

INVESTIGACIÓN

ESTIMACION DE LA FUNCION DE PRODUCCION DEL VIÑEDO CHILENO DE RIEGO¹

Estimation of the production function of Chilean irrigated vineyard farms

Javier L. Troncoso C.²

ABSTRACT

This study aimed at describing the current technological levels of the irrigated vineyard farm industry of the Central Valley of Chile, by estimating the production, cost and productivity variations associated with size and estimating the optimal plantation size. To that purpose, a survey of 82 randomly selected vineyard farms, equivalent to 4.8% of the statistical universe, located within the V to VII Regions of Chile, was carried out between September 1997 and March 1998. It was found that the majority of the farms use flood or furrow irrigation with only 12 percent employing drip irrigation, mainly larger farms. The use of agrochemicals increased with size. On the other hand, labor showed similar coefficients of usage at all size levels. In all cases the most labor-intensive farm tasks were performed with temporary labor. Mechanization was low but increased with size. A long-term production function was estimated, using planted area as an independent variable. The coefficients showed the existence of diminishing unit costs (per hectare) and diminishing returns of scale. However, the marginal product value was always greater than the marginal cost for the size range surveyed, suggesting that optimum plantation size lies beyond the biggest farm in the sample (i.e. beyond 193 hectares). Depending on the average price for wine grapes and the opportunity cost of land, the optimum plantation size would be found in the 232 to 315 hectares range. Unfortunately these estimates have no statistical support, as they fall outside the range of the sample, and they are offered here only as a "best" estimate.

Key words: production function, marginal product value, returns to scale, optimum plantation size.

RESUMEN

Se aplicó una encuesta a una muestra aleatoria de 82 empresas vitícolas de riego ubicadas entre las regiones V a VII de Chile, equivalentes al 4,8 por ciento del universo estadístico, con el objetivo de describir la tecnología que actualmente aplica este subsector agrícola, los cambios en la producción y los costos asociados al tamaño de plantación, y el tamaño óptimo de plantación. Se observó que la gran mayoría de los predios usa riego por surco o por tendido, existiendo riego por goteo solamente en un 12 por ciento de los casos, los que se concentran en las plantaciones de mayor tamaño. El uso de agroquímicos aumenta con el tamaño, lo que no ocurre con la mano de obra, que presenta coeficientes similares en todos los estratos de tamaño. Las faenas más intensivas en mano de obra se hacen en la mayoría de los casos con mano de obra temporal. La mecanización de faenas también aumenta con el tamaño. Se estimó una función de producción de largo plazo, usando superficie plantada como variable explicativa. Se observó la existencia de retornos y costos

¹Recepción de originales: 5 de mayo de 2000.

Este estudio es parte del Proyecto Fondef D96 I 1097.

Trabajo presentado al 51^{er} Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, realizado en Talca entre el 7 y 9 de noviembre de 2000.

²Universidad de Talca, Departamento de Economía Agraria, Casilla 747, Talca, Chile. E-mail: jtronc@pehuenche.otalca.cl

unitarios decrecientes con el tamaño de plantación. Para los rangos de plantación muestreados (hasta 193 hectáreas) el valor del producto marginal es siempre superior al costo marginal, lo que indica que es rentable seguir aumentando el tamaño de la plantación más allá de 193 hectáreas. Este estudio da soporte estadístico a las funciones de producción y de costos estimadas, dentro de los rangos muestreados. Si estas funciones fueran válidas en tamaños superiores a los muestreados, podría decirse que el tamaño óptimo del viñedo chileno de exportación estaría entre 232 y 315 hectáreas, dependiendo del precio de la uva y canon de arrendamiento de la tierra que se considere realista.

Palabras clave: función de producción, valor del producto marginal, retornos a escala, tamaño óptimo de plantación.

INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura chilena ha experimentado en la última década un importante crecimiento, como se constata al examinar la evolución de las principales variables de este subsector de la agricultura nacional. Así, entre 1995 y 1998 la superficie plantada con vid vinífera (*Vitis vinifera*) aumentó en un 38,5 por ciento, la producción de vino lo hizo en un 52 por ciento y las exportaciones, en un 47 por ciento. En 1998 Chile producía 4,4 millones de hectolitros de vinos, de los cuales exportaba 2,3 millones de hectolitros, equivalentes a aproximadamente el 3,4 por ciento del mercado mundial de vinos (Costa, 1999. La vitivinicultura mundial y la situación chilena en 1999. Servicio Agrícola y Ganadero, Subdepartamento de Viñas y Vinos. Santiago. Comunicación personal).

La producción es un proceso de transformación de factores en productos. Una función de producción es una representación matemática de la relación física que existe entre los distintos factores de producción, y el o los productos obtenidos en este proceso. En términos generales, una función de producción puede conceptualizarse como

$$Y = f(X_1 \dots X_g // X_{g+1} \dots X_h) \quad (1)$$

donde las variables X_1 a X_g designan a factores de producción variables, X_{g+1} a X_h a factores fijos en un nivel conocido, e Y es la cantidad de producción obtenida a través del proceso de

transformación de estos factores en producto. Puesto que la función exacta para cada proceso no es conocida y sólo puede ser estimada a partir de datos muestrales, la expresión (1) queda más completamente definida en la forma siguiente:

$$Y = f(X_1 \dots X_g // X_{g+1} \dots X_h) + \varepsilon \quad (2)$$

donde ε es el error debido a la omisión de las variables X_{h+1} a X_k . (Heady y Dillon, 1961; Dillon y Anderson, 1990).

El análisis de funciones de producción se ha usado en una gran variedad de estudios económicos, en todos los sectores de la producción. En economía positiva, este tipo de análisis se usa para hacer un diagnóstico sobre la eficiencia en el uso de los factores en una industria determinada, dadas las condiciones imperantes de mercado. En economía normativa, la función de producción permite hacer recomendaciones sobre el nivel óptimo de uso de recursos en un proceso de producción dado, para determinadas condiciones de precios de insumos y productos (Heady y Dillon, 1961). En agricultura la literatura es abundante en este tipo de análisis, pero curiosamente no fue posible encontrar trabajos recientes en vid vinífera. Así, en el período comprendido entre 1993 y 1999 el catálogo AGRIS reporta 161 trabajos publicados en revistas especializadas norteamericanas, europeas, australianas, africanas y asiáticas, sobre funciones de producción en cultivos anuales como arroz, algodón, cassava, maíz, papas, remolacha

azucarera, sorgo, tomate, trigo, triticale, en plantaciones forestales como álamo y eucaliptus, en frutales como cocotero y duraznero y en ganadería como lechería y engorda de corderos, pero cita solamente una función de producción en uva de mesa (Huitron y Godoy-Avila, 1995) y ninguna sobre vid vinífera. En Chile se repite esta situación, pese a la importancia que ha cobrado la vitivinicultura nacional en los últimos años; el único trabajo encontrado corresponde a Layseca (1991), que describe el crecimiento y los rendimientos de distintas especies frutales bajo diferentes regímenes de déficit hídrico, entre las cuales se incluyen dos cultivares de vid, Cabernet Sauvignon y Chardonnay, pero este estudio no intenta hacer una estimación, sino que se limita a solamente descripción gráfica de la evolución del viñedo.

Este trabajo tiene como objetivo general presentar una estimación de la función de producción del viñedo chileno de exportación. En este estudio se entenderá por "viñedo de exportación" a una plantación manejada bajo una sola administración, establecida en el Valle Central entre las regiones Quinta a Séptima, sobre suelos regados, plantados con cultivares cuya uva, debidamente procesada, produce vinos de calidad exportable. Con esto se están excluyendo las "viñas de rulo" que existen en el secano interior de las regiones antes nombradas, que están principalmente plantadas con el cultivar País y no producen vinos de calidad exportable.

Los objetivos específicos son: describir la tecnología empleada por el viñedo chileno de exportación, estimar la variación de producción y de costos asociados a cambios en el tamaño del viñedo, y estimar la productividad marginal del suelo plantado y el tamaño óptimo de un viñedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la tecnología

Para describir la tecnología se realizó una encuesta a una muestra aleatoria de las viñas de

riego ubicadas entre la V y la VII Región. Esta encuesta se realizó entre septiembre de 1997 y febrero de 1998, y abarca el año agrícola 1997/98. El universo se definió a partir del listado de viñas que mantiene el Departamento de Alcoholes y Viñas del Servicio Agrícola y Ganadero, en el que se separaron los roles de los predios ubicados en las comunas del Valle Central y dentro de las regiones antes indicadas. Para asegurar una buena cobertura de las distintas realidades tecnológicas, los roles se agruparon en los siguientes cinco estratos de tamaño de plantación: a) entre 0 y 5; b) entre 5 y 10; c) entre 10 y 20; d) entre 20 y 50 y e) más de 50 hectáreas.

El método empleado fue de muestreo estratificado proporcional. Empleando la metodología descrita por Cochran (1963) se determinó un tamaño de muestra de 90 viñedos, lo que equivale al 5,2 por ciento del universo. Los predios se sortearon en cada estrato de tamaño, cuidando que cada estrato estuviera representado en la muestra en el mismo porcentaje que en el universo. En la práctica no fue posible mantener esta proporcionalidad por dos razones: (a) cuando se estaba haciendo la encuesta se vio que las plantaciones mayores de 50 hectáreas tenían una mayor variabilidad tecnológica que los predios de los demás estratos, lo que obligó a aumentar la ponderación de ese estrato dentro de la muestra; (b) hubo que eliminar 8 casos, por corresponder a plantaciones que estaban en formación y, consecuentemente, no tenían información histórica. En definitiva, la muestra quedó formada por 82 casos, lo que corresponde al 4,8 por ciento del universo. En total se encuestaron 3.694 hectáreas en predios cuyas superficies fluctuaron entre 2,7 y 108 hectáreas, como promedio por estrato (Cuadro 1) y 0,5 a 193 hectáreas, considerando todos los predios encuestados.

Producción y costos asociados a distintos tamaño de viñedo

La encuesta entregó, para cada caso, la superficie plantada, clasificada por cultivares y, además,

Cuadro 1. Viñedos de riego de Chile: Regiones V a VII y R. Metropolitana
Table 1. Irrigated vineyard farms of Chile: V to VII Regions and Metropolitan Region

Tamaño del viñedo (ha)	Roles con viñas (N) (Nº)	Muestra (n) (Nº)	n/N (%)	Superficie muestreada (ha)	Superficie media/predio (ha)
0 < x < 5	600	18	3,0	48	2,7
5 < x < 10	371	13	3,5	100	7,7
10 < x < 20	295	11	3,7	162	14,7
20 < x < 50	250	13	5,2	469	36,1
> 50	199	27	13,6	2.915	108,0
Totales	1.715	82	4,8	3.694	45,0

la producción total de uva cosechada en la vendimia de 1998. Con esta información fue posible estimar mediante Cuadrados Mínimos Ordinarios una función de producción empleando como variable independiente el "suelo plantado"¹. Se probaron las siguientes formas funcionales: doble logarítmica o Cobb Douglas, semilogarítmica, cuadrática y cúbica, las que fueron evaluadas desde el punto de vista estadístico. Se eligió la ecuación cuadrática por ser ésta la que mostró el mejor ajuste a los datos junto con tener coeficientes de regresión estadísticamente significativos. La forma cuadrática empleada fue:

$$Y = \alpha_1 S + \alpha_2 S^2 \quad (3)$$

donde:

Y = Producción de uva vinífera, en toneladas;
 S = Superficie plantada de vid vinífera, en hectáreas.

Notar que la variable "suelo plantado" es una medida de tamaño de la empresa, lo que permite decir que la ecuación (3) es una función de producción de largo plazo, que refleja la producti-

vidad de distintos tamaños de plantación. El signo del coeficiente α_2 indica el tipo de retornos a escala presentes en la muestra. Así, α_2 mayor, igual o menor que cero sería indicativo de retornos crecientes, constantes o decrecientes a escala.

La encuesta también recogió información sobre los costos anuales de producción, agrupados en las siguientes partidas: a) Costos fijos: incluye el gasto anual de administración, el costo anual de la asistencia técnica agronómica (cuando había), el costo anual de los trabajadores permanentes del predio, la depreciación de la maquinaria y de la plantación de viña, los costos de mantenimiento y los gastos generales, y b) Costos variables: incluye el costo anual de los insumos empleados en la plantación (fertilizantes y pesticidas), los salarios pagados a la mano de obra temporal y el costo de la maquinaria arrendada.

La suma de estas dos partidas da el costo total anual de producción. Para estimar las variaciones del costo con los distintos tamaños de empresa, se estimó una función de costos usando nuevamente la variable "suelo plantado" como variable independiente. La función estimada fue:

¹Se intentó estimar una función de producción más descriptiva, usando las variables "Suelo plantado", "Capital" y "Trabajo", para lo cual se tenía información recogida en la encuesta. Desafortunadamente la matriz de correlaciones reveló la existencia de multicolinealidad entre estas variables, lo que obligó a dejar una sola variable en beneficio de una estimación estadísticamente confiable. Se optó por "Suelo plantado" por ser esta una variable de tamaño que incluye las otras dos, debido a la alta correlación existente entre ellas.

$$C = \beta_1 S + \beta_2 S^2 + rS \quad (4)$$

donde C = costo total anual de producción, y r = costo de oportunidad de la tierra, estimado al valor de un canon de arrendamiento, todo expresado en miles de pesos. Notar que el tercer término de la ecuación (4) asume que el costo de oportunidad de la tierra es lineal, lo que implica aceptar que el mercado de arrendamiento de tierras es competitivo y, consecuentemente, el precio r es válido para cualquier tamaño de empresa. Igual que en el caso de la producción, la ecuación (4) estima la función de costos de largo plazo, ya que acepta la variación de todas las partidas de costo, incluidos los costos fijos, asociadas al tamaño S . En este caso, como en el anterior, un coeficiente β_2 mayor, igual o menor que cero indica costos unitarios (es decir, por hectárea) crecientes, constantes o decrecientes a escala.

La estimación de las ecuaciones (3) y (4) se hizo a partir de una submuestra de 72 casos, ya que en la muestra principal se observaron 10 casos que presentaban información poco confiable sobre producción y costos. Se consideró "información poco confiable" a aquellos datos que aparecían demasiado lejos de los casos cercanos o similares (ejemplo: una producción significativamente superior a la media observada para un determinado tamaño). Las estimaciones se hicieron mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, y fueron complementadas con pruebas t Student para cada coeficiente de regresión, para probar las hipótesis que los coeficientes α_i y β_i ($i = 1, 2$) eran distintos de cero con una probabilidad de error dada. Se estimó innecesario hacer pruebas de autocorrelación de errores, ya que las estimaciones se hicieron a partir de una muestra de corte instantáneo.

Productividad marginal y tamaño óptimo de viñedo

El valor del producto marginal del viñedo (VPMg) se estimó derivando la ecuación (3) respecto de la variable S , y se multiplicó el re-

sultado por el precio de la uva, P_u . Esto da:

$$VPMg = P_u (dY/dS) = P_u (\alpha_1 + 2\alpha_2 S) \quad (5)$$

En esta expresión el VPMg y P_u se expresan en miles de pesos por hectárea y por tonelada, respectivamente. P_u se define "puesto fundo" y neto de IVA (Impuesto al Valor Agregado).

El Margen Bruto Total (M) de un viñedo está dado por:

$$M = P_u Y - cS$$

donde $c = C/S$, es decir, es el costo medio de producción por hectárea plantada de viña, neto de IVA. Introduciendo las ecuaciones (3) y (4) en la expresión anterior, el Margen Bruto Total queda como sigue:

$$M = P_u (\alpha_1 S + \alpha_2 S^2) - (\beta_1 S + \beta_2 S^2 + rS) \quad (6)$$

El tamaño óptimo de viñedo corresponde a la superficie de plantación S^* que hace máximo el Margen Bruto Total de la empresa. La condición de primer orden de un máximo de la ecuación (6) requiere que $dM/dS = 0$, lo que se reduce a:

$$P_u (\alpha_1 + 2\alpha_2 S) - (\beta_1 + 2\beta_2 S + r) = 0 \quad (7)$$

donde el primer término del lado izquierdo de la ecuación corresponde al VPMg, y segundo, al Costo Marginal (CMg) de una hectárea de plantación. La ecuación (7) está aplicando el principio que las condiciones óptimas de operación de la empresa se cumplen en el punto en que el $VPMg = CMg$ (Dillon y Anderson, 1990).

La condición de segundo orden requiere que $d^2M/dS^2 < 0$, lo que equivale a:

$$2P_u \alpha_2 - 2\beta_2 < 0$$

En el caso en que haya retornos y costos unitarios decrecientes a escala (es decir, que $\alpha_2 < 0$ y $\beta_2 < 0$), la condición de segundo orden se cumplirá siempre que $P_u \alpha_2 > \beta_2$, en términos absolutos.

Despejando S en la ecuación (7) se llega al tamaño óptimo de un viñedo. Este es:

$$S^* = (\beta_1 + r - P_u \alpha_1) / 2 (P_u \alpha_2 - \beta_2) \quad (8)$$

De la ecuación (8) se deduce que el tamaño S* varía en función de P_u y r, razón por la cual este resultado se sensibilizó respecto de estos parámetros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tecnología empleada por el viñedo de exportación

Las plantaciones existentes en la muestra presentaron un 53 por ciento de cepajes tintos y un 38 por ciento de blancos; el 8 por ciento restante se repartió entre varios cultivares tintos y blancos de menor importancia comercial. Entre los tintos el más frecuente es Cabernet Sauvignon, con 39 por ciento; en blancos, las cepas más frecuentes son Chardonnay y Sauvignon Blanc, con 17 por ciento del total cada uno de ellos. Llama la atención que el cultivar Chardonnay tiene una presencia importante solo en el estrato "> 50 hectáreas", con 21 por ciento de la superficie plantada, en tanto que en los restantes estratos sólo aparecen en proporciones iguales o menores al 5 por ciento (Cuadro 2).

El 100 por ciento de las plantaciones pequeñas usa riego por surco o por tendido, proporción que disminuye al 80 por ciento en las plantaciones más grandes. En promedio, el 82 por ciento de los predios encuestados usa surco o tendido. El sistema de riego por goteo se usa solamente en un 12 por ciento, como promedio, y aparece solamente en los dos estratos más grandes de la muestra. Los detalles aparecen en el Cuadro 3.

El Cuadro 4 muestra el uso anual de agroquímicos en los distintos tamaños de viñedo, medido en la suma de litros y/o kilogramos de los distintos productos aplicados por hectárea. Aunque este índice mezcla en una sola cifra distintas formulaciones de insecticidas, acaricidas, fungicidas o herbicidas, permite formarse una idea de como cambia el uso de agroquímicos entre los distintos estratos. El cuadro muestra que las viñas de riego del Valle Central usan principalmente fungicidas¹, siendo los restantes agroquímicos una bajísima proporción del total aplicado por hectárea. También puede verse que a medida que aumenta el tamaño, el uso de agroquímicos también aumenta, de forma que la cantidad de fungicidas y acaricidas aplicados prácticamente se duplica, y de insecticida y herbicidas, se triplica, entre los dos estratos extremos.

Cuadro 2. Composición varietal de la muestra por tamaño de viñedo (%)

Table 2. Cultivars present in the sample grouped by vineyard size (%)

	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Cabernet Sauvignon	30	41	26	57	38	39
Merlot	0	11	18	8	9	9
País	15	3	12	9	4	5
Subtotal Tintos	44	55	55	74	50	53
Semillón	22	8	9	1	2	3
Torontel	14	7	0	2	1	1
Chardonnay	4	7	1	5	21	17
Sauvignon Blanc	3	17	28	15	17	17
Subtotal Blancos	43	39	38	23	40	38
Otras	13	6	7	3	10	9
Total	100	100	100	100	100	100

¹Un dato que no se reporta aquí, pero que queda claramente revelado en la encuesta, es que el fungicida más empleado es el azufre.

Cuadro 3. Sistemas de riego empleados en la muestra (%)
Table 3. Irrigation systems used by the sampled farms (%)

	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Tendido	20	17	26	16	21	20
Surco	80	81	72	72	59	62
Manga	0	0	2	0	4	4
Californiano	0	0	0	0	2	2
Goteo	0	2	0	12	14	12
Total	100	100	100	100	100	100

Cuadro 4. Índice^a de uso de agroquímicos por estratos de tamaño (Unid. ha⁻¹)
Table 4. Agrochemical usage index^a by plantation size (Unid. ha⁻¹)

Tipo de agroquímico	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Insecticidas	0,5	1,5	0,8	1,9	1,7	1,7
Acaricidas	0,5	1,3	0,8	0,8	0,9	0,9
Fungicidas	72,3	77,1	100,7	80,1	111,9	105,9
Herbicidas	2,9	4,0	4,5	6,4	6,1	6,0
Total	76,2	83,8	106,7	89,3	120,7	114,5

^aEste índice corresponde a la suma de los litros o kilogramos aplicados de distintas formulaciones de agroquímicos por hectárea. Consecuentemente, Unid. = litros o kilogramos, según el caso.

El Cuadro 5 presenta información sobre el uso de mano de obra en labores seleccionadas, en los distintos estratos de tamaño. El cuadro incluye solamente las faenas más características de la viticultura, habiéndose omitido riego, reparación de alambres, transporte de materiales y, en general, las labores menores. Pese a esta omisión, el cuadro sirve para mostrar que los coeficientes de mano de obra por hectárea son, en general, bastante similares en todos los estratos de tamaño. Así, la poda, cosecha y desbrote tienen coeficientes muy parecidos, observándose algunas diferencias solamente en amarra, aplicaciones y en "otras labores". En promedio la suma de las labores señaladas en el Cuadro 5 da 47 JH-año (jornadas hombre al año), lo que, asumiendo que un trabajador permanente aporta del orden de 200 JH-año significa 0,2 hombres/hectárea-año. Esta cifra concuerda con estimaciones recientes del uso de mano de obra en la viticultura chilena (Poblete, 1998).

Las labores más intensivas en mano de obra, como son cosecha y poda, se realizan con mano de obra contratada en un 69 y 42 por ciento de los casos, respectivamente (Cuadro 6). El uso de mano de obra contratada es considerablemente menos frecuente en la amarra y el desbrote, y nula en el caso de las aplicaciones de agroquímicos, lo que sugiere que estas labores se efectúan principalmente con los trabajadores permanentes del predio.

El Cuadro 7 muestra que los equipos más usados en la viña son el tractor y el carro de arrastre, con 1,4 y 1,17 jornadas/hectárea respectivamente. Los otros equipos encuestados tienen coeficientes de uso más bajos, lo que se entiende por tratarse de máquinas especializadas, de uso estacional. También se observa que el estrato más grande usa 10 veces más jornadas-tractor y jornadas-carro que el estrato más pequeño, lo que sugiere que la mecanización de las faenas

Cuadro 5. Mano de obra: coeficiente por tipo de labor y estrato de tamaño (JH ha⁻¹)
Table 5. Labor: coefficient by type of task and plantation size (JH ha⁻¹)

Tipos de labor	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Poda	14,7	14,0	12,0	14,6	14,4	14,4
Cosecha	20,5	22,6	28,0	23,1	19,6	20,5
Aplicaciones	3,6	1,8	1,1	0,4	0,1	0,0
Desbrote	1,9	5,0	1,3	2,3	2,6	2,5
Otras labores	6,4	3,1	4,5	2,9	3,4	3,4

Cuadro 6. Proporción de mano de obra temporal, por tipo de labor y estrato de tamaño (%)
Table 6. Proportion of temporary labor used, by type of task and plantation size (%)

Tipo de labor	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Poda	59	39	53	56	40	42
Cosecha	100	84	89	74	65	69
Amarra	20	4	18	51	38	37
Aplicaciones	0	0	0	0	0	0
Desbrote	11	4	23	26	31	28
Otros	100	39	22	100	82	79

Cuadro 7. Maquinaria: coeficiente de uso por tipo de equipo y estrato de tamaño (JM ha⁻¹).
Table 7. Machinery: usage coefficient by type of task and plantation size (JM ha⁻¹).

	0 < x < 5	5 < x < 10	10 < x < 20	20 < x < 50	> 50	Toda la muestra
Tractor	0,15	1,33	1,18	1,15	1,48	1,40
Carro de arrastre	0,12	0,68	0,84	0,77	1,29	1,17
Pulverizadora mecánica	0,04	0,24	0,24	0,24	0,63	0,55
Pulverizadora de espalda	1,08	2,01	1,37	0,54	0,35	0,47
Azufradora de espalda	0,21	0,08	0,33	0,41	0,08	0,13
Azufradora mecánica	0,08	0,24	0,23	0,18	0,25	0,23
Otros equipos	0,67	0,58	0,06	0,13	0,06	0,09

aumenta con el tamaño del viñedo. Puesto que el uso de mano de obra por hectárea es relativamente similar en todos los estratos, como ya se comentó, lo anterior sugiere una evolución hacia tecnologías más intensivas en el uso de capital, a medida que aumenta el tamaño del viñedo.

Producción y costos asociados a distintos tamaños de viñedo

El Cuadro 8 presenta la estimación de la función de producción planteada en la ecuación (3). Puede verse que, como se esperaba, $\alpha_2 < 0$, lo que evidencia retornos decrecientes frente a aumentos de la escala de plantación. Todos los co-

eficientes son estadísticamente diferentes de cero, como prueban los altos t Student y la baja probabilidad de error (es decir, la alta confianza) de las respectivas pruebas t. Por último, la variable elegida explica un 96 por ciento de la variabilidad observada en la muestra, lo que indica un buen ajuste y una buena elección de la variable independiente. Todos los resultados económicos se expresan en monedas de marzo de 1998.

El Cuadro 9 muestra el resultado de la estimación de la ecuación (4), de costos anuales de operación. Se comprueba que $\beta_2 < 0$, lo que denota costos unitarios decrecientes a escala. Nuevamente las pruebas t Student y las bajas probabilidades de error asociadas a ellas muestran coeficientes estadísticamente significativos. El R^2 indica que el 96 por ciento de la variación observada en la muestra es explicada por la variable elegida, lo que indica que tanto la elección de la forma cuadrática como de la variable independiente son conceptualmente correctas, desde un punto de vista estadístico.

Cuadro 8. Parámetros de la función de producción

$$Y = \alpha_1 S + \alpha_2 S^2 \quad (n = 72)$$

Table 8. Parameters of the production function

$$Y = \alpha_1 S + \alpha_2 S^2 \quad (n = 72)$$

	α_1	α_2	R^2 (ajustado)
Y	13,781418	-0,019691	0,96
t Student	20,246	-3,551	
Prob. Error	0,0000	0,0007	

Cuadro 9. Parámetros de la función de costos

$$C = \beta_1 S + \beta_2 S^2 + rS \quad (n = 72)$$

Table 9. Parameters of the cost function

$$C = \beta_1 S + \beta_2 S^2 + rS \quad (n = 72)$$

	β_1	β_2	R^2 (ajustado)
C	807,995551	-0,675054	0,96
t Student	18,964	-1,945	
Prob. error	0,0000	0,0558	

Productividad marginal y tamaño óptimo de viñedo

El Valor del Producto Marginal del suelo plantado con viña se estimó de acuerdo con la ecuación (5), obteniéndose el siguiente resultado:

$$VPMg = (13,781 - 0,0394 S) P_u \quad (9)$$

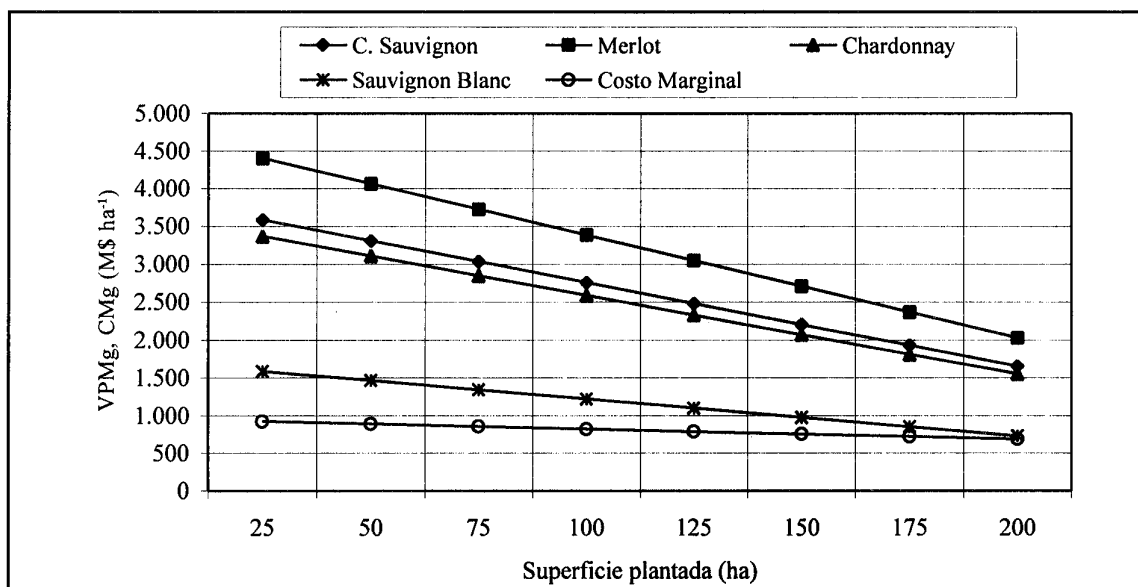
Expresado en miles de pesos por hectárea. Este parámetro depende del precio de la uva, P_u , que es variable en el tiempo según las condiciones del mercado y la escasez relativa de los distintos cultivares. La variabilidad de los precios queda en evidencia en el Cuadro 10, que entrega información de mercado para las principales variedades de uva para vinos tintos y blancos de exportación, entre 1997 y 1999. En estos tres años las preferencias del mercado cambiaron, favoreciendo a los vinos tintos por sobre los blancos. Como consecuencia de ello los precios de las variedades tintas mostraron una tendencia alcista, en tanto que las variedades blancas tuvieron la tendencia contraria. Así, mientras en 1997 el precio del cultivar Chardonnay era significativamente más caro que un Cabernet Sauvignon o un Merlot, en 1999 ambos cultivares tintos superaban en precio al Chardonnay.

Introduciendo en la ecuación (9) el precio promedio 1997-99 de cada cultivar se obtiene el VPMg que se muestra en la Figura 1. Puede verse que el VPMg más alto corresponde a Merlot, seguido por Cabernet Sauvignon, Chardonnay y, por último, Sauvignon Blanc. Las diferencias son apreciables, ya que el VPMg de Merlot cambia de M\$ 4.400 a M\$ 2.000 (en cifras redondas), en tanto que Sauvignon Blanc lo hace entre M\$ 1.600 y M\$ 730, para el mismo rango de superficie plantada. Se observa también que un aumento de la superficie plantada de 25 a 200 hectáreas reduce la productividad marginal valorada en casi la mitad. Así por ejemplo, el VPMg de la 25ª hectárea de Merlot es M\$ 4.400, el que se reduce a M\$ 2.000 en la 200ª hectárea, observándose un comportamiento análogo en el VPMg de los demás cultivares.

Cuadro 10. Precios de la uva vinífera (M\$ t ha⁻¹) en la temporada de cosecha en la Región del Maule, puesto fundo, sin IVA (Pesos de marzo 1998)**Table 10.** Farmgate wine grape prices (M\$ t ha⁻¹) in the harvest period in Maule Region, net of VAT (Chilean pesos of March 1998)

	1997	1998	1999	Promedio 1997-99
Cabernet Sauvignon				
Máximo	249	340	341	310
Mínimo	202	263	282	249
Promedio	226	302	312	280
Merlot				
Máximo	369	369	360	366
Mínimo	313	295	300	303
Promedio	339	350	342	344
Chardonnay				
Máximo	335	348	180	288
Mínimo	268	264	120	217
Promedio	308	327	153	263
Sauvignon blanc				
Máximo	157	148	160	155
Mínimo	123	116	80	106
Promedio	138	134	99	124

Fuente: Secretaría Regional Ministerial de Agricultura VII Región, Sistema de Precios Regionales (SIPRE). Dirección electrónica: www.seremi-vii.minagri.gob.cl.

**Figura 1.** Valor del Producto Marginal (VPMg) de cuatro cultivares de vid vinífera de exportación y Costo Marginal (CMg) del viñedo.**Figure 1.** Marginal Product Value (VPMg) of four cultivars of export quality wine grapes and Marginal Cost (CMg) by vineyard size.

Del Cuadro 9 se deduce que el Costo Marginal de una hectárea adicional de plantación es igual a:

$$CMg = 807,996 - 1,350 S + r$$

La Figura 1 presenta estimaciones del Costo Marginal de la hectárea de plantación, calculados para un valor de $r = M\$150$ ¹. Puede comprobarse que dentro del rango de tamaños de plantación observados en la encuesta y para los cuatro principales cultivares de vinos finos de exportación, el Costo Marginal queda siempre debajo del VPMg, lo que significa que la producción valorada de una hectárea adicional es siempre mayor que el costo operacional que esta hectárea agrega. Así, por ejemplo, y tomando el caso límite de Sauvignon Blanc, la hectárea número 50 entrega una producción que se valora en M\$ 1.500 y cuesta sólo M\$ 900, es decir, deja una Utilidad Marginal del orden de M\$ 600. Haciendo el mismo cálculo para la hectárea número 200, el VPMg es de M\$ 730 y su costo es de M\$ 690, lo que da una Utilidad Marginal de M\$ 40. La Utilidad Marginal va cayendo a medida que aumenta el tamaño de la plantación, lo que era de esperar dado que el VPMg descende a una tasa mayor que el CMg, pero dentro del rango de plantación encuestado todos los valores son positivos, lo que implica que el tamaño óptimo (coincidente con una Utilidad Marginal igual a cero) es superior a 200 hectáreas.

El Cuadro 11 presenta una estimación del tamaño óptimo de viñedo, para tres costos de oportunidad de la tierra y un rango amplio de precios de la uva vinífera. Puede verse que los tamaños fluctúan entre 232 y 315 hectáreas, dependiendo del valor de r y P_u empleados. Puesto que el rango de observaciones de la encuesta no sobrepasó las 200 hectáreas², estas estimaciones no tienen base estadística y solamente se entregan como una proyección de los resultados entregados

aquí. Dicho de otra manera, si las funciones de producción y costo presentadas en los Cuadros 8 y 9 mantuvieran su vigencia en tamaños superiores a los observados, el tamaño óptimo del viñedo estaría en los rangos indicados.

Cuadro 11. Tamaño óptimo de viñedo en hectáreas para varios precios de uva (P_u) y renta de la tierra (r)

Table 11. Optimum plantation size for several wine grape prices (P_u) and opportunity costs of land (r)

P_u	r (M \$ ha ⁻¹)		
	100	150	200
350	315	311	307
250	299	293	287
150	254	243	232

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio se resumen en los siguientes puntos:

- El 82 por ciento de los viñedos de exportación usa riego por tendido o por surco. El riego por goteo se emplea solamente en el 12 por ciento de los casos, y esto se observa solamente en las plantaciones más grandes (mayores a 20 hectáreas).
- A medida que aumenta el tamaño de la plantación aumenta también el uso de agroquímicos. Esto es particularmente notorio en los fungicidas.
- Los coeficientes de mano de obra por hectárea son muy similares en todos los tamaños de plantación. Las labores más intensivas en ma-

¹El canon de arrendamiento de una hectárea de tierra en la VII Región fluctúa entre M\$ 100 y M\$ 200, con un valor medio de M\$ 150 (Comunicación personal con el Sr. Patricio Jaque, viticultor del sector El Melozal, comuna de San Javier, Marzo 2000).

²La plantación más grande encuestada tenía 193 hectáreas.

no de obra, como son poda y cosecha, se realizan en un 68 y 42 por ciento de los casos con trabajadores temporales, respectivamente.

- (d) Los equipos más usados en la viña son el tractor y el carro de arrastre. La mecanización de las faenas aumenta con el tamaño del viñedo.
- (e) La producción total del viñedo aumenta a tasas decrecientes con el aumento de la superficie plantada. Esto deja en evidencia la existencia de retornos decrecientes a escala.
- (f) Los costos totales de producción aumentan a tasas decrecientes a medida que aumenta el tamaño de la plantación, evidenciando costos unitarios decrecientes a escala. La superficie plantada explica en un 96 por ciento los costos de producción.
- (g) La productividad marginal valorada del viñedo es decreciente. Para la hectárea número 25 fluctúa entre M\$ 4.400 para Merlot, y M\$ 1.600 para Sauvignon Blanc, lo que baja a M\$ 2.000 y M\$ 730 respectivamente, para la hectárea número 200.
- (h) Para el rango de tamaños observados en la encuesta, el valor del producto marginal es siempre superior al costo marginal, lo que indica que es rentable seguir aumentando el tamaño más allá de dicho rango (que limita en 200 hectáreas, en cifras redondas). Desafortunadamente las funciones de costo y de producción estimadas tienen base estadística solamente dentro de los rangos de tamaño muestreados, lo que impide sacar conclusiones firmes más allá del límite superior de tamaño presente en la muestra (193 hectáreas). Todo lo que se puede decir es que si las funciones de producción y de costo fueran válidas en tamaños superiores a los muestreados, el tamaño óptimo del viñedo chileno de exportación estaría entre 232 y 315 hectáreas, dependiendo del precio promedio de la uva y el canon de arrendamiento de la tierra que se considere realista.

LITERATURA CITADA

-
- Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques. 413 p. Wiley International, New York, USA.
 - Dillon, J.L., and Anderson, J.R. 1990. The analysis of response in crop and livestock production. 251 p. 3rd ed. Pergamon Press, Oxford, U. Kingdom.
 - Heady, E.O., and Dillon, J.L. 1961. Agricultural production functions. 667 p. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
 - Huitron R., M.V., and Godoy-Avila, C. 1995. Función de producción y eficiencia en el uso del agua en ocho cultivares de uva de mesa. Terra (Abril-Junio) 13:165-173.
 - Layseca M., M. 1991. Funciones de producción de la fertigación. 75 p. Tesis Ing. Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Fruticultura y Enología. Santiago, Chile.
 - Poblete, R. 1998. Inversiones y evaluación del negocio vitivinícola: I Parte. Agroeconómico, Noviembre N° 47 p. 28-33.