La eficiencia técnica y una aproximación a sus determinantes: una medida para mejorar la productividad en la fruticultura nacional

Octubre 2016

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS
www.ODEPA.gob.cl

Autores: Patricio Riveros[1], Romina Aguirre[1], Jorge Ortega[2] y Sergio Soto[1].
Fruticultura-competitividad-productividad-eficiencia técnica-catastros frutícolas.

1. Contexto

El sector agroalimentario y forestal es uno de los pilares económicos del país aportando alrededor del 10% al Producto Interno Bruto nacional en su cifra ampliada (considerando manufactura y alimentos) y un 4% considerando solo la producción primaria. Para el período 2010-2015, el sector presenta un alto dinamismo, alcanzando una tasa de crecimiento anual de 4%, superior en un punto porcentual al promedio del total de la economía, y en la generación en promedio de 700 mil empleos anuales, permanentes y temporales. No obstante, mantener el crecimiento económico sectorial es un desafío de mediano y largo plazo que compromete esfuerzos de innovación y mejora de la eficiencia productiva del conjunto de actores involucrados.

En este escenario, el Ministerio de Agricultura ha definido como objetivo el promover un sector agroalimentario competitivo e inclusivo basado en la sostenibilidad, incorporando en su visión un cambio coherente con los nuevos contextos globales y una lectura de agrocadena en su quehacer. Para lograr su propósito, el Ministerio tiene como desafío el fomentar mercados equitativos y de alto valor agregado; incorporar en las políticas, programas e instrumentos un enfoque de sustentabilidad; fomentar altos estándares de inocuidad y calidad de los productos, y promover la inclusión y competitividad de la Agricultura Familiar y de los pueblos originarios.

La productividad es un un impulsor del crecimiento y de la competitividad (Krugman, 1994). Las políticas sectoriales deberían buscar incrementar la productividad como un instrumento sostenible de crecimiento económico. Sin embargo, hay limitaciones en su seguimiento y medición en el tiempo, ya que existen complejidades metodológicas que pueden limitar su interpretación. A modo de ejemplo; la medición más usada de productividad es el producto por ocupado o productividad media del trabajo; sin embargo, este indicador no captura que una mayor producción se deba a un mayor nivel de educación promedio o a más capital físico, siendo solo un reflejo tanto de la acumulación de factores como de aumentos puros de eficiencia. Por lo tanto, esta medida por sí sola no basta para diseñar estrategias para mejorar la productividad.

Para el diseño de estrategias enfocadas en mejorar la productividad sectorial, es necesario entender y medir su comportamiento y su evolución con metodologías adecuadas, para entregar los insumos necesarios a los tomadores de decisiones que permitan seleccionar líneas de acción que impacten positivamente en la productividad.

En este esfuerzo de profundizar en la comprensión de la productividad, se usará la información proveniente de los últimos catastros frutícolas de las regiones de Valparaíso, Metropolitana, del Libertador Bernardo O´Higgins y del Maule, mandatados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias y ejecutados por el Centro de Información de Recursos Naturales (Ciren), para cuantificar los niveles de eficiencia técnica a nivel regional, determinando los factores que afectan positivamente altos niveles de eficiencia en las explotaciones frutícolas.

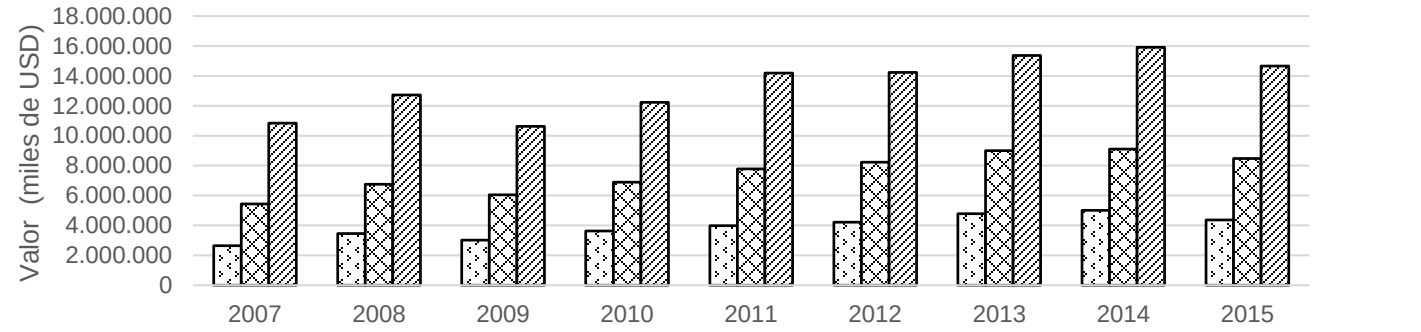
[1] Profesionales del Departamento de Análisis de Mercado y Política Sectorial
[2] Consultor Odepa.

En este artículo se evidenciará la importancia de la fruticultura en las exportaciones del sector silvoagropecuario, se entregarán antecedentes de la competitividad del subsector, se relevará a la productividad como un catalizador del crecimiento, se describirán y analizarán los datos disponibles para la realización de este estudio, se describirá brevemente el método para la medición de la eficiencia técnica y sus determinantes y, finalmente, se entregarán recomendaciones de mejoras al instrumento de recolección de datos y de políticas y relevar algunas acciones ministeriales que apuntan a mejoras de la productividad frutícola.

2. Introducción

El subsector frutícola nacional ha aumentado consistentemente la oferta de productos alimenticios al mundo, teniendo un rol relevante en el desarrollo exportador del sector silvoagropecuario chileno, aportando en promedio, para el período 2007-2015, el 52% del valor total de las exportaciones agropecuarias y el 29% del valor del total de las exportaciones silvoagropecuarias, como muestra el gráfico 1. A su vez, y para el mismo período, los envíos de fruta fresca han experimentado un crecimiento de 65% y una tasa anual de crecimiento de 7% del valor de sus exportaciones, siendo su expansión mayor que el promedio del sector silvoagropecuario (4%). Se espera que en el año 2030 el valor de las exportaciones frutícolas alcance al menos el doble del valor del año 2015.

Grafico 1. Evolución del valor de las exportaciones frutícolas, agropecuarias y silvoagropecuarias para los años 2007-2015

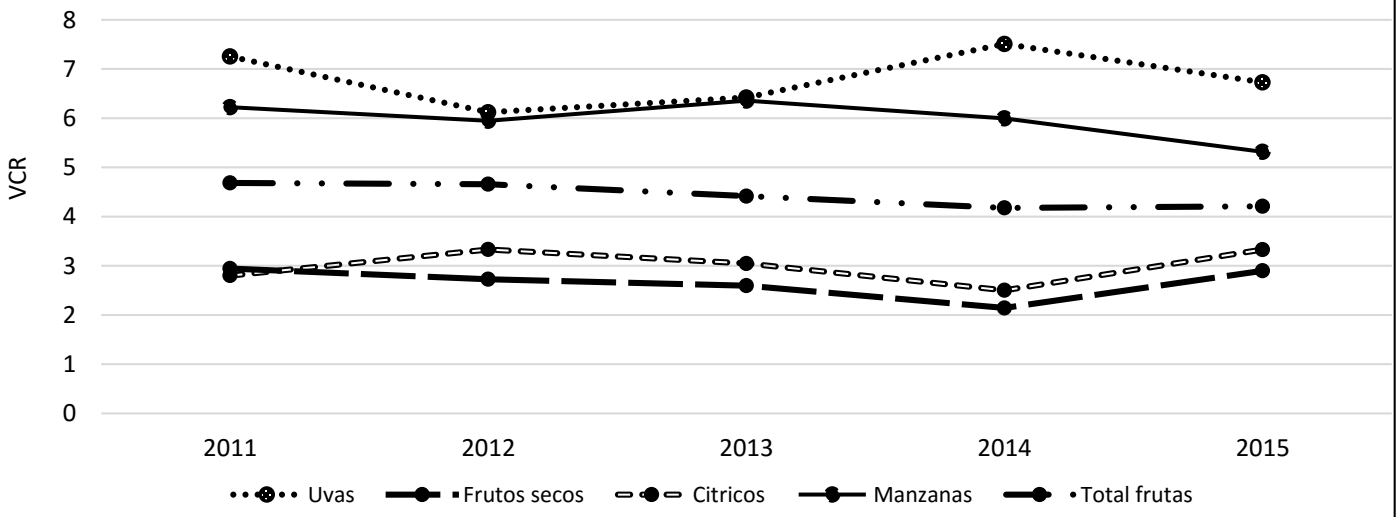


Fuente: elaborado por Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas.

Actualmente, Chile ocupa el primer lugar entre los países exportadores de fruta del hemisferio sur y el cuarto lugar a nivel mundial; además, es líder mundial en términos de valor exportado en uva de mesa, cerezas, ciruelas y arándanos (Odepa, 2013). El desarrollo de la fruticultura de exportación ha sido posible gracias a una serie de ventajas comparativas de nuestro país, tales como las buenas condiciones edafoclimáticas, las buenas condiciones fitosanitarias, la posibilidad de producción en contraestación respecto del hemisferio norte y la amplia red de acuerdos comerciales, entre otras. Sin embargo, y pese a las favorables condiciones para el desarrollo de las exportaciones, los agricultores chilenos no están exentos de la competencia que ejercen productores de otros de países del hemisferio sur, tales como Perú, Brasil, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelandia y Argentina, generando presión por mantener altos niveles de competitividad. Sin embargo, dicho esfuerzo no es sencillo y, muchas veces requiere de colaboración público – privada para ser acometido.

No obstante, la evolución del grado de competitividad de la fruticultura chilena, medida a través del Índice de Ventajas Comparativas Reveladas (VCR) (Balassa, 1965) evidencia que las exportaciones frutícolas han disminuido levemente su competitividad entre los años 2011-2015 (gráfico 2). Sin embargo, al desagregar la información, se observa un comportamiento mixto: por un lado, la uva de mesa y las manzanas pierden competitividad, y por el otro, los frutos secos y cítricos aumentan su competitividad.

Grafico 2. Evolución del Índice de Ventajas Comparativas Reveladas (VCR) entre los años 2011-2015



Fuente: elaborado por Odepa con información de Trade Map.

Para sostener e incrementar la presencia y competitividad de la fruticultura en los mercados internacionales se requiere mejorar la productividad, es decir, optimizar la relación entre los recursos invertidos y la producción obtenida. Además, las mejoras de la productividad por la vía de la innovación, la gestión predial y el cambio tecnológico, permiten enfrentar de mejor manera un ambiente internacional competitivo, atenuar los impactos de las variaciones climáticas y las limitaciones propias de la oferta de los recursos naturales (ABARES, 2015; OECD, 2001; USDA, 2012).

Según la literatura, una de las formas para incrementar la productividad es mejorar la eficiencia técnica (ET) a nivel predial, ya que una alta eficiencia técnica es un reflejo de una optimización del uso de los recursos productivos. Por lo tanto, disponer de mediciones de la eficiencia técnica permite mejorar la toma de decisiones, tanto a nivel público como privado.

En Chile podemos encontrar aplicaciones empíricas que estiman niveles de eficiencia técnica para algunos subsectores de la agricultura. Podemos destacar la investigación de Moreira, Bravo-Ureta, Carrillo y Vásquez (2006), en la cual se observó que los centros de gestión que prestan apoyo tecnológico a pequeños productores de leche de la Región de los Ríos impactan positivamente en la eficiencia técnica. De igual manera y para el caso de productores de papa en la Región del Maule, Santos, Foster y Ramírez (2006), estiman que el tamaño de la explotación, edad del jefe de hogar, distancia de la explotación al camino principal y la pertenencia a un grupo de transferencia tecnológica, presentan un impacto positivo y significativo sobre la eficiencia técnica de producción. Por otro lado, Bravo-Ureta, Solís, Moreira, Maripani, Thiam y Rivas (2007) demuestran que en predios lecheros representativos de Chile, Argentina y Uruguay se presentan altos niveles de eficiencia técnica promedio de, 87%, 84% y 81,1% respectivamente. Para finalizar, López, Troncoso y Bravo-Ureta (2011), emplearon un modelo Cobb-Douglas para estimar la frontera de producción estocástica y el índice de eficiencia técnica en productores nacionales de uva vinífera. Los resultados muestran que a nivel de la explotación la eficiencia técnica es de un 77,2%, en tanto que a nivel de cuartel (bloque de producción) esta fluctúa entre 23,4% y 95%. Sin embargo, no existen mediciones para la fruticultura como subsector, por lo que, este artículo además de ser un insumo para la focalización de los esfuerzos ministeriales, en segunda instancia es un aporte a la literatura.

El objetivo general de este artículo es "*medir la eficiencia productiva y sus determinantes para generar la información que permita la definición de acciones para aumentar la productividad en el subsector frutícola".* Para ello, se proponen los siguientes objetivos específicos: *aplicar el método de fronteras estocásticas para medir la*

eficiencia técnica en el subsector frutícola; medir la eficiencia técnica, sus determinantes y el efecto marginal de estos, y entregar insumos para el diseño y/o ajuste de instrumentos de fomento productivo.

3. Materiales y métodos

3.1. Datos utilizados y análisis descriptivo de la muestra

La información utilizada corresponde a un corte transversal de 11.735 explotaciones provenientes de los últimos cuatro catastros frutícolas de las regiones de Valparaíso (2014), Metropolitana (2014), Libertador Bernardo O´Higgins (2015) y del Maule (2013). La recopilación de esta información es solicitada por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) al Centro de Información de Recursos Naturales (Ciren).

Se consideró como unidad básica de análisis a la explotación frutícola reportada en los catastros. Luego se procedió a la construcción de la base de datos de corte transversal. Para ello, y con el propósito de atenuar el ruido en la estimación de eficiencia técnica, se eliminaron los valores extremos (outliers) observados en tres variables de interés: edad de la plantación (mayor de 100 años); densidad de plantación (mayor de 20.000 árboles/hectárea) y rendimiento (mayor de 200.000 kg/hectárea). Como resultado de este proceso y para efectos de este estudio se consideró un total de 9.657 explotaciones frutícolas, que representan el 82,2% de la muestra original.

En términos de superficie frutícola y considerando el total de las especies, se observa que la Región del Libertador Bernardo O'Higgins es la que presenta el mayor número de hectáreas para la actividad frutícola, con 66.241 ha seguida de las regiones del Maule; de Valparaíso y Metropolitana, con 56.583,44.329 y 43.583 ha, respectivamente (cuadro 1).

Respecto al destino de la producción frutícola, se observa que, para todas las regiones bajo análisis, el principal destino corresponde al mercado de exportación, destacando la Región del Maule, la cual envía el 71% de su producción al exterior, seguida de la Región Metropolitana, del Libertador Bernardo O'Higgins y Valparaíso, con el 57,4%, 56,5%, y 51%, respectivamente (cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de la superficie frutícola y destino de la producción por región y año de ejecución del catastro.

Región	Catastro	Explotaciones (n=9.657)	Superficie frutícola (ha)	Destino de la producción (%)			
				Exportación	Mercado Interno	Agroindustria	Desechos
Valparaíso	2014	2.947	44.329	51%	23%	25%	1%
O'Higgins	2015	2.491	66.241	56,5%	17,3%	25,9%	0,3%
Maule	2013	2.680	56.583	71%	9%	20%	0%
R.M.	2013	1.539	43.583	57,4%	22,6%	19,9%	0,04

Fuente: elaborado por Odepa con información de Ciren-Odepa.

En relación a la estructura productiva (cuadro 2), se observa que el número de las explotaciones se concentra en el segmento de tamaño de explotación entre 5 y 50 ha, siendo su incidencia en total de las explotaciones de 41,59%, 47,54%, 51,02% y 56,08% para las regiones de Valparaíso, del Maule, del Libertador Bernardo O´higgins y la Metropolitana, respectivamente. Por otro lado, el número de explotaciones para el segmento de tamaño de la explotación menor de 5 ha presenta un comportamiento heterogéneo con una incidencia mayor en las regiones de Valparaíso (33,08%) y del Maule (32,09%), y por el contrario, en la region Metropolitana y del Libertador Bernardo O´higgins tan solo presenta una participación del 16,7% y 15,98% para este tamaño de explotación, siendo superadas ampliamente por explotaciónes mayores a 50 ha con una participación del 27,23% y 22,5%, respectivamente.

En relación a la superficie catastrada, del total (582.614 ha) tan solo el 37% (215.977) se utiliza para la fruticultura. Esta menor participación se evidencia con mayor fuerza en la región de Valparaiso y Metropolitana con el 31% y 30% de la superficie catastrada dedicada a la fruticultura, respectivamente. Por el contrario, en las regiones del

Maule y Libertador Bernardo O´higgins, se observa una mayor participación de la fruticultura en el total de la superficie.
La baja participación de la superficie dedicada a la fruticultura en el total de las explotaciones catastradas, tiene un comportamiento según el tamaño de explotación. En aquellas explotaciones menores a 5 ha el uso de la superficie para la actividad frutícola varia entre 66% (Maule) y el 79% (del Libertador Bernardo O´higgins) del total de la superficie; para las explotaciones entre 5 y 50 ha varía entre 55% (Maule) y el 71 % (del Libertador Bernardo O´higgins); en aquellas explotaciones entre 50 y 500 há se observa una participación la superficie frutícola en promedio de 50%; y para explotaciones mayores a 500 ha el uso frutícola varía entre el 10% (Metropolitana) y 22% (Maule).

En este sentido, la fruticultura tiene un mayor grado de importancia en aquellas explotaciones de hasta 50 ha, en donde, su participación en la superfcie total es mayor que en los otros segmentos. Sin embargo, esta aseveración se debe matizar con los aspectos territoriales de donde se desarrolla la actividad frutícola.

Cuadro 2. Distribución porcentual de la estructura productiva según tamaño de explotación.

Región	Tamaño explotación (ha)	Número de explotaciones	Participación regional del número de explotaciones	Superficie explotación	Participación regional sup. explotación	Superficie frutícola	Participación sup. frutícola respecto a sup. explotación
Valparaíso (2014)	< 5	1.152	33,08%	2.739	1,91%	2.031	74%
	5-50	1.448	41,59%	22.025	15,34%	15.336	70%
	50-500	291	8,36%	40.916	28,50%	18.979	46%
	>=500	56	1,61%	77.886	54,25%	7.983	10%
	Total	3.482	100,00%	143.567	100%	44.329	31%
O'Higgins (2015)	<5	446	15,98%	1067,19	0,66%	847	79%
	5-50	1.424	51,02%	26.578	16,48%	18.959	71%
	50-500	570	20,42%	71.862	44,56%	37.468	52%
	>=500	51	1,83%	61.765	38,30%	8.967	15%
	Total	2.791	100%	161.272	100%	66.241	41%
Maule (2013)	<5	860	32,09%	1.829	1,40%	1.201	66%
	5-50	1.274	47,54%	23.651	18,05%	12.958	55%
	50-500	511	19,07%	66.539	50,77%	33.875	51%
	>=500	35	1,31%	39.031	29,78%	8.549	22%
	Total	2.680	100,00%	131.051	100%	56.583	43%
Metropolitana (2014)	<5	257	16,70%	685	0,47%	475	69%
	5-50	863	56,08%	15.679	10,69%	10.621	68%
	50-500	367	23,85%	52.408	35,72%	24.320	46%
	>=500	52	3,38%	77.952	53,13%	8.166	10%
	Total	1.539	100,00%	146.724	100%	43.582	30%
Total (n)		**9.657**		**582.614**		**210.735**	**36%**

Fuente: elaborado por Odepa con información de Ciren-Odepa.

A nivel territorial, y conectando con el parrafó anterior, en el cuadro 3 se observa que la proporción de la superficie dedicada a la actividad frutícola es menor en el área homogénea secano interior y secano costero con una participación del 22 y 18%, siendo el promedio de superficie total por explotación de 122,7 y 100,7 ha, respectivamente. En las regiones se observa que el rango de la participación de la superficie frutícola en la superficie total varía entre 30 y 40%. Por otro lado
En el uso de factores productivos, la Región del Maule presenta una mayor densidad promedio de plantas por hectáreas (4.831, 8 plantas/ha), un mayor uso promedio de mano de obra[3] (6,6 personas/ha) y una menor edad promedio de la explotación (9,7 años), en el caso opuesto, la Región Metropolitana presenta una menor densidad

[3] No permite distinguir entre mano de obra familiar o contratada.

de plantación (573,17), un menor uso de la mano de obra (2,2 personas/ha) y una edad de plantación 50% superior en promedio al Maule. Bajo una mirada de área homogénea ambiental, se observa que en el área homogénea depresión intermedia se desarrolla la fruticultura de forma más intesivamente con densidades de plantación de de 2.938 plantas/ha, un mayor uso intensivo promedio de la mano de obra (5,3 personas/ha) y una menor edad promedio de la explotación, siendo muy diferente a la situación en las precordillera, secano interior y secano costero, en donde, la condiciones para el desarrollo de la fruticultura es más limitada.

Cuadro 3. Información descriptiva por región, área homogénea y tamaño de la explotación.

	Superficie promedio por explotación (ha)	Superficie frutícola promedio por explotación (ha)	Participación sup frutícola en total de la explotación	Densidad promedio por explotación (Plantas/ha)	Mano de obra (Personas/ha)	Edad promedio explotación
			Por Región			
Valparaíso	48,7	15,0	31%	674,5	2,2	13,9
O'Higgins	64,7	26,6	41%	978,4	3,9	13,0
Maule	48,9	21,1	43%	4.381,8	6,6	9,7
R.M.	95,3	31,7	30%	573,17	2,2	14,6
			Por área homogénea ambiental			
Depresión intermedia	47,2	21,9	46%	2.938,1	5,3	11,3
Precordillera	29,8	16,7	56%	660,7	3,5	12,1
Secano costero	100,7	18,2	18%	803,94	3,5	11,9
Secano interior	122,7	26,7	22%	912,3	2,9	13,7
Valle transversal	55,8	20,8	37%	680,1	2,2	14,4
Varias	118,38	28,3	24%	657,0	2,8	11,9

Fuente: elaborado por Odepa con información de Ciren-Odepa.

3.2. Modelo Teórico de Análisis de la Eficiencia Técnica

La frontera de producción se define como la cantidad máxima de productos que se pueden generar a partir de una matriz de insumos establecida (Farrel, 1957). Sobre la base de esta definición, el índice de eficiencia técnica puede ser estimado al comparar el desempeño de cada unidad productiva con las mejores explotaciones o empresas observadas y que definen la frontera eficiente de producción (Bauer, 1990). De esta manera los niveles de eficiencia son estimados como un porcentaje de la explotación más eficiente registrada en la muestra bajo análisis (Jaime, Salazar y Novoa, 2015).

Los modelos de frontera se pueden clasificar en dos tipos: paramétricos y no paramétricos. Los modelos paramétricos requieren de una determinada especificación de la forma funcional o tecnología y pueden ser clasificados como determinísticos o estocásticos. En el caso de los modelos determinísticos se asume que las desviaciones o distancia entre la frontera de producción y el desempeño de las explotaciones corresponden solo a ineficiencias, dado que no toma en cuenta posibles *shocks* que no son del control de cada explotación, y que además no afectan en la misma medida a todas las empresas (Santos, Foster, Ortega y Ramírez, 2006).

Por su parte, los modelos de estimación de fronteras estocásticas agregan la posibilidad de que ciertos factores aleatorios afecten el desempeño de las explotaciones o empresas. En estos modelos, como resultado de la estimación de la frontera de producción, se obtiene un error compuesto por dos términos: uno de ellos corresponde al error aleatorio de estimación del modelo (v_i), que recoge errores en la observación, toma de datos y factores no observables. El segundo término (u_i) se asocia con la medida de ineficiencia técnica de producción que presentan las explotaciones bajo análisis, permitiendo estimar el índice de eficiencia técnica mostrada en la ecuación 2 (Santos et al, 2006).

En este sentido la propuesta de Batesse y Coelli (1992;1995; 2005) es un procedimiento para encontrar la ineficiencia técnica y los determinantes de esta. Para ello, los autores definen la frontera eficiente de producción y descomponen el error a través de la siguiente expresión:

$$Y_i = \exp(X_i\beta + v_i - u_i) \quad (1)$$

En donde $\boldsymbol{Y_i}$ corresponde al nivel de producción, valorización, producción ponderada por un vector de precios de referencia, entre otros; $\boldsymbol{X}_i$ corresponde a la matriz de factores productivos , covariables y determinantes de la ineficiencia; $\boldsymbol{\beta}$ es el vector de parámetros a estimar para cada factor productivo, covariable y determinante; $\boldsymbol{v_i}$ corresponde al error aleatorio que presenta una distribución normal ~*iid* N (0,σ^2_v) y $\boldsymbol{u_i}$ es la ineficiencia técnica, caracterizada como un término de error no observable y no negativo, independiente de $\boldsymbol{v_i}$ y cuya distribución comúnmente usada en la literatura puede ser de tres tipos: media normal, truncada normal o exponencial.

Al unísono, se estiman los determinantes de la ineficiencia técnica mediante una regresión de este índice respecto a un conjunto de variables explicativas, dando lugar al siguiente modelo de ineficiencia técnica:

$$u_i = z_i\delta + w_i \quad (2)$$

Donde el término $\boldsymbol{u_i}$ corresponde a una variable aleatoria no negativa obtenida desde una distribución normal truncada en cero, con media $\boldsymbol{z_i\delta}$ y varianza $\boldsymbol{\sigma^2_u}$ (u_{iid}/ N ($z_i\delta$, σ^2_u); $\boldsymbol{z_i}$ es un vector de variables explicativas de la ineficiencia técnica de producción asociadas a la i-ésima explotación; $\boldsymbol{\delta}$ corresponde a un vector de parámetros a ser estimados y $\boldsymbol{w_i}$ corresponde a la truncación de la distribución normal con media cero y varianza σ^2.

Respecto a los parámetros de la ecuación (1) y (2), estos son estimados por medio del método de máxima verosimilitud.

Finalmente, el índice de eficiencia técnica de producción, toma valores entre 0 y 1, siendo más cercano a 1 más eficiente. Este índice se estima a partir de la relación entre los resultados potenciales y el resultado observado, expresado en la siguiente ecuación:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i,\beta) + v_i} = \frac{f(x_i,\beta)e^{(v_i - u_i)}}{f(x_i,\beta)e^{(v_i)}} = \exp(-u_i) = \exp(-z_i\delta - w_i) \quad (3)$$

3.3. Modelo empírico y aplicación

En este estudio se utilizó el enfoque econométrico de fronteras estocásticas para la estimación de una función de producción frutícola tipo Cobb-Douglas.

Mediante el análisis de los residuos de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) de la función de producción Cobb-Douglas (ver anexo 2), se detectó la presencia de ineficiencia técnica a nivel de las explotaciones. Para esto, se realizó la prueba de normalidad de los residuos de Schmidt y Lin (1984), y se rechazo la hipótesis nula (H_0) de que los residuos resultantes de la estimación son simétricos y presentan una distribución normal, es decir, los residuos no son bien comportados. (ver anexo 3).

Una vez comprobada la presencia de ineficiencia técnica, los parámetros de la frontera estocástica de producción se estimaron por medio del método de máxima verosimilitud (MV). La función de producción utilizada, correspondiente al modelo de frontera estocastica, presenta la siguiente especificación, siguiendo la ecuación (1):

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_1^3 \beta_i \, lnX_i + \beta_{ED} ED_i + \beta_{ED2} ED2_i + \sum_1^{19} \beta_{SP_i} SP_i + \sum_1^5 \beta_{SR_i} SR_i + \sum_1^6 \beta_{AH_i} AH_i + \sum_1^4 \beta_{R_i} R_i + v_i - u_i \quad (4)$$

En donde $\boldsymbol{lnY_i}$ es la variable dependiente del modelo y representa al logaritmo natural de la producción ponderada y ajustada por un vector de precios según especie y destino de la producción (mercado mayorista o exportación al año 2015) y observada para la i-ésima explotación frutícola.

El vector de variables explicativas $\boldsymbol{lnX_i}$ incluye el logaritmo natural de los siguientes factores de producción: $\boldsymbol{X_1}$ mano de obra, medido como el número total de trabajadores de la explotación frutícola; $\boldsymbol{X_2}$ superficie frutal, medida en hectáreas; y $\boldsymbol{X_3}$ número de árboles plantados de la i-ésima explotación frutícola siendo una aproximación del capital usado por el Banco Central para la estimación del *stock* neto de capital.

Además, este modelo incluye las siguientes covariables: $\boldsymbol{ED_i}$ y $\boldsymbol{ED2_i}$ que corresponden a la edad promedio de la plantación y el cuadrado de la edad promedio de esta; el vector $\boldsymbol{SP_i}$ recoge la proporción de las principales especies frutícolas en relación al total de la superficie frutal de la i-ésima explotación. Se utiliza como criterio de selección las veinte principales especies a nivel regional, que representan el 90% o más de la superficie de la explotación. Las especies que contempla este estudio corresponden a palto, vid de mesa, nogal, durazno conservero, naranjo, limonero, mandarino, almendro, cerezo, ciruelo europeo, manzano rojo, peral, olivo, nectarino, manzano verde, avellano, kiwi, arándano americano, ciruelo japonés y frambuesa; el vector $\boldsymbol{SR_i}$ corresponde a un set de covariables que recoge el principal sistema de riego utilizado en la i-ésima explotación. Se contemplan el sistema de riego tradicional, aspersión, microaspersión, goteo y otros; los vectores $\boldsymbol{AH_i}$ y $\boldsymbol{R_i}$ corresponden a un set de covariables *dummy* que capturan la heterogeneidad asociada a la localización de la explotación, tales como área homogénea ambiental y región, respectivamente. Las áreas homogéneas ambientales son: depresión intermedia, precordillera, secano costero, secano interior, valle transversal y varias. Las regiones analizadas fueron Valparaíso, del Libertador Bernardo O´Higgins, del Maule y Metropolitana. Los términos de error $\boldsymbol{v_i}$ y $\boldsymbol{u_i}$ corresponden al error aleatorio e ineficiencia técnica, respectivamente.

Con el objeto de visualizar la heterogeneidad entre grupos de productores y por territorios, los resultados del modelo general de frontera se presentan para las cuatro categorías según rango de tamaño de explotación (menor de 5 hectáreas; 5 a 50 hectáreas; 50 a 500 hectáreas y mayor de 500 hectáreas), región y área homogénea ambiental.

Una vez calculada la frontera de producción y los niveles de ineficiencia de cada explotación, se construyó un modelo de ineficiencia el cual considera una serie de variables explicativas que afectan el desempeño de la explotación. Según Santos *et al* (2006), este desempeño puede ser atribuido a la capacidad de gestión de los productores. En este sentido algunos autores han encontrado correlaciones entre la medida de ineficiencia técnica y variables explicativas tales como edad del productor, nivel educacional y experiencia del productor, especialización productiva, superficie de la explotación, edad de la plantación, disponibilidad del recurso hídrico, comercialización, infraestructura extrapredial, entre otras (Veloso-Contreras *et al*, 2015; Jaime *et al*, 2015; Moreira *et al*, 2011; Ortega-Soto *et al*, 2007; Santos *et al,* 2006).

De acuerdo a lo anterior y a la disponibilidad de información reportada en los catastros frutícolas, se estimarón los determinantes de la ineficiencia técnica. Siendo el modelo de ineficiencia técnica para cada explotación el siguiente:

$$\hat{u}_i = \delta_0 + \sum_{1}^{6} \delta_a \, Z_i + w_i \qquad (5)$$

En donde $\boldsymbol{\hat{u}_i}$ corresponde a la medida de ineficiencia técnica de la i-ésima explotación, estimada en la ecuación (4), caracterizada por presentar una distribución exponencial; $\boldsymbol{\delta_a}$ corresponde al vector de parámetros a estimar y $\boldsymbol{w_i}$ al término de error del modelo de ineficiencia técnica, el cual es totalmente aleatorio.

El vector $\boldsymbol{Z_i}$ contiene las siguientes variables explicativas que pueden ser segmentadas en tres grupos:

- Especialización productiva en el rubro frutícola.
    - Tamaño de la superficie de la explotación

En la literatura no existe claridad acerca del efecto del tamaño de la superficie de la explotación en la productividad. Por un lado, los autores Byringiro y Reardon (1996) plantean que existe una relación inversa entre el tamaño de la explotación y la productividad media de la tierra basado en que los pequeños productores son más intensivos en el uso de los recursos. En la misma línea, Fan y Chan-Kang (2003), citando a Sen (1962), menciona que los pequeños productores son más productivos por unidad de tierra que los grandes productores.

En la visión opuesta, Adesina *et al.* (1994) explica que los productores con grandes superficies tienen mayor acceso al crédito y, por ende, a la inversión, mejorando los niveles de productividad. No obstante, Byringiro y Reardon (1996) hace hincapié que la productividad tiene relación con la localización geográfica de la explotación, en donde, zonas con mejores condiciones edafoclimátoicas son más productivas presentando un mayor número de productores y menores superficies por explotación.

En este sentido, para la variable superficie de la explotación no existe evidencia necesaria que permita inferir un efecto en la eficiencia técnica. Sin embargo, y de acuerdo al análisis descriptivo, se espera un efecto negativo pero no significativo.

- Proporción de la superficie frutal en relación con la superficie total de la explotación

El uso de esta variable se justifica en el cambio estructural de los predios agrícolas para aumentar la superficie frutícola, trayendo consigo un aumento del uso de mano de obra, insumos intermedios y de capital, generando un incremento en los costos de producción. En este ámbito, un aumento de la participación de la superficie frutícola, en la superficie total, genera un incentivo a mejorar la eficiencia técnica debido a la necesidad de disminuir los riesgos asociados a la inversión y la restricción para diversificación productiva reflejada en la menor oportunidad de desarrollar otro rubro (Maudos *et al,* 2000; Farrel, 1957). Sin embargo, en el caso nacional es importante considerar la heterogeneidad de la composición del suelo presente en toda nuestra geografía y que pudiera ser una restricción a aumentar la superficie frutícola dado los costos de inversión. En este sentido, la literatura nos dice que el aumento de la proporción de superficie frutícola en el predio debería mejorar la eficiencia técnica, sin embargo, la realidad nos puede evidenciar otro tipo de resultados.

- Manejo productivo

- Proporción de la producción predial que se destina al mercado de exportación

Para el uso de esta variable explicativa existe la evidencia empírica que demuestra que las empresas que participan en los mercados de exportación tienen productos de mayor calidad, son más productivas, generan mejores salarios y sobreviven en el largo plazo versus aquellas que no. Habría, al menos, dos razones que explicarían la correlación positiva entre las exportaciones y la productividad. Primero, puede reflejar que solo las empresas más productivas son capaces de sobrevivir en los mercados de exportación altamente competitivos. Si los costos de ventas en el mercado de exportación son mayores que los del mercado interno, solo las empresas con alto nivel de productividad podrán ser lo suficientemente rentables para entrar al mercado de exportación; por el contrario, las firmas con menores niveles de productividad se verán forzadas a salir del mercado internacional. Segundo, la correlación positiva refleja las mejoras en productividad como resultado del conocimiento y *expertis*e como el resultado directo de su experiencia en el mercado de exportación, sustentado en que cuentan con mayor acceso a conocimientos técnicos, incluyendo conocimiento de nuevos productos y métodos de producción, desde sus compradores, que las empresas no exportadoras no tienen (Aw Yan *et al,*1999).

Por lo tanto, y según lo mencionado en la literatura, que el aumento de la producción frutícola destinada a exportación impactaría positivamente en la eficiencia técnica, debido al aumento de conocimientos técnicos y comerciales por parte de los productores.

- Tecnología

- Edad promedio de la plantación

Esta variable tiene relación con el recambio de variedades de las plantaciones cuyo rendimiento ha ido disminuyendo por efecto de la vida productiva plena y/o por la demanda de los mercados por fruta con calidades especificas. En este sentido, Odepa (2015) menciona que la fruticultura en Chile se encuentra en constante etapa de reconversión y renovación de huertos, con el objetivo de alcanzar mejores y mayores producciones al menor costo, junto con estar a la vanguardia de los cambios varietales y acorde a las demandas mundiales y nacionales de consumo. Por esta razón, el recambio y actualización varietal, que cada día es más dinámica, y en muchos casos las mejoras genéticas, permiten mecanizar el manejo en los huertos, tolerar situaciones adversas y plagas limitantes en el cultivo, así como también mejorar las características, calidad y condición de la fruta y productos.

Por lo tanto, se espera que la edad de plantación tenga efectos positivos en la eficiencia técnica hasta cierta cantidad de años y después tendería a disminuir, producto de la baja del rendimiento producto del envejecimineto del huerto.

Para observar la magnitud del cambio del índice de ineficiencia técnica ante variaciones de las variables explicativas o determinantes incluidas en el modelo de ineficiencia técnica, se estimaron sus efectos marginales[4] cuyos resultados se presentan para los cuatro segmentos según rango de tamaño de explotación y región considerada en este estudio.

De acuerdo a la literatura revisada para este artículo, se usó la forma funcional o tecnología productiva Cobb-Douglas utilizada habitualmente en los modelos de estimación de frontera, entre otras razones, por su facilidad de estimación e interpretación de los resultados. Sin embargo, presenta dos limitaciones: no permite estimar interacciones entre los factores productivos y suponen que las elasticidades de los factores productivos son aplicables e iguales para todas las observaciones del modelo.

4. Resultados

En esta sección se presenta la información que evidencia la existencia de ineficiencia técnica en las explotaciones frutícolas, los resultados de la estimación del índice de ineficiencia técnica, una aproximación a sus determinantes y respectivos efectos marginales.

Como se mencionó en la sección 3.3, se utilizó la forma funcional o tecnología Cobb – Douglas mediante el método econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (ver anexo 2). En dichos resultados se aplicó la prueba de normalidad de los residuos de Schmidt y Lin (1984) que reportan un comportamiento anómalo de los residuos (anexo 3) evidenciando la existencia de ineficiencia técnica, justificando el uso del método de fronteras estocásticas.

En función del modelo teórico y la aplicación empírica, se puede observar que de las estimaciones del modelo de frontera estocasticas (ver anexo 4), se obtiene que los tres factores productivos considerados - mano de obra, superficie frutícola y número de árboles - son estadísticamente significativos y tienen un efecto positivo sobre la variable dependiente.

En el cuadro 4, se observa que la media del índice de eficiencia técnica del total de las explotaciones es de 59,9%. Para el caso del criterio de segmentación “tamaño de la explotación”, el único segmento que se ubica por debajo de la media de eficiencia técnica corresponde al grupo de productores con tamaño de explotación menores de 5 ha, alcanzando una media de 55,5%, la que resulta estadísticamente menor respecto de los otros segmentos de tamaño. La eficiencia técnica en las explotaciones con tamaños entre 5 y 50 ha es de 60,6%; para el caso de aquellas explotaciones entre 50-500 ha el índice de eficiencia técnica es de 64,1%; y para aquellas explotaciones con superficies mayores a 500 ha la eficiencia técnica es de 63,2%.

[4] Un efecto marginal representa cambios en la variable dependiente ante cambios unitarios en las variables explicativas

En relación al criterio de segmentación territorial, en términos de la región en donde se encuentra el predio, sobresale la Región del Maule, cuya eficiencia técnica promedio es 4,3 puntos porcentuales superior a la media de eficiencia del total de explotaciones de la muestra y 6,9 puntos porcentuales por sobre aquellas explotaciones localizadas en la región de Valparaíso. Estos resultados reflejan un uso más eficiente de los factores de producción frutícola en comparación con las explotaciones localizadas en las otras regiones estudiadas. Por otro lado, se aprecia que entre las regiones de Valparaíso y Metropolitana no se observa una diferencia estadísticamente significativa (anexo 5). A su vez, en términos de las áreas homogéneas ambientales, los mayores índices de eficiencia técnica se registran en las explotaciones ubicadas en la depresión intermedia (63,2%), precordillera (61,6%) y valle transversal (58,9%).

Los resultados presentados sugieren la necesidad de no solo focalizar instrumentos de política en productores cuyo tamaño de explotación es menor a 5 ha, esperando un incremento de los niveles de eficiencia técnica y reducción de la diferencia con los otros segmentos, sino que también en aquellos productores de mayor tamaño pero que se encuentran alejados de las fronteras de producción.

Cuadro 4. Eficiencia técnica (ET) promedio según rango de tamaño de la explotación, localización geográfica y significancia estadística

Variable segmentación	Total explotaciones	Test de diferencias entre segmentos (test deTukey*)
Tamaño explotación		
<5 ha	55,5%	
5-50 ha	60,6%	A
50-500 ha	64,1%	B
>=500 ha	63,2%	A B
Región		
Valparaíso	57,2%	A
O'Higgins	61,3%	
Maule	64,2%	
R.M.	56,7%	A
Área homogénea		
Depresión intermedia	63,2%	C
Precordillera	61,6%	B C
Secano costero	50,7%	A
Secano interior	52,9%	A
Valle transversal	58,9%	B
Varias	51,9%	A
Media eficiencia técnica muestral	**59,9%**	

Fuente: elaboración por Odepa con software Stata 14.
* Grupos que comparten letras no presentan diferencias estadísticamente significativas en la media de eficiencia técnica al 95% de confianza según prueba estadística de Tukey (mayor detalle en anexo 5)

Profundizando el análisis y tomando en consideración la proporción de explotaciones frutícolas según rango de eficiencia técnica analizado, el cuadro 5 permite observar que un 39,7% del total de las explotaciones presenta una eficiencia técnica menor de 60%. Por otro lado, el 60,3% de los productores tiene niveles de eficiencia técnica superiores de 60%.

En términos relativos y según localización geográfica, el Maule es la región que concentra una mayor proporción sus explotaciones frutícolas en rangos superiores de eficiencia técnica, por sobre el 66%, independiente del tamaño de explotación. Esto evidencia que los predios localizados en esta región presentan niveles de eficiencia técnica menos heterogéneos que aquellos ubicados en otras regiones. Además, y considerando el análisis descriptivo de los datos, este comportamiento se puede deber a la mayor proporción de la producción frutícola destinada al

mercado de exportación y su mayor especialización productiva, que se ve reflejada en una mayor proporción de la superficie frutal en relación al total de la superficie de la explotación.

Por otro lado, se aprecia que en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, que presentan los menores niveles de eficiencia técnica promedio (cuadro 4), poseen un mayor porcentaje de explotaciones, menores a 5 ha, con niveles de eficiencia promedio bajo un 40%.

Cuadro 5. Eficiencia técnica según localización geográfica y tamaño explotación asociado a rango ET

Región / Tamaño explotación	0% - 20%		20% - 40%		40% - 60%		60% - 80%		80% - 100%		Total	
	n° expl.	%	n° expl.	%	n° expl.	%	n° expl.	%	n° expl.	%	n° expl.	%
Valparaíso	**307**	**11,4%**	**370**	**13,7%**	**494**	**18,4%**	**1.087**	**40,4%**	**434**	**16,1%**	**2692**	***100%***
<5	145	13,8%	179	17,0%	203	19,3%	399	38,0%	125	11,9%	1051	*100%*
5-50	139	10,5%	167	12,7%	237	18,0%	553	41,9%	224	17,0%	1320	*100%*
50-500	20	7,5%	20	7,5%	41	15,4%	115	43,1%	71	26,6%	267	*100%*
>=500	3	5,6%	4	7,4%	13	24,1%	20	37,0%	14	25,9%	54	*100%*
Metropolitana	**171**	**11,9%**	**234**	**16,4%**	**237**	**16,6%**	**458**	**32,0%**	**331**	**23,1%**	**1431**	***100%***
<5	48	19,9%	58	24,1%	45	18,7%	65	27,0%	25	10,4%	241	*100%*
5-50	98	12,5%	130	16,6%	126	16,1%	248	31,7%	180	23,0%	782	*100%*
50-500	21	5,9%	40	11,2%	58	16,3%	123	34,6%	114	32,0%	356	*100%*
>=500 H	4	7,7%	6	11,5%	8	15,4%	22	42,3%	12	23,1%	52	*100%*
O´Higgins	**198**	**9,0%**	**243**	**11,0%**	**390**	**17,6%**	**796**	**36,0%**	**585**	**26,4%**	**2212**	***100%***
<5	46	11,8%	62	15,9%	82	21,0%	142	36,4%	58	14,9%	390	*100%*
5-50	110	8,8%	123	9,8%	228	18,3%	434	34,7%	354	28,3%	1249	*100%*
50-500	39	7,4%	52	9,9%	74	14,1%	197	37,5%	164	31,2%	526	*100%*
>=500	3	6,4%	6	12,8%	6	12,8%	23	48,9%	9	19,1%	47	*100%*
Maule	**122**	**6,0%**	**211**	**10,3%**	**353**	**17,2%**	**743**	**36,3%**	**618**	**30,2%**	**2047**	***100%***
<5	39	6,2%	76	12,0%	110	17,4%	215	34,1%	191	30,3%	631	*100%*
5-50	65	6,7%	92	9,5%	149	15,4%	348	36,1%	311	32,2%	965	*100%*
50-500	18	4,3%	40	9,5%	89	21,1%	169	40,1%	105	24,9%	421	*100%*
>=500	0	0,0%	3	10,0%	5	16,7%	11	36,7%	11	36,7%	30	*100%*
Tamaño explotación	**n° expl.**	**%**	**n° expl.**	**%**	**n° expl.**	**%**	**n° expl.**	**%**	**n° expl.**	**%**	**n° expl.**	**%**
<5	278	12,0%	375	16,2%	440	19,0%	821	35,5%	399	17,3%	2313	*100%*
5-50	412	9,5%	512	11,9%	740	17,1%	1.583	36,7%	1.069	24,8%	4.316	*100%*
50-500	98	6,2%	152	9,7%	262	16,7%	604	38,5%	454	28,9%	1570	*100%*
>=500	10	5,5%	19	10,4%	32	17,5%	76	41,5%	46	25,1%	183	*100%*
Total explotaciones	**798**	**9,5%**	**1058**	**12,6%**	**1474**	**17,6%**	**3084**	**36,8%**	**1968**	**23,5%**	**8382**	***100%***

Fuente: Elaborado por Odepa con software Stata 14.

En el cuadro 6 se muestran los resultados de la estimación del índice de ineficiencia, el cual posee como variable dependiente la medida de ineficiencia técnica predicha ($\widehat{u}_i$) y las variables explicativas señaladas en la ecuación (5). De esta forma los coeficientes de las variables de este modelo entregan directamente la dirección del cambio en la ineficiencia técnica, correspondiente a la i-ésima explotación frente a cambios en las variables explicativas. Los signos de dichos coeficientes son en general los esperados y deben ser interpretados en dirección opuesta para conocer el efecto sobre la variable dependiente.

En este caso, las variables utilizadas para estimar la eficiencia técnica son variables de aproximación de especialización en el rubro frutícola, manejo productivo y la tecnología. En general estas tres divisiones de variables son consideradas relevantes para la eficiencia técnica. Las variables que se refieren a la especialización productiva

corresponden al logaritmo natural de la superficie de la explotación y la proporción de la superficie frutal. La variable que se refiere al manejo productivo es la proporción de la producción predial que se destina al mercado de exportación y las variables que se refieren a tecnología son la edad promedio de la plantación. Esto en función de lo ya mencionado en la sección 3.3.

En primer lugar, se observa que la superficie de la explotación no es estadísticamente significativa; por lo tanto y para efectos de este estudio, un incremento en el tamaño de las explotaciones no estaría correlacionado significativamente con el desempeño productivo, siendo coherente con la literatura.

También se puede señalar que un cambio en las variables asociadas a la proporción de la superficie frutal y proporción de la producción destinada a la exportación, serian determinantes en el incremento de la eficiencia técnica. Es decir, las variables asociadas a la especialización y de manejo productivo se evidencian como elementos centrales de la eficiencia técnica, siendo coherente con la literatura citada anteriormente y los resultados esperados.

Cuadro 6. Parámetros modelo de ineficiencia técnica

Variable	**Total Explotaciones**
Ineficiencia técnica (u_i)	
ln (superficie explotación)	0,011
	(-0,024)
Superficie frutal (proporción)	-0,543***
	(-0,105)
Exportación (proporción)	-2,261***
	(-0,079)
Edad de la plantación	-0,099***
	(-0,011)
Edad^2 de la plantación.	0,002***
	0
Constante	1,159***
	(-0,147)
BIC	17740,36
LL	-8653
Valor-p>(F, Chi2)	0
Observaciones	8.382

Fuente: elaborado por Odepa con software Stata 14. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

En el cuadro 6 es posible visualizar solo la dirección del cambio de las variables estudiadas sobre los niveles de eficiencia técnica. Por ello, se procedió a estimar los efectos marginales que representan las magnitudes del cambio en el índice de eficiencia técnica (cuadro 7).

En primer lugar y considerando el total de las explotaciones, se reporta que un incremento de 10% en la proporción de la producción que se destina al mercado de exportación y en la proporción de la superficie frutal, se incrementaría la eficiencia técnica en 8,2% y 2% respectivamente. Sin embargo, estas variables por si solas no generarían los efectos esperados de no presentarse mejoras en un set de variables no observables en este estudio, como es el caso de una optimización de la gestión predial, acceso a mercado financiero u otras.

Considerando el segmento de las explotaciones de menor tamaño (< 5 ha), al aumentar en igual porcentaje (10%) la proporción de la producción que se destina al mercado de exportación y la proporción de la superficie frutal con relación al total de la superficie de la explotación, su media de eficiencia técnica se incrementaría en 9,9% y 2,4%,

respectivamente. Por lo tanto, si las explotaciones de menor tamaño presentaran mejoras en la calidad de su producción, encadenamiento productivo para la exportación y su gestión predial, como, por ejemplo; a través de una optimización de la gestión del recurso humano (capacitación), optimización de los actuales insumos intermedios (fertilizantes, plaguicidas, entre otros), mejor uso del recurso hídrico, mejor gestión de operaciones a nivel predial, mayores estándares de calidad e inocuidad de la producción, entre otras mejoras, es de esperar un aumento de la calidad de la producción aumentando la propensión a la comercialización hacia los mercados de exportación, permitiendo incrementar los niveles de eficiencia técnica al nivel observado en explotaciones cuyo tamaño se encuentra entre 50 y 500 ha (64,1%).

En las explotaciones frutícolas localizadas en las regiones de Valparaíso y Metropolitana se observa que, si se incrementara en 10% la proporción de la producción que se destina al mercado de exportación, el impacto sobre la eficiencia técnica es mayor que lo que se generaría en las regiones del Libertador Bernardo O´Higgins y del Maule. Esto se sustenta en el hecho que estas dos regiones ya presentan una importante orientación hacia el mercado exportador (ver cuadro 2), como también un mejor uso de los factores de producción que se ve reflejado en sus niveles de eficiencia técnica (ver cuadro 5).

Finalmente, en la variable relacionada con la tecnología, la edad media de la plantación, y considerando una edad de huerto promedio (12 años), se estima que por cada año adicional la eficiencia técnica aumenta en 2,68 puntos porcentuales. Por otro lado, la edad óptima, en la cual el cambio en la eficiencia técnica es igual a cero, es de 24,5 años. A partir de esta edad la eficiencia técnica tendería a reducirse; sin embargo, el análisis de esta variable debe ser realizada a nivel de especie, debido a la heterogeneidad de la fisiología de las especies productivas.

Cuadro 7. Efectos marginales sobre la media del modelo de eficiencia técnica

Criterio segmentación	**Determinantes de la eficiencia técnica**			
	Superficie frutal (proporción)	Exportación (proporción)	Edad	Edad^2
Todas las explotaciones	0,20	0,82	0,04	0,00
Tamaño explotación				
<5 ha	0,24	0,99	0,04	0,00
5-50 ha	0,19	0,78	0,03	0,00
50-500 ha	0,16	0,67	0,03	0,00
>=500 ha	0,21	0,87	0,04	0,00
Región				
Valparaíso	0,22	0,92	0,04	0,00
R.M.	0,23	0,96	0,04	0,00
O'Higgins	0,18	0,75	0,03	0,00
Maule	0,16	0,65	0,03	0,00

Fuente: Elaborado por Odepa con software Stata 14.

5. Conclusiones y recomendaciones

El promover un sector agroalimentario competitivo e inclusivo basado en la sostenibilidad presenta una serie de desafíos, donde, la productividad juega un rol central, al ser catalizador del crecimiento en el mediano y largo plazo y promotor del desarrollo sectorial. Esto hace que su medición sea relevante para el diseño de estrategias, públicas y privadas, que busquen mejorar los niveles de productividad en los subsectores de la agricultura.

En este marco, el medir la eficiencia técnica, entendida como un componente de la productividad y, por sí misma, un indicador global del desempeño relativo de las explotaciones frutícolas, permite comparar entre las unidades productivas más eficientes, que determinan la frontera de producción, y aquellas menos eficientes. Esta comparación es relevante para focalizar instrumentos de desarrollo productivo en aquellos productores que tienen deficiencias productivas y en aquellos que quieran mejorar su desempeño.

En general, para las regiones bajo estudio, los resultados de la medición indican que el promedio de la eficiencia técnica del total de las explotaciones es de 59,9%. De este resultado se desprenden dos comentarios generales: por un lado, se ve que el subsector frutícola tiene un amplio margen para crecer en materia de productividad, y por el otro; evidencia la considerable distancia a que están los productores frutícolas de la frontera de producción.

A su vez, los resultados dan cuenta de la alta heterogeneidad entre los productores, reflejada en los valores extremos de eficiencia técnica de 0,08% y 93,7%. Esta distancia se puede explicar por el tamaño de la explotación y aspectos territoriales, donde aquellos con un desempeño menor a 60% corresponden a productores con un tamaño de la explotación menor de 5 hectáreas ubicados en la regiones de Valparaíso y Metropolitana; en contraste, aquellos que presentan mayores niveles de eficiencia técnica, sobre 60%, son aquellos productores mayores a 5 hectáreas, principalmente en la Región del Maule y, en menor grado, en la Región del Libertador Bernardo O´Higgins.

Los buenos resultados en la Región del Maule evidencian un uso eficiente de sus factores productivos respecto a aquellas explotaciones localizadas en otras regiones. Esto queda de manifiesto en que el 66,5% de sus explotaciones presentan niveles de eficiencia técnica sobre 60%, lo que puede ser explicado por el hecho que esta región, en comparación con otras, presenta una mayor especialización productiva en el rubro frutícola (41% del total de la superficie de la explotación es frutícola) y sobre el 70% de su producción es destinada al mercado de exportación, lo que hace suponer mayores estándares de calidad, inocuidad, gestión técnica y comercial. Por el contrario, las regiones de Valparaíso y Metropolitana presentan mayormente productores con niveles de eficiencia técnica menores a 60% con 56,5% y 55,1%, respectivamente, lo que explica principalmente porque el destino de la producción a la exportación es menor en comparación a la Región del Maule, y hay una menor especialización evidenciada en la menor proporción de superficie frutícola en el total de las explotaciones: 28% para Valparaíso y 29% para la Región Metropolitana.

Por lo anterior, dados los resultados y bajo el contexto de desarrollo inclusivo, se propone la necesidad de impulsar la productividad en los productores concentrados en rangos de superficie de explotación menores a 50 hectáreas, con acento en los de mayor brecha de productividad y especializados en producción de frutas.

Es necesario mejorar la calidad de los productos de los pequeños y medianos productores para incorporarlos al motor exportador de la fruticultura, y continuar desarrollando la actividad frutícola de forma productiva y competitiva. Para esto la provisión de bienes públicos no rivales, como: los acuerdos comerciales, las buenas condiciones fitosanitarias y la información de mercados, son elementos de base que permitirían la comercialización en el exterior de la producción frutícola. Sin embargo, no basta con tener una buena provisión de bienes públicos para fomentar el mercado de exportación, ya que, el proceso de exportación requiere de una serie de actividades preliminares que dan cuenta de las dificultades para desarrollar este mercado para estos segmentos de productores, tales como: el desarrollo y promoción de productos, inversión predial, acceso a la tecnología productiva, capacidad comercial, encadenamiento con exportadoras para proveer la logística necesaria para la exportación, entre otros.

Con la determinación de a quién y dónde focalizar los esfuerzos, es posible dibujar líneas estratégicas que permitan a través de los instrumentos de fomento existentes potenciar a los pequeños y medianos productores frutícolas para generar un desarrollo exportador o mejorar sus niveles de eficiencia con los recursos disponibles.

Para aumentar la eficiencia técnica vía la exportación se deben generar las condiciones productivas y de gestión comercial que permitan cristalizar este proceso. Para ello existen algunos instrumentos como:

- Fomento a la asociatividad: una de las dificultades es el acceso a capital de inversión y de trabajo para el desarrollo de un proyecto exportador, que si se trata individualmente tiene una baja posibilidad de éxito. En este aspecto el Indap, a través del instrumento Programa de Asociatividad Económica, permite cofinanciar a organizaciones económicas (como cooperativas) en servicios en el ámbito de la gestión empresarial, desarrollo organizacional y asesoría técnica, entre otros. En esta línea y en una segunda instancia, Corfo, a través del Programa Asociativo de Fomento (Profo), apoya para que un grupo de empresas incorporen mejoras en gestión, resuelvan problemas que afecten su capacidad productiva, desarrollen capital social y/o generen una estrategia de negocio asociativa, para que mejoren su oferta de valor y accedan a nuevos mercados, y el Programa de Desarrollo de Proveedores fomenta el encadenamiento productivo entre comercializadoras y productores a través de las mejoras en calidad de la producción según requerimientos de la demanda.

- Promoción de exportaciones: el Fondo de Promoción de Exportaciones; financiado por el Ministerio de Agricultura y ejecutado por Prochile, puede cofinanciar actividades de prospección, penetración y mantención de mercados, siendo un instrumento muy potente para generar redes internaciones, conocer experiencias comerciales e incentivar el conocimiento técnico para la exportación. Para ello, el Minagri ha impulsado líneas específicas de apoyo para la internacionalización de pequeños y medianos productores.

- Programa Alianzas Productivas de Indap: este programa promueve y fortalece las alianzas productivas sostenibles en el tiempo a través del acceso de pequeños productores a las cadenas agroindustriales estableciendo un vínculo proveedor-empresa demandante para lograr tener relaciones transparentes. Además, articula la demanda y oferta generando oportunidades de negocios a través del abastecimiento seguro de los productos, mejora la calidad e inocuidad de productos y servicios de los pequeños productores en coherencia con los requerimientos de los mercados, y facilita la implementación oportuna y pertinente de las inversiones que permite mejorar la eficiencia técnica y la competitividad de los pequeños agricultores.

Por otro lado, para mejorar la eficiencia técnica de aquellos productores que presentan una menor propensión a exportar por motivos no observables, se puede trabajar con programas diseñados para los pequeños productores, tales como:

- Servicio de Asesoría Técnica: este programa de apoyo productivo busca contribuir en mejorar de forma sostenible la competitividad de los productores a través del desarrollo de capacidades por medio de acciones de transferencia técnica, asesoría en gestión y articulación con otros programas de fomento. Los usuarios que ingresan a este programa aumentan su productividad, mejoran la calidad de sus productos y agregan valor a su producción, entre otros beneficios. Por su parte, el Indap posee una amplia red de asesores enfocados en mejorar la producción de los pequeños agricultores a través de la optimización del manejo agronómico de los huertos. En este sentido, al distinguir los niveles de eficiencia técnica por productor, se pueden generar acciones específicas para un grupo de productores y realizar actividades de transferencia específica evaluables en el tiempo.

Además, para potenciar e incrementar la investigación aplicada para la fruticultura es fundamental favorecer los procesos de levantamiento de información productiva, lo cual debería ser el resultado de una alianza público-privada, en donde empresa, academia y Estado se articulen para desarrollar y potenciar estos estudios en diversos rubros productivos. En este sentido y con el objetivo de obtener información más específica del rubro frutícola, se han generado módulos adicionales de levantamiento de información para los futuros catastros, que permitan acceder a información de la explotación frutícola en los ámbitos de la maquinaria, origen del recurso hídrico y mano de obra demandada por especie relevante a nivel predial.

Finalmente, el análisis de los datos recolectados por los catastros frutícolas, si bien permite tener aproximaciones del uso de factores productivos en la fruticultura, podría perfeccionarse con la incorporación de las unidades físicas de dichos factores, tales como el número y tipo de maquinaria, insumos intermedios y un mayor detalle que caracterice la mano de obra (nivel educacional, edad, salarios, entre otros). Respecto a las variables correlacionadas con el índice de ineficiencia técnica se requeriría una mejor caracterización socioeconómica del productor, asi como también variables exógenas que influyen en el desempeño productivo.

6. Bibliografía

Adesina, A. A., y Djato, K. K. (1996). Farm size, relative efficiency and agrarian policy in Cote d'Ivoire: profit function analysis of rice farms. Agricultural Economics, 14(2), 93-102.

Araujo, J. A., Feitosa, D. G., y Silva, A. B. D. (2014). América Latina: productividad total de los factores y su descomposición. Revista CEPAL.

Aw, B. Y., Chung, S., & Roberts, M. J. (2000). Productivity and turnover in the export market: micro-level evidence from the Republic of Korea and Taiwan (China). The World Bank Economic Review, 14(1), 65-90.

Balassa, B. (1965). “Trade liberalization and “revealed” comparative advantage”. The Manchester School, 33(2), 99-123.

Battese GE (1992) Frontier production functions and technical efficiency: A survey of empirical applications in agricultural economics. Agricultural Economics 7:185-208

Batesse, G., y Coelli.T. (1995). “A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochatic Frontier Production Function for Panel Data”. Empirical Economics. Disponible en: http://pages.stern.nyu.edu/~wgreene/FrontierModeling/Reference-Papers/Battese-Coelli-1995.pdf

Bauer, P. W. (1990). Recent developments in the econometric estimation of frontiers. Journal of econometrics, 46(1), 39-56.

Byiringiro, F., y Reardon, T. (1996). Farm productivity in Rwanda: effects of farm size, erosion, and soil conservation investments. Agricultural economics, 15(2), 127-136.

Bravo-Ureta, B. E., Solís, D., López, V. H. M., Maripani, J. F., Thiam, A., & Rivas, T. (2007). “Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis”. Journal of productivity Analysis, 27(1), 57-72.

CIREN. (2013). Catastro Frutícola Principales Resultados Región del Maule. Junio. Disponible en: http://www.ODEPA.cl/wp-content/uploads/2012/09/catastro_Maule_junio2013.pdf

CIREN. (2014). Catastro Frutícola Región de Valparaíso PRINCIPALES RESULTADOS Julio. Disponible en: http://www.ODEPA.cl/wp-content/uploads/2012/09/CF-V-Region-Valparaiso-2014.pdf

CIREN. (2014). Catastro Frutícola Principales Resultados Región Metropolitana. Junio. Disponible en: http://www.ODEPA.cl/wp-content/uploads/2014/08/catastroFruticolaRegionMetropolitana2014.pdf

CIREN. (2015). Catastro Frutícola Región del Libertador General Bernardo O’Higgins PRINCIPALES RESULTADOS. Junio. Disponible en: http://www.ODEPA.cl/wp-content/uploads/2015/09/CF-VI-Region-2015.pdf

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., y Prasada, O. O" Donnell CJ and Battese GE. (2005). “An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis”.

Fan, S., & Chan - Kang, C. (2005). Is small beautiful? Farm size, productivity, and poverty in Asian agriculture. Agricultural Economics, 32(s1), 135-146.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), 120(3), 253-290.

FIA. (2015). “La Fruticultura Chilena al 2030. Principales Desafios Tecnológicos para Mejorar su Competitividad. Serie de Estudios para la Innovación-FIA”. Disponible en: http://www.fia.cl/download/estudios-fia/estudios-prospectivos/La%20fruticultura%20chilena%20al%202030.pdf

Jaime, M. M., Salazar, C. A., & Novoa, L. F. (2015). Participación y eficiencia técnica en la pequeña agricultura de la Provincia de Ñuble (Región del Bío-Bío, Chile). Horizontes Empresariales, 10(1), 9-20.

Krugman, P. R. (1994). The age of diminished expectations. Mit Press.

ODEPA. (2013). "Uva de mesa: se ratifica el liderazgo exportador de Chile". Disponible en: http://www.ODEPA.cl/ODEPAweb/publicaciones/doc/11258.pdf

ODEPA. (2015). "Actualización de la Comercialización de Plantas Frutales, Vides, Plantines y Hortalizas en Chile". Disponible en: http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1451310000estudioViveros2015.pdf

ODEPA. (2016). Precios: series históricas de frutas y hortalizas. Disponible en: http://www.ODEPA.cl/precios/series-historicas-de-frutas-y-hortalizas/

OECD. (2001). "Measuring Productivity OECD Manual Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth". París. Disponible en: https://www.oecd.org/std/productivity-stats/2352458.pdf

López, V. H. M., Troncoso, J. L., & Bravo-Ureta, B. E. (2011). Technical efficiency for a sample of Chilean wine grape producers: A stochatic production frontier analysis. Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura, 38(3), 321-329.

Maudos, J., Pastor, J. M., & Serrano, L. (2000). Crecimiento de la productividad y su descomposición en progreso técnico y cambio de eficiencia: una aplicación sectorial y regional en España (1964-93). Investigaciones económicas, 24(1), 177-205.

Moreira, V. H., Bravo-Ureta, B. E., Carrillo, B. L., y Vásquez, J. A. (2006). Technical efficiency measures for small dairy farms in southern Chile: A stochatic frontier analysis with unbalanced panel data. Archivos de medicina veterinaria, 38(1), 25-32.

Rada, N., y Valdes, C. (2012). Policy, Technology and Efficiency of Brazilian Agriculture. Economic Research Report 137, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, July.

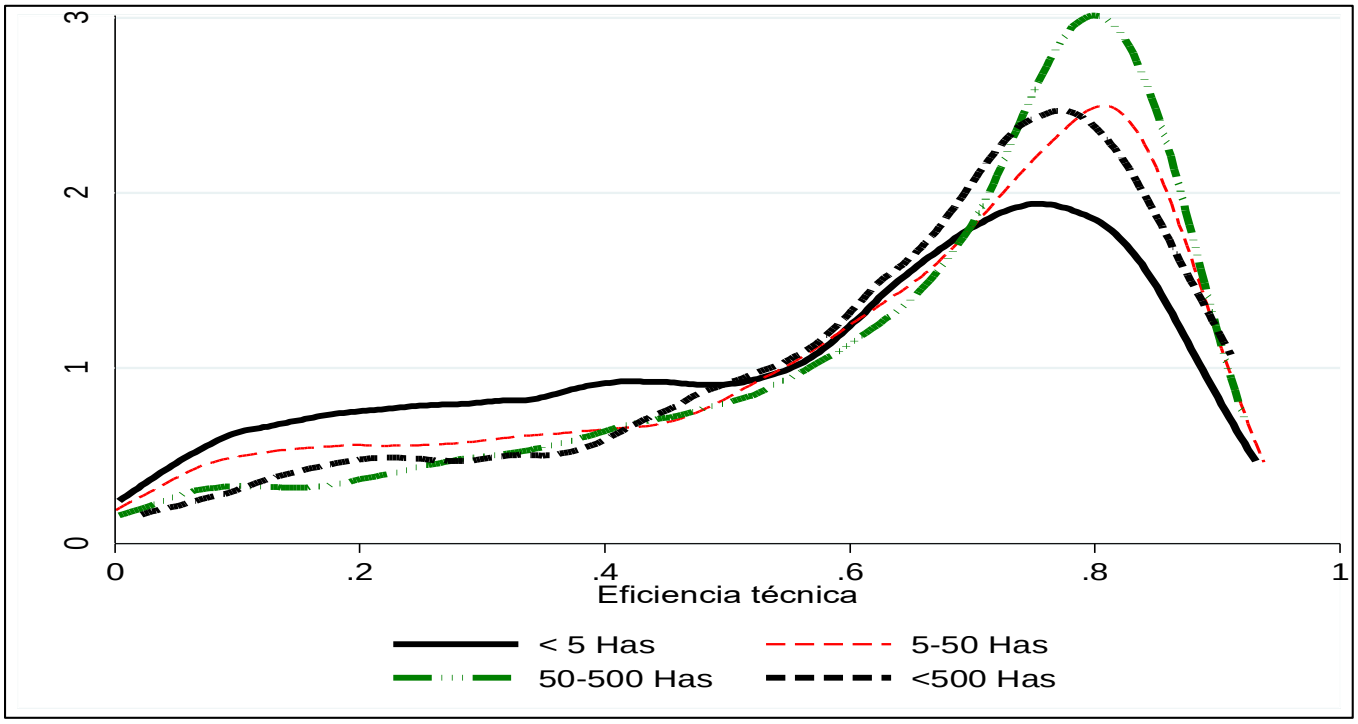
Santos, J., Foster, W., Ortega, J., & Ramirez, E. (2006). Estudio de la eficiencia técnica de productores de papas en Chile: El rol del programa de transferencia tecnológica de INDAP. Economía Agraria, 10, 13.

Schmidt, P. y Lin, T. F., (1984). A test of the Tobit specification against an alternative suggested by Cragg. The Review of Economics and Statistics, 174-177.

Sheng, Y. y Jackson, T. (2015). "A manual for measuring total factor productivity in Australian agriculture". Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences. Camberra, octubre. Disponible en: http://www.agriculture.gov.au/abares/publications/display?url=http://143.188.17.20/anrdl/DAFFService/display.php?fid=pb_mmtfpd9aap_20151015.xml

7. Anexos

Anexo 1. Distribución de Densidad de Kernel respecto a la eficiencia técnica según rango de tamaño de la explotación



Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

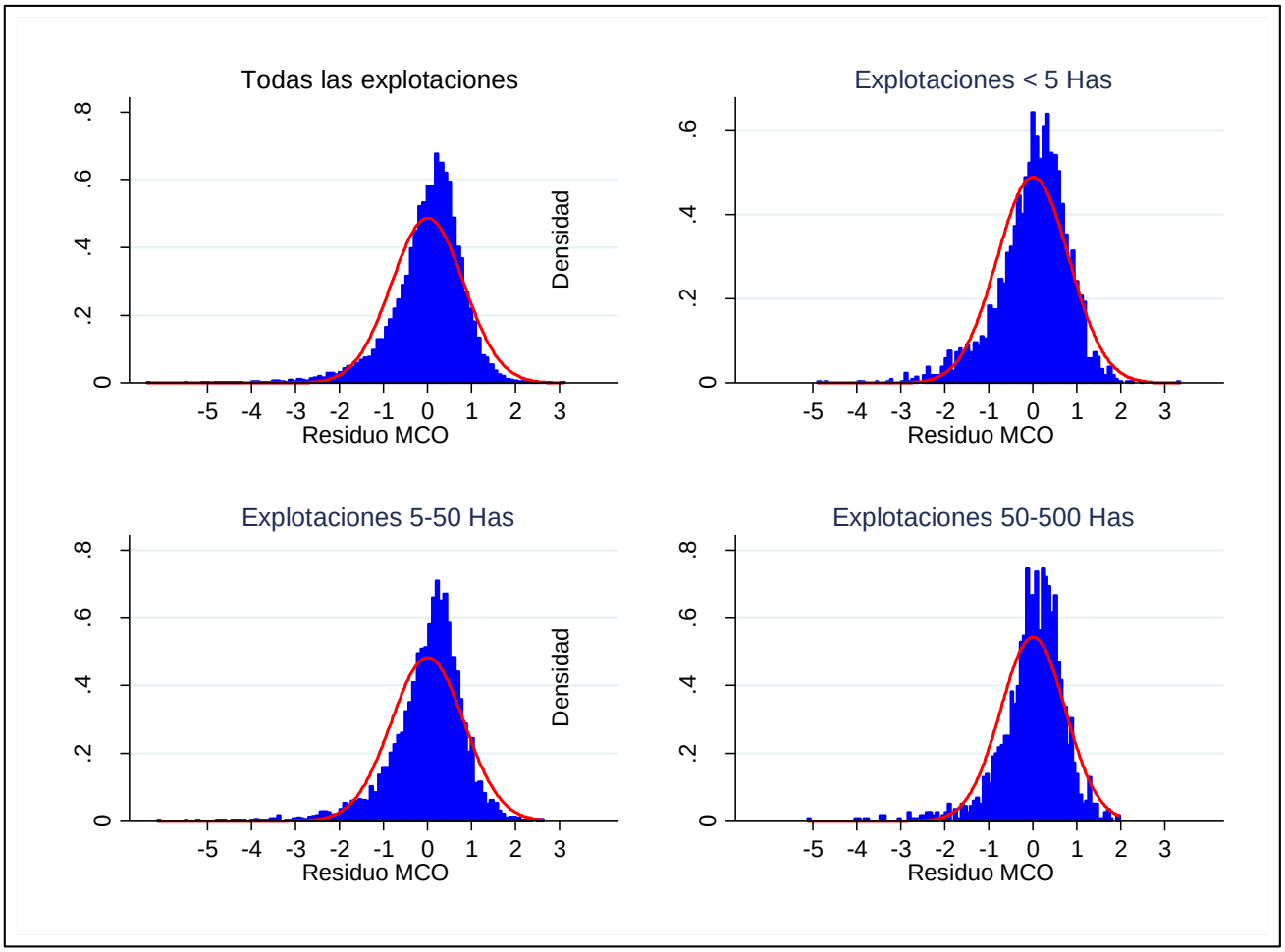
Anexo 2. Parámetros función de producción frutícola Cobb-Douglas para todas las regiones y explotaciones estimado por MCO

Variable	Total explotaciones
ln (mano de obra)	0,159***
	(0,011)
ln(superficie frutales)	0,812***
	(0,028)
ln(número de árboles)	0,187***
	(0,027)
Edad	0,042***
	(0,005)
Edad^2	-0,001***
	0
Especies frutales (proporción)	
Palto	-0,638***
	(0,082)
Vid de mesa	0,564***
	(0,066)
Nogal	-0,660***
	(0,090)
Durazno conservero	0,412***
	(0,077)
Naranjo	-0,343***
	(0,099)
Limonero	-0,288***
	(0,110)
Mandarino	0,103
	(0,247)
Almendro	-0,770***
	(0,107)
Cerezo	0,165**
	(0,072)
Ciruelo Europeo	-0,374***
	(0,087)
Manzano rojo	0,190***
	(0,068)
Peral	0,055
	(0,099)
Olivo	-2,309***
	(0,122)
Nectarino	-0,055
	(0,100)
Manzano verde	0,213**
	(0,102)
Avellano	-1,138***
	(0,225)
Kiwi	0,305***
	(0,078)
Arandano Americano	0,282***
	(0,070)
Ciruelo Japonés	-0,455***
	(0,175)
Frambuesa	0,300***
	(0,080)
Sistemas de riego (proporción)	
Riego Tradicional	3,227***
	(0,685)
Riego Aspersión	3,409***
	(0,689)
Riego Microaspersión	3,415***
	(0,687)
Riego Goteo	3,222***
	(0,685)
Riego Otros	2,624***
	(0,728)

Variable	Total explotaciones
Zonas homogeneas (base=varias)	
Depresión intermedia	0,457***
	(0,082)
Precordillera	0,466***
	(0,079)
Secano costero	0,095
	(0,083)
Secano interior	0,170**
	(0,077)
Valle transversal	0,483***
	(0,071)
Regiones (Base= Metropolitana)	
Region Valparaíso	0,115***
	(0,035)
Region O'Higgins	-0,107*
	(0,059)
Region Maule	-0,059
	(0,068)
Constant	-3,542***
	(0,754)
R2	0,834
BIC	21925,27
LL	-10785
Valor-p>(F, Chi2)	0
Observaciones	8839

Fuente: elaboración propia ODEPA con software Stata 14. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

Anexo 3. Residuos de la estimación de función de producción Cobb-Douglas mediante MCO



Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

Anexo 4. Parámetros modelo frontera Cobb-Douglas del índice de producción frutícola para todas las regiones y explotaciones

Variable	Total explotaciones
Función de producción frontera	
ln (mano de obra)	0,073***
	(0,008)
ln (superficie frutales)	0,879***
	(0,021)
ln (número de árboles)	0,101***
	(0,019)
Edad	0,018***
	(0,003)
Edad^2	-0,000***
	0,000
Especies frutales (proporción)	
Palto	-0,566***
	(0,057)
Vid de mesa	0,306***
	(0,048)
Nogal	-0,865***
	(0,064)
Durazno conservero	0,323***
	(0,055)
Naranjo	-0,356***
	(0,069)
Limonero	-0,037
	(0,070)
Mandarino	0,167
	(0,141)
Almendro	-0,361***
	(0,075)
Cerezo	0,204***
	(0,051)
Ciruelo Europeo	-0,443***
	(0,061)
Manzano rojo	0,057
	(0,051)
Peral	-0,027
	(0,068)
Olivo	-2,107***
	(0,080)
Nectarino	-0,072
	(0,070)
Manzano verde	0,142*
	(0,075)
Avellano	-0,762***
	(0,141)
Kiwi	-0,053
	(0,056)
Arandano Americano	0,243***
	(0,052)
Ciruelo Japonés	-0,357***
	(0,090)
Frambuesa	0,194***
	(0,063)
Sistemas de riego (proporción)	
Riego Tradicional	2,096***
	(0,237)
Riego Aspersión	2,195***
	(0,241)
Riego Microaspersión	2,243***
	(0,238)
Riego Goteo	2,172***
	(0,237)
Riego Otros	1,737***
	(0,256)

Variable	Total explotaciones
Areas homogeneas (base = varias)	
Depresión intermedia	0,298***
	(0,053)
Precordillera	0,283***
	(0,057)
Secano costero	0,057
	(0,060)
Secano interior	0,263***
	(0,053)
Valle transversal	0,394***
	(0,051)
Regiones (base = Región Metropolitana)	
Region Valparaíso	0,051**
	(0,023)
Region O'Higgins	0,035
	(0,040)
Region Maule	0,094**
	(0,043)
Constante	1,159***
	(0,147)

Fuente: elaboración propia ODEPA con software Stata 14. * p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

Anexo 5. Resultados Test Tukey de prueba significancia estadística sobre las medias de eficiencia técnica según rango de tamaño de la explotación y localización geográfica (región y área homogénea)

- Grupo tamaño explotación

Eficiencia Técnica		Media	Error estandar	Grupos Tukey
Tamaño explotación				
	<5 Has	0,555	0,005	
	5-50 Has	0,606	0,004	A
	>=500 Has	0,632	0,018	AB
	50-500 Has	0,641	0,006	B

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

* Grupos que comparten letras no presentan diferencias estadísticamente significativas en la media de Eficiencia tecnica al 95% de confianza según prueba estadística de Tukey

			Test Tukey			
Eficiencia Técnica	Diferencia medias	Error estandar	t	P>t	[95% Intervalo confianza]	
Tamaño explotación						
>=500 Has vs 50-500 Has	-0,009	0,019	-0,490	0,962	-0,057	0,039
>=500 Has vs 5-50 Has	0,025	0,018	1,420	0,489	-0,021	0,072
50-500 Has vs 5-50 Has	0,034	0,007	4,920	0,000	0,016	0,052
5-50 Has vs <5 Has	0,051	0,006	8,340	0,000	0,035	0,067
>=500 Has vs <5 Has	0,077	0,018	4,190	0,000	0,030	0,123
50-500 Has vs <5 Has	0,086	0,008	11,010	0,000	0,066	0,106

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

- Grupo localización geográfica según región

Eficiencia Técnica		Media	Error estandar	Grupos Tukey
Región				
	R.M.	0,567	0,006	A
	Valparaíso	0,572	0,005	A
	O'Higgins	0,613	0,005	
	Maule	0,642	0,005	

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

* Grupos que comparten letras no presentan diferencias estadísticamente significativas en la media de Eficiencia tecnica al 95% de confianza según prueba estadística de Tukey

Eficiencia Técnica	Diferencia medias	Error estandar	Test Tukey t	P>t	[95% Intervalo confianza]	
Región						
R.M. vs Maule	-0,074	0,008	-9,050	0,000	-0,095	-0,053
R.M. vs O'Higgins	-0,045	0,008	-5,620	0,000	-0,066	-0,025
R.M. vs Valparaíso	-0,005	0,008	-0,630	0,923	-0,025	0,015
Maule vs O'Higgins	0,029	0,007	3,950	0,000	0,010	0,048
O'Higgins vs Valparaíso	0,040	0,007	5,930	0,000	0,023	0,058
Maule vs Valparaíso	0,069	0,007	9,930	0,000	0,051	0,087

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

- Grupo localización geográfica según área homogénea

Eficiencia Técnica	Media	Error estandar	Grupos Tukey
Área homogénea			
Secano costero	0,51	0,013	A
Varias	0,52	0,017	A
Secano interior	0,53	0,008	A
Valle transversal	0,59	0,004	B
Precordillera	0,62	0,011	BC
Depresión intermedia	0,63	0,004	C

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14

* Grupos que comparten letras no presentan diferencias estadísticamente significativas en la media de Eficiencia tecnica al 95% de confianza según prueba estadística de Tukey

Eficiencia Técnica	Diferencia medias	Error estandar	Test Tukey t	P>t	[95% Intervalo confianza]	
Área homogénea						
Secano costero vs Depresión intermedia	-0,125	0,013	-9,500	0,000	-0,162	-0,087
Varias vs Depresión intermedia	-0,113	0,017	-6,580	0,000	-0,163	-0,064
Secano costero vs Precordillera	-0,109	0,017	-6,470	0,000	-0,157	-0,061
Secano interior vs Depresión intermedia	-0,103	0,009	-11,180	0,000	-0,129	-0,077
Varias vs Precordillera	-0,097	0,020	-4,830	0,000	-0,155	-0,040
Secano interior vs Precordillera	-0,087	0,014	-6,230	0,000	-0,127	-0,047
Varias vs Valle transversal	-0,070	0,017	-4,040	0,001	-0,120	-0,021
Valle transversal vs Depresión intermedia	-0,043	0,006	-7,350	0,000	-0,060	-0,026
Valle transversal vs Precordillera	-0,027	0,012	-2,270	0,206	-0,062	0,007
Precordillera vs Depresión intermedia	-0,016	0,012	-1,350	0,758	-0,050	0,018
Varias vs Secano interior	-0,010	0,019	-0,550	0,994	-0,064	0,043
Varias vs Secano costero	0,011	0,021	0,540	0,994	-0,048	0,071
Secano interior vs Secano costero	0,022	0,015	1,440	0,703	-0,021	0,065
Valle transversal vs Secano interior	0,060	0,009	6,300	0,000	0,033	0,087
Valle transversal vs Secano costero	0,081	0,013	6,110	0,000	0,043	0,119

Fuente: Elaborado por ODEPAcon software Stata 14