararon un abastecimiento bajo o insuficiente de agua; *V1* y *V2* representan los valles de Chíncha y Huaral respectivamente; *COM* está relacionada con las comisiones de regantes de Ñoco, Irrigación Pampa-Ñoco, Quebrada Grande y Pachamami-lla, que se caracterizan por tener territorios no aptos para el cultivo del algodón, sea por problemas de agua o problemas de suelos;²⁴ *RIESGO* recoge información de aquellos productores que manifestaron haber sufrido algún evento inesperado durante el cultivo del algodón Tangüis; *EDUC* reúne la información de aquellos productores que han terminado primaria completa, y, finalmente, *FAM* incluye a aquellos productores que utilizaron mano de obra familiar y no remunerada en su proceso productivo.

La eficiencia técnica y la ecuación (5) se estiman de manera separada utilizando para esta última el procedimiento *tobit* de dos colas, dado que la ineficiencia está acotada entre los valores 0 y 1. Es importante resaltar que 236 de los 263 encuestados eran personas naturales, mientras que el resto

²² Véase Kumbhakar, S. C. y C. A. K. Lovell: *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

²³ Para una discusión sobre el proceso de estimación de los determinantes de la eficiencia, véase el anexo 5.

²⁴ Información explicada *a priori* por coordinadores de encuesta del Minag.

representaban a personas jurídicas que no respondieron algunas de las preguntas de caracterización de la encuesta.

Además, resulta preciso acotar que la variable tamaño de la explotación de algodón resultó no significativa para explicar el nivel de eficiencia técnica, en contraste con la noción de que existe una relación positiva entre la eficiencia técnica y el tamaño de la superficie sembrada. Aunque la relación entre eficiencia y superficie sembrada ha sido motivo de discusión en la literatura, son pocos los estudios que utilizan la metodología de fronteras estocásticas de producción que han profundizado en el tema, aun cuando en una gran mayoría no se halló una significancia estadística de esta relación.²⁵

Según los resultados obtenidos de esta segunda etapa de la estimación, presentados en el cuadro 6, la variable geográfica relacionada con el valle no es determinante de la eficiencia técnica, y el valle (V1 y V2) de Chíncha es más ineficiente que el resto, pues muestra una significancia estadística al 10 por ciento y un signo negativo como el esperado, tal y como se demuestra en los cuadros anteriores. Por otro lado, la percepción de un especialista externo de un manejo pobre y descuidado del cultivo (TGB) aparece como estadísticamente significativa y con un efecto negativo en la determinación del nivel de eficiencia técnica. Esta relación nos confirmaría las hipótesis sobre la importancia de una agenda de asistencia técnica en manejo del cultivo y en buenas prácticas agrícolas para mejorar la productividad. La variable que corresponde a un buen manejo y cuidado del cultivo muestra una influencia positiva pero no significativa en la eficiencia técnica. Las comisiones de regantes (COM), consideradas *a priori* como poco aptas para el cultivo del algodón Tangüis, condicionan la eficiencia técnica de los productores. Ambas variables sugieren un mayor énfasis en la orientación de las autoridades basado en la información agraria en temas centrales de siembras y manejo de los cultivos.

Una variable fuera de control del productor es el abastecimiento bajo e insuficiente de agua (AGUA), y está directamente relacionada con la política del manejo de aguas, sector que atraviesa una grave crisis institucional que aparece como estadísticamente significativa en nuestra estimación. Estos resultados sugieren que el logro de mejoras sustanciales en la eficiencia técnica de los productores depende de políticas de orientación al productor, pero también de políticas públicas adecuadas sobre variables que este no puede controlar.

²⁵ Véase Bravo-Ureta y Pinheiro, *op. cit.*, 1997, p. 61, para una mayor referencia al tema.

La educación formal (EDUC), medida en años de estudios, ha sido una de las variables más exploradas en la literatura sobre la eficiencia técnica, y, a ese respecto, los resultados son contradictorios. Sin embargo, los datos contenidos en el cuadro 6 revelan una relación estadísticamente significativa y positiva entre ambas variables, lo que indica que los productores que tienen la primaria completa son más eficientes.

Por otro lado, los resultados muestran que aquellos productores que han utilizado la mano de obra familiar (FAM) en el proceso productivo logran mayores niveles de eficiencia que los que no. Esto implicaría que la mano de obra familiar o no remunerada es más productiva que la mano de obra remunerada, lo que sugiere que aquella tiene incentivos mayores que esta última.

Por otro lado, la variable RIESGO, que recoge información sobre la declaración de haber sufrido al menos un evento inesperado durante la producción, aparece como no significativa, aunque con un signo acorde con lo esperado. Es muy importante considerar que hay indicios en la literatura sobre la relación entre percepción de riesgo e inversión en la parcela y en el cultivo. Sin embargo, esta relación no ha sido explorada en este artículo, por limitaciones de la encuesta.

Es importante mencionar que este análisis de la eficiencia técnica no termina de explicar por completo sus determinantes; más bien, se puede considerar como una primera aproximación al estudio de estos, aun cuando es posible derivar algunas conclusiones importantes. En primer lugar, las mejoras en la eficiencia técnica no dependen solo de la voluntad de los productores, sino de un conjunto de políticas sectoriales de orientación al productor que permitan, en el corto plazo, incrementar sus niveles de eficiencia. En segundo lugar, la eficiencia técnica es homogénea entre valles: ninguno muestra un mayor nivel de eficiencia promedio significativo.

CONCLUSIONES

El cultivo del algodón Tangüis sufrió hacia fines de la década de 1980 un importante cambio estructural, que resultó en una caída significativa de los rendimientos agregados en los valles en estudio, que fue revirtiéndose poco a poco en los años siguientes. Esto nos llevó a preguntarnos por el potencial de desarrollo de la productividad, tomando en consideración las condiciones actuales y el nivel de tecnología vigente.

Este artículo ha presentado una primera aproximación a la estimación de la eficiencia técnica para una muestra de 263 productores de algodón Tangüis de los valles de Huaral, Cañete y Chíncha, en la costa central peruana. Se estimó la función de producción del algodón Tangüis, de donde se

Cuadro 6
Estimación de los determinantes de la eficiencia técnica para
263 productores de algodón Tangüis

	Coef.	Error estándar	t-stat	P > t
TGB	-5,23***	1,91	(2,74)	0,01
V1	-3,26*	1,91	(1,70)	0,09
V2	1,98	2,46	0,81	0,42
AGUA	-3,67*	2,13	(1,72)	0,09
COM	-18,29***	2,87	(6,37)	0,00
RIESGO	(3,82)	3,04	(1,26)	0,21
FAM	9,93**	4,32	2,30	0,02
EDUC	3,33**	1,67	1,99	0,05
cons	74,58***	1,88	39,69	0,00

*** Significancia al 1%.

** Significancia al 5%.

* Significancia al 10%.

obtuvo la frontera de producción estocástica utilizada para obtener la medida de eficiencia técnica.

El análisis revela que, en promedio, la eficiencia técnica de estos productores es de 71,6 por ciento, lo que sugiere que se pueden obtener importantes ganancias en producción con el nivel de tecnología existente. No obstante, es importante mencionar que, a pesar del rol que cumple un mayor nivel de eficiencia en la producción, las ganancias en productividad que se podrían lograr por medio de innovaciones tecnológicas son de importancia crítica en la agricultura. Los niveles de eficiencia técnica obtenidos no dependen significativamente del valle en estudio, ni de la superficie sembrada del cultivo.

En una segunda etapa del análisis se estudió la relación entre la eficiencia técnica y algunas características propias de los productores. Este análisis nos llevó a verificar la importante relación negativa que existe entre la eficiencia técnica y las zonas poco propicias para la siembra del cultivo, sea por condiciones del tipo de suelo o por el acceso al agua. Asimismo, el inadecuado manejo y cuidado del cultivo, recogido por la percepción de un

agente especializado externo, tiene una correlación negativa con la eficiencia técnica, lo que sugiere la importancia de una adecuada orientación a los productores por medio de asistencia técnica y políticas de promoción y extensión agraria que los orienten. Por otro lado, es preciso mencionar la importancia de la educación y de la utilización de la mano de obra familiar en la obtención de mayores niveles de eficiencia.

Si bien los hallazgos de este análisis empírico nos ayudan a conocer un poco más sobre el potencial de desarrollo de la productividad de los agricultores del algodón Tangüis y sobre algunos de sus determinantes, estos resultados deben ser tratados con cautela. El modelo utilizado en esta segunda etapa tiene severos problemas de estimación y no incorpora varios factores que pueden influir en la eficiencia técnica, como las redes sociales, el acceso a información, las imperfecciones de mercado, las alternativas al empleo agrícola, restricciones presupuestarias, entre otros.

Una línea de investigación propuesta en función de los hallazgos de este artículo sería aquella sobre la relación entre la eficiencia productiva y el consumo de los hogares en las parcelas más pequeñas. Dado que existe un número significativo de pequeñas explotaciones agropecuarias, los ingresos adicionales que estos podrían recibir al incrementar sus niveles de eficiencia técnica pueden ser mínimos en comparación con lo que recibirían si dedicasen más tiempo y recursos a su explotación en relación con otras actividades remuneradas, lo que nos llevaría a considerar que es posible que la opción de ser ineficientes sea una decisión consciente y racional.

Por último, es importante mencionar que este estudio es uno de los pocos que se han realizado sobre la eficiencia en la agricultura en la costa peruana, y que es necesario contar con más documentos de investigación que nos abran los ojos a la realidad productiva agrícola, más aun en un entorno de liberalización comercial en el que gran parte del éxito dependerá de nuestra capacidad de competir y de adecuadas políticas complementarias que permitan el desarrollo del agro peruano.

Anexo 1
La estimación de la eficiencia técnica

Considerando:

$$Y_i = f(X_i; \beta) + \varepsilon_i \tag{1}$$

$$\varepsilon^i = U^i - V^i \tag{2}$$

donde (1) representa la función de producción y (2) el componente estocástico que recoge los factores exógenos e individuales que desvían al productor de su producción eficiente.

Como ya se indicó, asumimos que el componente de error U_i representa una perturbación aleatoria que sigue una distribución normal del tipo, $U_i \sim N(0, \sigma_u^2)$, que recoge las fluctuaciones exógenas que afectan al productor y pueden ser positivas o negativas. Este supuesto es convencional a la estimación econométrica.

Por su parte, V_i representa una perturbación aleatoria no negativa que se distribuye *half-normal*, del tipo $V_i \sim N^+(0, \sigma_v^2)$, que recoge el concepto de eficiencia técnica; de ahí que su distribución sea no-negativa. Este supuesto se basa en la posibilidad de que no existan factores idiosincrásicos y, por lo tanto, esta tome el valor de cero, de manera que los valores crecientes son cada vez menos posibles. Es importante mencionar que los resultados de la eficiencia técnica y su distribución muestran poca sensibilidad al tipo de distribución del componente no-negativo.²⁶ Una simulación realizada de nuestro estudio muestra una correlación de 97 por ciento entre los resultados obtenidos a partir de una distribución *half-normal* y una distribución exponencial.

Se asume que ambas perturbaciones siguen distribuciones independientes, dado que recogen efectos totalmente distintos. Asimismo, las dos son independientes de las variables explicativas del modelo.

Así, la distribución de los errores sería:

$$f(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2}\right), \text{ y} \tag{3}$$

$$f(V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_v} \exp\left(-\frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right), \text{ para todo } V \geq 0 \tag{4}$$

²⁶ Kumbhakar y Novell, *op. cit.*, 2000.

Luego, dado el supuesto de independencia, la distribución conjunta sería:

$$f(V, U) = \frac{1}{2\pi\sigma_v\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{v^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (5)$$

$$f(V, \varepsilon) = \frac{1}{2\pi\sigma_v\sigma_u} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma_u^2} - \frac{(\varepsilon + V)^2}{2\sigma_v^2}\right) \quad (6)$$

De donde la distribución marginal de ε se obtiene integrando V fuera de $f(V, \varepsilon)$. Entonces, tenemos:

$$f(\varepsilon) = \int_0^{\infty} f(V, \varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \varphi\left(-\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right) \quad (7)$$

donde $\sigma = (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)^{1/2}$, $\lambda = \sigma_v / \sigma_u$ y $\phi(\cdot)$ y $\varphi(\cdot)$, y son la distribución normal estándar acumulada y la función de densidad respectivamente. Esta función marginal se distribuye asimétricamente, con:

$$E(\varepsilon) = -E(v) = -\sigma_v \sqrt{\frac{2}{\pi}} \text{ y } V(\varepsilon) = \frac{\pi - 2}{\pi} \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \quad (8)$$

Aigner, Lovell y Schmidt²⁷ sugieren que el estimador de la eficiencia técnica promedio de todos los productores es:

$$TE = [1 - E(V)] \quad (9)$$

Partiendo de la ecuación (7), se realiza un proceso de estimación por máxima verosimilitud, donde el modelo por estimar es:

$$\ln(L) = \text{cons} \tan t - I \ln \sigma + \sum_i^I \ln \phi\left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_i^I \varepsilon_i^2 \quad (10)$$

Esta función es maximizada con respecto a los parámetros, y se obtienen, así, estimadores de máxima verosimilitud de todos los parámetros. Estos estimados son consistentes cuando I , el número de observaciones, tiende a infinito. Lo que tenemos al momento son estimaciones del error $\varepsilon_i = U_i - V_i$, que contiene información del componente de eficiencia técnica V_i . Para obtener estimadores de este componente utilizamos la distribución condicional de U_i dado ε_i :

²⁷ Aigner, Lovell y Schmidt, *op. cit.*, 1977.

$$f(U/\varepsilon) = \frac{f(U, \varepsilon)}{f(\varepsilon)} \quad (11)$$

de donde obtenemos $E(U_i / \varepsilon_i)$, que se convierte en el estimador puntual de nuestro componente de eficiencia técnica. Para estimar este modelo se utilizó el FRONTIER, programa instalado en el STATA8.2, que utiliza la propuesta de Battese y Coello²⁸ para estimar la eficiencia técnica:

$$TE_i = E[\exp \{-U_i\} / \varepsilon_i] \quad (12)$$

²⁸ Kumbhakar y Lovell, *op. cit.*, 2000.

Anexo 2

La Encuesta de Riesgo Agrícola

OBJETIVOS

La ERA tiene como principal objetivo lograr estimaciones de:

- Tasa de prevalencia de siniestros (porcentaje de productores que sufrieron pérdidas por algún “evento inesperado”).
- Índice de severidad del riesgo.
- Indicadores de percepción del riesgo.

DISEÑO MUESTRAL

Luego de analizar las distintas opciones, se decidió utilizar el marco de muestra de la Enaprove, ya que esta cuenta con la infraestructura técnica y práctica para la aplicación de la encuesta ERA. Con la finalidad de asegurar cobertura en la mayor cantidad de valles posible y en los cultivos principales de cada valle, así como de no complicar las actividades de Enaprove, se optó por aplicar la encuesta ERA a una submuestra de Enaprove.

Enaprove utiliza en su diseño un marco de áreas basado en el Catastro Rural del Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT). La unidad de observación es la “parcela catastral”, que se define como una superficie de tierra utilizada, en principio, por solo una empresa o individuo con el objetivo de desarrollar actividades agropecuarias y que además cuenta con una identificación precisa en el Catastro Rural.

Enaprove presta atención a los “usos de la tierra” de estas unidades de observación, para lo cual levanta información en cada uno de los lotes que conforman la parcela, entendiendo lote como una superficie compacta contenida en una parcela, que surge producto de una subdivisión que realiza el productor tomando en consideración el uso de la tierra.

Unidad de muestreo: Se define la parcela catastral como la unidad de muestreo. El listado de parcelas de la muestra de la Enaprove constituye el marco muestral para la selección de la submuestra para la encuesta sobre riesgo agrícola.

Unidades de información: La encuesta sobre riesgo agrícola define dos unidades de información que permitirán realizar el análisis a dos niveles. La primera unidad de información es el lote con el cultivo principal de la parcela, y la segunda es el productor.

El plan de selección de la muestra consiste en una estratificación de parcelas en cada valle de la región costa del Perú. En cada valle la muestra de parcelas se divide en dos grandes grupos:

1. Estrato de Inclusión Forzosa (EIF): Integrado por parcelas grandes (en promedio mayores de 20 ha) en las que no hay muestreo, ya que todas las parcelas de este estrato forman parte del estudio.

2. Estratos aleatorios: Integrados por diferentes “estratos” en función del tamaño de las parcelas y de la predominancia de cultivo en la zona de producción.

La selección de la submuestra en esta fase consiste en:

1. Estrato de Inclusión Forzosa (EIF): Todas las parcelas del estrato EIF forman parte de la submuestra, es decir, el factor de expansión en segunda fase sigue siendo 1. Sin embargo, este factor puede ser ajustado por efectos de no respuesta y por el hecho de que algunas parcelas de este estrato no tienen actividad agrícola.
2. Estratos aleatorios: En cada estrato aleatorio de la muestra inicial (de primera fase) se selecciona una submuestra de “m” parcelas bajo muestreo sistemático de probabilidades iguales, previo ordenamiento creciente de las parcelas según la superficie catastral.

Anexo 3
La variable capital en el modelo

Estimación de mínimos cuadrados ordinarios (MCO)
incluyendo la variable capital

Variable	MCO mod1 (desv. estánd.)	MCO mod2 (desv. estánd.)	MCO mod3 (desv. estánd.)	MCO mod4 (desv. estánd.)	MCO mod5 (desv. estánd.)
log(T)	1,078*** (0,024)	1,039*** (0,054)	0,914*** (0,06)	0,698*** (0,075)	0,685*** (0,075)
log(K)		0,038 (0,046)	0,008 (0,046)	0,000 (0,042)	(0,011) (0,042)
log(L)			0,149*** (0,036)	0,111*** (0,035)	0,102*** (0,034)
log(A)				0,235*** (0,05)	0,17*** (0,052)
log(P)					0,105*** (0,030)
_cons	7,539*** 0,038	7,457*** 0,107	6,641*** 0,224	5,334*** 0,363	5,763*** 0,372
r ²	0,89	0,89	0,89	0,91	0,91
aic	267,66	268,97	254,31	216,06	195,44
bic	274,80	279,69	268,60	233,88	216,71

*** Significancia al 1%.

** Significancia al 5%.

* Significancia al 10%.

Anexo 4

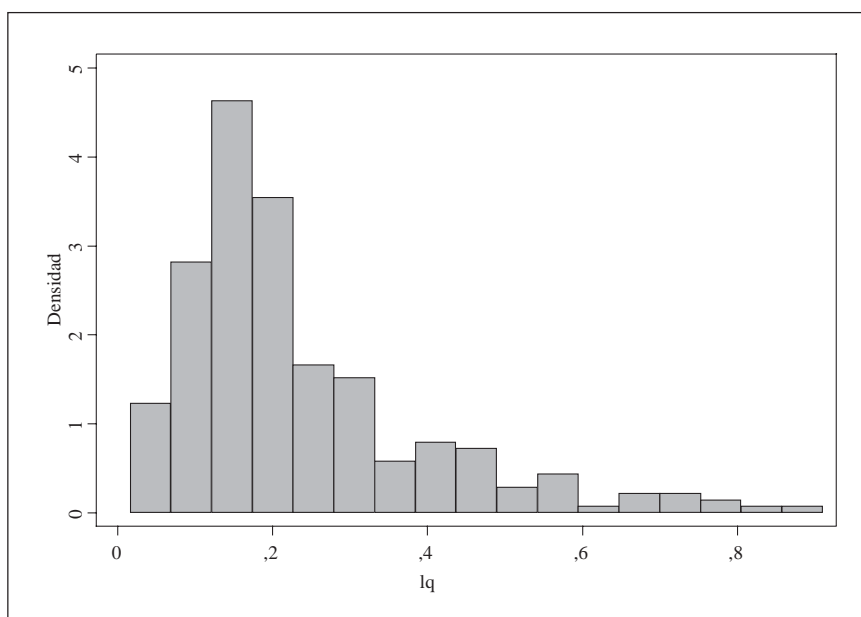
La robustez del modelo de producción seleccionado

El supuesto de que existe una sola tecnología en la producción de algodón Tangüis en los valles de la costa central es determinante para el estudio de las fronteras de producción y la eficiencia técnica. Luego de múltiples entrevistas llegamos a la conclusión de que si bien aparentemente existían distintas tecnologías, estas eran, en términos generales, muy parecidas entre sí.

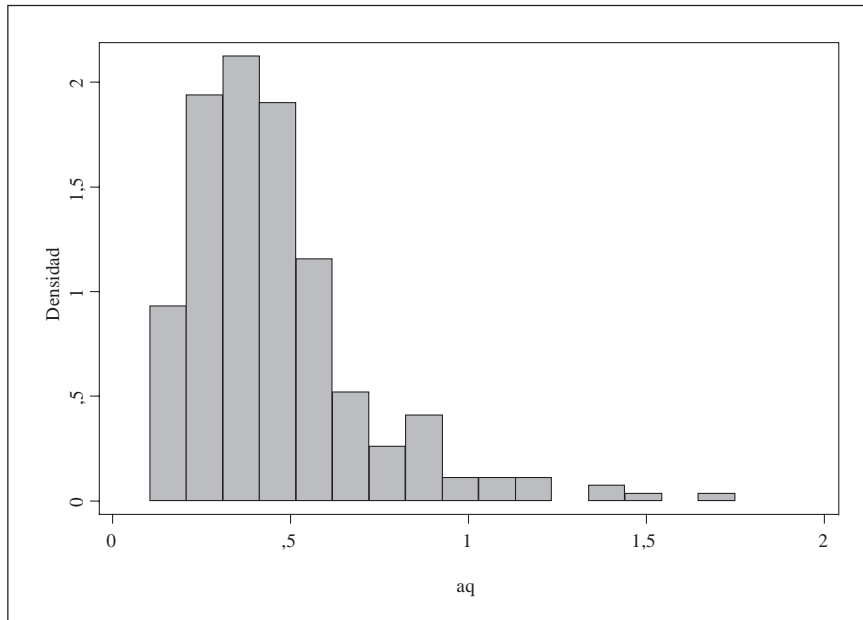
Los esfuerzos por lograr identificar más de una tecnología fueron descartados luego de realizar una serie de pruebas de robustez del modelo aplicando el *test* de Chow para identificar cambios estructurales en el modelo ante distintos cortes tentativos. Se realizaron pruebas por tamaño, por valle, por riesgo, por utilización de mano de obra familiar y por utilización de pesticidas. Los resultados nos muestran un modelo estructuralmente sólido ante todas las pruebas realizadas.

Algunos tabulados estadísticos nos muestran la relativa homogeneidad del uso de insumos en la producción de algodón Tangüis:

Utilización de mano de obra por kilo de algodón Tangüis



Utilización de abonos por kilo de algodón Tangüis



Utilización de pesticidas por kilo de algodón Tangüis

