INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE LAS VENTAJAS RELATIVAS DE LA VENDIMIA MECANIZADA EN CHILE CENTRAL[1]

Evaluation of the relative advantages of mechanical harvesting of wine grapes in Central Chile

Javier Troncoso C.[2], Jorge Riquelme S.[3], Felipe Laurie G.[2] y Juan Abarca G.[4]

ABSTRACT

This study aims at determining the relative advantages of mechanical wine grape harvesting in comparison to handpicking. During the 1998 and 1999 harvests, 20 fruit samples were collected directly from the collectors of a self-propelled grape harvester and an equal number from the baskets of hand pickers, with the purpose of evaluating the quality of the fruit that was reaching the warehouse with each harvesting system. Additionally, field data were also collected relative to work efficiency for the harvester and pickers. All these data were complemented with samples taken from the mechanical harvester and hand pickers the same day and from the same vineyard block in the 2000 harvest, with the aim of determining differences in the quality of the wine resulting from the two harvesting systems. It was concluded that the quality of primary material harvested by mechanical harvesting is lower than that obtained via handpicking. However, the wines resulting from either system were rated of equivalent quality, although distinguishable by specialized tasters. One machine-hour, operated in the form observed in the vineyards studied, can replace 70 labor-hours. However, it is noted that this machinery is being operated above recommended standards of the technical literature. If machines were operated according to this standard, the substitution rate would fall to only 37.3 labor-hours. The minimum plantation size that justifies the purchase of a self-propelled winegrape harvester is 140 hectares.

Key words: fruit quality, substitution rate, fixed and variable costs.

RESUMEN

Este estudio busca determinar las ventajas relativas de una cosecha mecánica de uva vinífera en comparación con la cosecha manual. Durante las vendimias de los años 1998 y 1999 se recogieron 20 muestras directamente de la tolva de una vendimiadora automotriz e igual número de muestras de las gamelas de cosechadores manuales, con el fin de analizar la calidad de la fruta que llegaba a la bodega con cada uno de estos sistemas de cosecha. Adicionalmente se tomaron datos de terreno relativos a la eficiencia de trabajo tanto de la vendimiadora como de cosechadores manuales. Todos

[1]Recepción de originales: 24 de julio de 2001.
Esta investigación es parte del proyecto FONDEF D96 I 1097 "Desarrollo de tecnologías para mejorar la competitividad de la vitivinicultura de exportación".
Este trabajo fue presentado al 52° Congreso Agronómico efectuado en La Palma, Quillota, entre el 17 y 19 de octubre 2001.
[2]Universidad de Talca, Departamento de Economía Agraria y Centro Tecnológico de la Vid y el Vino, Casilla 747, Talca, Chile. E-mail: jtronc@pehuenche.utalca.cl
[3]Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Raihuén, Calle Esperanza s/n, Villa Alegre, Chile.
[4]Egresado de la Escuela de Agronomía, Universidad de Talca, Talca, Chile.

estos datos se complementaron con muestras de cosechadora mecánica y de cosecha manual tomadas el mismo día en un mismo cuartel en la vendimia del año 2000, con el fin de hacer microvinificación y comparar los vinos resultantes. El estudio concluyó que la calidad de la materia prima cosechada con vendimiadora automotriz es menor que la obtenida mediante cosecha manual. No obstante, los vinos resultantes de ambos sistemas de cosecha son de calidad equivalente, aunque distinguibles por degustadores especializados. Una hora de vendimiadora automotriz, operada en la forma observada en los predios estudiados, permite reemplazar a 70,0 horas-hombre. No obstante, se observó que esta máquina está siendo trabajada fuera de la norma que establece la literatura especializada. Si se ajustara a la norma, la tasa de sustitución sería de sólo 37,3 horas-hombre. El tamaño mínimo de plantación que justifica la adquisición de una vendimiadora automotriz es de 140 hectáreas.

Palabras clave: calidad de fruta, tasa de sustitución, costos fijos y variables.

INTRODUCCIÓN

La vitivinicultura chilena ha venido experimentando cambios estructurales y tecnológicos en las últimas décadas, como consecuencia de los ajustes que ha debido realizar para mejorar la calidad exportable de sus vinos. Estos cambios, que hasta hace poco se presentaban principalmente en la tecnología de vinificación y maquinaria enológica, se han extendido en el último tiempo al manejo del viñedo. Los vitivinicultores han comprendido que la calidad que exigen los mercados de exportación no se logra únicamente en la bodega de vinos, sino que ella debe ser cuidada y mantenida a lo largo de todo el proceso de producción, el que comienza en el viñedo.

La calidad del vino depende de un conjunto de factores, entre los cuales se pueden mencionar: el uso de la cepa adecuada para cada suelo y clima, el manejo agronómico del viñedo, la oportunidad y tecnología de cosecha y la tecnología de procesamiento y guarda (Pszczólkowski, P., 1995). La oportunidad de cosecha es de suma importancia, ya que la uva es un fruto no climactérico, lo que significa que su composición química no evoluciona con posterioridad a la cosecha. Cuando la fruta alcanza una composición físico-química y organoléptica que el enólogo juzga de calidad apropiada, entonces la cosecha debe realizarse en un plazo no superior a una semana, si se quiere que la calidad de la materia prima no se deteriore. Esto hace que la cosecha sea un período crítico en las grandes plantaciones, que deben recurrir a una logística compleja para llevar a la bodega de vinificación grandes cantidades de fruta que está madurando al mismo tiempo. Lo crítico de la faena y la escasez relativa de mano de obra en la época de la vendimia ha hecho que muchas viñas estén recurriendo a vendimiadoras mecánicas.

La cosecha mecanizada puede tener consecuencias positivas y negativas sobre la calidad de la fruta y del vino. En lo positivo está la rapidez de la faena, lo que permite cosechar la fruta en el momento más adecuado. Según una encuesta hecha a 20 bodegas procesadoras de las regiones VI y VII, el 95% de los vitivinicultores se preocupa de hacer muestreos frecuentes en sus viñas, de forma de determinar con precisión el momento adecuado de cosecha (Olavarría *et al.*, 2001a). A esto se agrega la ventaja de poder cosechar de noche, lo que garantiza una temperatura baja que no iniciará procesos de oxidación enzimática y no enzimática y de fermentación anticipada, evitando el deterioro de la calidad de la fruta.

No obstante lo anterior, la mecanización de faenas también es percibida como un factor que reduce la calidad de la fruta, según reportan (Olavarría *et al.*, 2001b) en un estudio de 20 viñas de las regiones VI y VII de Chile. En ensayos

realizados en España con vendimiadoras a base de varillas sacudidoras, se encontró que entre 30 a 50% de la fruta recogida estaba dañada, y que la proporción de mosto libre oscilaba entre 2 y 18% del peso total cosechado (Gil, 1990). Pergher *et al.*, (1994) estudiaron los índices de trabajo de cinco modelos de vendimiadoras autopropulsadas, tres de golpe horizontal y dos de golpe vertical, y dos de vendimiadoras de arrastre, en 24 viñas plantadas con 6 cepajes distintos, ubicadas en los valles del Friuli y Veneto en Italia. Las cepas estudiadas fueron: Chardonnay, Tocai Friulano, Merlot, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon y Pinot blanco. En lo relativo a la composición de la fruta cosechada los resultados fueron los siguientes: alto porcentaje de bayas rotas (promedio 48%), jugo liberado (promedio 10%) y una proporción menor de bayas enteras (promedio 25%) y de racimos enteros (promedio 14%); por contraste, la cosecha manual tuvo una alta proporción de fruta en racimo o bayas sueltas enteras (promedio 92%) y una bajísima proporción de bayas rotas (1,5%). No obstante, se observaron resultados superiores en las vendimiadoras de última generación, respecto de máquinas más antiguas. La composición de la fruta no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los distintos cepajes ensayados. Los vinos producidos a partir de la fruta cosechada mecánica o manualmente no mostraron diferencias sensoriales.

Pandolfi *et al.*, (2000) estudiaron el efecto de la cosecha mecánica sobre la relación uva/vino, en un viñedo ubicado en la provincia de Mendoza, Argentina. Evaluaron tres máquinas cosechadoras autopropulsadas en plantaciones con distintas variedades de uva. Estos investigadores reportaron pérdidas de jugo y de plantas que quedan sin cosechar que fluctuaron entre 6 y 8%, en presencia de una bajísima proporción de racimos enteros (0,4 a 3,3%). Respecto a la relación uva/vino, la cosecha mecanizada rindió entre 123,1 y 125,8 kg por cada 100 L de mosto, lo que está cercano al límite mínimo exigido por la legislación argentina.

El objetivo general de este estudio fue determinar las ventajas de la cosecha mecanizada de uva vinífera, en comparación con la cosecha manual; específicamente los objetivos fueron: (a) comparar la calidad de la uva cosechada mecánicamente con la obtenida mediante cosecha manual; (b) determinar la tasa de sustitución de maquinaria por mano de obra en la cosecha de uva vinífera; y (c) determinar el tamaño mínimo de viñedo que justifica la adquisición de una vendimiadora automotriz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en las vendimias de los años 1998, 1999 y 2000, tomando datos de viñas que cumplieron con la doble condición de querer colaborar en esta investigación y tener vendimia mecanizada. Este fue el caso de seis viñas. Esta información se complementó con datos recogidos en tres predios que tienen sólo cosecha manual y dos que tienen ambos tipos de vendimia. En total se tomó información de 11 predios de las regiones Metropolitana, Sexta y Séptima, entre las latitudes 33° 23' y 35° 26' Sur, con plantaciones tintas y blancas en espaldera simple y con distintos marcos de plantación (Cuadro 1). En todos los casos la cosecha mecánica correspondió a una vendimiadora New Holland Braud SB 60, con motor turbo de 6 CV.

Comparación de la calidad de la uva

Para el análisis de calidad de la uva se usó la información recogida en los 10 predios visitados durante las vendimias 1998 y 1999. Se tomaron muestras de un mismo cuartel, de un peso aproximado de 30 a 40 kg cada una, directamente de la tolva de la máquina en el caso de la cosecha mecanizada, o de las gamelas de los cosechadores en la cosecha manual. Para evitar pérdidas durante el traslado, las muestras se guardaron en bolsas plásticas. En todas las faenas se revisó posteriormente la espaldera para recoger racimos dejados en la parra (no cosechados) y bayas del suelo.

Cuadro 1. Predios muestreados y número de muestras tomadas en cada caso
Table 1. Sampled farms and number of samples taken in each case

Nombre del predio	Año de la vendimia	Comuna	Cepas	Marco de plantación	Número de muestras
Cosecha Manual					
Fundo Caperana	1998	Isla de Maipo	Zinfandel	1,5 x 2,5 m	1
Agrícola Salve	1998	Talca	Cabernet Sauvignon	1,2 x 3,2 m	2
Fundo Peteroa	1998	Sagrada Familia	Cabernet Sauvignon	1,5 x 2,5 m	2
Fundo Peteroa	1999	Sagrada Familia	Sauvignon blanc	1,5 x 2,5 m	3
Fundo Peteroa	1999	Sagrada Familia	Cabernet Sauvignon	1,5 x 2,5 m	2
Fundo Santa Elisa	1999	Chimbarongo	Pinot noir	1,5 x 2,5 m	5
Fundo Caperana	1999	Isla de Maipo	Cabernet Sauvignon	1,5 x 2,5 m	5
Viña San Pedro	2000	Molina	Cabernet Sauvignon	1,0 x 3,0 m	1
Subtotal					**21**
Cosecha mecánica					
Fundo La Huerta	1998	Molina	Sauvignon blanc	2,0 x 3,0 m	1
Fundo Caperana	1998	Isla de Maipo	Cabernet Sauvignon	1,5 x 2,5 m	1
Fundo San Vicente	1998	Talca	Cabernet Sauvignon	1,0 x 2,8 m	1
Fundo La Quinta	1998	Talca	Cabernet Sauvignon	1,0 x 3,0 m	1
Viñedos Casablanca	1998	Talca	Merlot	1,0 x 3,0 m	1
Fundo Peumo	1999	Peumo	Cabernet Sauvignon	1,5 x 2,0 m	3
Fundo Peumo	1999	Peumo	Merlot	2,0 x 2,5 m	3
Fundo Peumo	1999	Peumo	Chardonnay	1,5 x 2,0 m	4
Fundo Peumo	1999	Peumo	Cot	1,5 x 2,0 m	2
Fundo Rucahue	1999	Peumo	Zinfandel	1,2 x 2,0 m	2
Fundo Rucahue	1999	Peumo	Cabernet Sauvignon	1,2 x 2,0 m	1
Viña San Pedro	2000	Molina	Cabernet Sauvignon	1,0 x 3,0 m	1
Subtotal					**21**
Total muestras					**42**

El análisis de muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Viticultura del Centro Tecnológico de la Vid y el Vino de la Universidad de Talca, donde se midieron las siguientes variables de calidad, en términos gravimétricos: bayas en racimo, bayas enteras sueltas, bayas rotas sueltas, hojas y escobajos, jugo, impurezas, racimos no colectados, y bayas en el suelo. Todos estos resultados fueron amplificados a una hectárea y expresados como porcentaje de la producción total por hectárea.

Para estudiar las diferencias de calidad de materia prima se plantearon las siguientes hipótesis nula (H_o) y alternativa (H_a):

H_o: $Pman_i = Pmec_i$
H_a: $Pman_i \neq Pmec_i$

donde $Pman_i$ y $Pmec_i$ denotan el porcentaje promedio encontrado para la i-ésima variable de calidad (i = 1...8) en cosecha manual y mecánica, respectivamente. Para probar la hipótesis nula se aplicó un Test de Diferencia de Medias (Spiegel, 1961), calculando el estadígrafo Z normal estándar:

$$Z = (Pman_i - Pmec_i) / \sigma_i$$

donde:

$\sigma_i = [(\sigma^2 man_i / N_{man}) + (\sigma^2 mec_i / N_{mec})]^{0,5}$ = desviación estándar de la i-ésima variable de calidad; $\sigma^2 man_i$, $\sigma^2 mec_i$ = varianza de la i-ésima variable de calidad en cosecha manual y mecánica, respectivamente;
N_{man}, N_{mec} = número de observaciones en cosecha manual y mecánica, respectivamente.

Aplicando la tabla normal para un test de dos colas con el 95% de confianza, se aceptó la hipótesis nula si $Z_{025} = -1,96 < Z < Z_{975} = 1,96$.

También se estudio la influencia del sistema de cosecha en la calidad del vino. Para ello se usaron las muestras tomadas en la vendimia del año 2000 de la Viña San Pedro, cepa Cabernet Sauvignon. Cada muestra fue aproximadamente de 200 kg, tomada directamente de la tolva de la vendimiadora, en el caso de cosecha mecánica, o colectada manualmente por una cuadrilla de vendimiadores. Estas muestras fueron microvinificadas separadamente en contenedores de policarbonato, con capacidad para 20 litros cada uno. Posteriormente se evaluaron los vinos provenientes de cada sistema de cosecha mediante tres degustadores calificados, siguiendo la metodología descrita por Ough y Winton (1976) y Guerra (1997).

Tasa de sustitución de maquinaria por mano de obra en la cosecha de uva

La tasa de sustitución de la cosecha mecánica por mano de obra (TS) es la cantidad de trabajo, en Jornadas Hombre, requerido para reemplazar una Jornada Máquina. Ésta se estimó como:

$$TS = CET_{mec} / CET_{man}$$

donde CET_j = capacidad efectiva de trabajo, en hectáreas por hora, de la j-ésima modalidad de cosecha (j = mec, man).

Para evaluar la CET_j se obtuvo la siguiente información de terreno: VMA = velocidad media de avance (km h^{-1}); DEH = distancia entre hileras (m); RPC = rendimiento promedio por cuartel (t ha^{-1}); TET = tiempo efectivo de trabajo (min h^{-1}).

Toda esta información se tomó en los 10 fundos analizados en las vendimias de los años 1998 y 1999. La VMA fue medida directamente del velocímetro digital de la vendimiadora. En el caso del trabajo manual se calculó como sigue:

VMA = (Distancia recorrida, m)(60) / (Tiempo promedio de faena, min)(1.000)

A partir de estos datos fue posible hacer las siguientes determinaciones:

IA_j = Índice de alimentación (t h^{-1})
= (VMA_j) (DEH) (RPC) / 10

ET_j = Eficiencia de trabajo (%)
= TET_j (100) / 60

CET_j = capacidad efectiva de trabajo (ha h^{-1})
= (DEH) (VMA_j) (ET_j) / 1.000

TEO_j = tiempo efectivo de operación (h ha^{-1})
= 1 / CET_j

Tamaño mínimo que justifica la adquisición de una vendimiadora

El costo de operar una máquina propia (C_p) es igual al costo fijo asociado a poseer dicha máquina, F, más el costo variable de operarla. A su vez, el costo variable depende de la cantidad de trabajo que haga la máquina, es decir, depende de las toneladas que coseche. Así, el costo de operación queda definido como (Castle *et al.*, 1972; Barnard y Nix, 1973):

$$C_p = F + v\,P$$

donde v corresponde al costo variable por hectárea y P es la producción total que cosechará la máquina en una temporada.

Además de cosechar con máquina propia, un agricultor tiene dos alternativas adicionales: (a)

arrendar un servicio de cosecha mecanizado, a un precio p por tonelada[1], o (b) cosechar manualmente, pagando una tarifa por producto cosechado más algunos beneficios (bonificación de movilización y similares); esta tarifa se denotará aquí por la letra (g). Consecuentemente, los costos alternativos de cosecha corresponden a las siguientes expresiones:

- Caso de arriendo: $C_a = p\,P$
- Caso de cosecha manual: $C_m = g\,P$

donde C_k (k = a,m) designa el costo de cosechar con máquina arrendada o en forma manual, respectivamente.

La condición necesaria para operar máquina propia es que su costo sea inferior al costo de las otras alternativas. Así, se preferirá la cosecha con máquina vendimiadora propia si se cumple que $C_p < C_k$; en caso contrario, se preferirá la alternativa de menor costo.

El costo variable (v) de operar máquina propia incluyó las siguientes partidas (Benedetti y Gallegos, 1983; Hetz, 1990): bono de producción para el chofer, combustible, lubricación, mantención y reparación, imprevistos. Por otra parte en el costo fijo (F), se incluyeron las siguientes: depreciación, seguro, interés al capital y salario fijo del chofer. Todos los valores están expresados en moneda de agosto de 2000 (US$ 1 = $ 553; Unidad de Fomento (UF) al 15/8/2000 = $15.490,27).

Algunos especialistas (ej. Benedetti y Gallegos, 1983) consideran el salario del chofer como partida de costo variable, lo que, en realidad, depende del tipo de contrato existente entre este operario y la empresa. Aquí se ha asumido que el chofer de una máquina de tecnología avanzada y de alto costo es un operario de confianza y con buenas calificaciones técnicas, lo que lo hace un trabajador de difícil reemplazo y, consecuentemente, parte del personal permanente de la empresa, con contrato a tiempo indefinido. En estas condiciones el salario del chofer se paga independientemente del número de hectáreas que coseche anualmente, por lo que representa un costo fijo.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 presenta los resultados de calidad de uva según sistema de cosecha. Estos datos son promedios de las muestras tomadas en los años 1998 y 1999. En todas las variables consideradas, los resultados indican que la cosecha mecánica entrega fruta de menor calidad que la cosecha manual. En efecto, las bayas en racimo y bayas enteras son bastante menos y las bayas rotas sueltas, el jugo, bayas no recolectadas y bayas en el suelo son considerablemente más, en cosecha mecánica respecto de cosecha manual. La única variable en que la cosecha mecánica es mejor a la cosecha manual es en la proporción de hojas y escobajos, lo que disminuye el riesgo de lixiviación de compuestos vegetales y químicos exógenos hacia el mosto. Todos los resultados son significativos con un 95% de confianza. La proporción de pérdidas determinada por Gil (1990) en Italia y España son menores a las reportadas en este estudio y fluctuaron entre 0 y 2,3%, para bayas en el suelo, y 1 y 2,3%, para bayas no colectadas.

La calidad del vino según sistema de cosecha se presenta en el Cuadro 3. Las notas promedio obtenidas indican que el vino cosechado manualmente presentó más color, aroma y astringencia y menos acidez que el vino cosechado mecánicamente, obteniéndose una calidad global ligeramente superior. No obstante, los degustadores concluyeron que si bien es posible distinguir entre ambos vinos, las diferencias anotadas son

[1]En realidad las tarifas de las vendimiadoras se fijan "por hectárea", pero éstas pueden ser fácilmente transformadas a una base "por tonelada" dividiendo por el índice de alimentación ponderado por la eficiencia de trabajo y el tiempo efectivo de operación de cada máquina.

Cuadro 2. Parámetros de calidad de la uva cosechada mecánica y manualmente
Table 2. Quality parameters of mechanically and manually harvested wine grapes

Parámetro	Pmec	Pman (%)	σ_i (%)	Z
Bayas en racimo	10,5	78,9	2,09	32,8*
Bayas sueltas enteras	41,2	8,5	2,69	-12,1*
Bayas sueltas rotas	26,8	2,0	2,12	-11,7*
Jugo	11,8	1,7	1,17	-8,7*
Hojas y escobajos	2,6	5,9	0,93	3,6*
Bayas no recolectadas	2,5	1,8	0,33	-2,0*
Bayas en el suelo	4,7	1,3	0,59	-5,8*
Producción total	100,0	100,0	–	–

*Denota diferencia significativa con 95% de confianza ($P < 0,05$).
$Pman_i$ $Pmec_i$: porcentaje promedio encontrado para la i-ésima variable de calidad (i = 1...8) en cosecha manual y mecánica, respectivamente.
σ_i: desviación estándar de la i-ésima variable de calidad.
Z = Estadígrafo normal estándar.

Cuadro 3. Calificación del vino cosechado mediante cosecha mecánica y cosecha manual. Vendimia 2000
Table 3. Qualification of wines harvested mechanically and manually. Vintage 2000

	Degustador 1	Degustador 2	Degustador 3	Evaluación promedio	σ
Cosecha Manual:					
– Color	4	4	3	3,7	0,5
– Aroma varietal	4	3	3	3,3	0,5
– Intensidad de aroma	4	4	3	3,7	0,5
– Acidez	3	2	2	2,3	0,5
– Cuerpo	2	2	2	2,0	0,0
– Astringencia	2	2	3	2,3	0,5
– Calidad Global	5	5	4	4,7	0,5
Cosecha Mecánica:					
– Color	4	3	3	3,3	0,5
– Aroma varietal	3	3	3	3,0	0,0
– Intensidad de aroma	4	3	3	3,3	0,5
– Acidez	2	3	3	2,7	0,5
– Cuerpo	2	2	1	1,7	0,5
– Astringencia	2	2	2	2,0	0,0
– Calidad Global	5	4	4	4,3	0,5

Escalas: Color y aromas: 1-5 (1 = inaceptable; 5 = excelente).
Acidez, cuerpo, astringencia: 1-3 (1 = pobre; 3 = excesivo).
Calidad global: 1-9 (1 = inaceptable; 9 = excelente).
σ: Desviación estándar de la calificación.

poco significativas, razón por la cual los vinos resultantes pueden considerarse de calidad equivalente.

El Cuadro 4 presenta los parámetros de eficiencia de los dos sistemas de cosecha. Los datos del cuadro son promedios y desviaciones estándar de las 20 mediciones hechas en terreno en los años 1998 y 1999. La velocidad media de la cosechadora fue de 4,1 ± 0,3 km h^{-1}, cifra que es muy alta comparada con los 1,4 a 2,4 km h^{-1}, reportados para Europa para un amplio espectro de máquinas vendimiadoras (Gil, 1990). Esto sugiere que en Chile estas máquinas están trabajando fuera de norma, lo que podría explicar parcialmente la gran proporción de fruta rota, en el suelo y en la parra, reportada en el Cuadro 2. Es interesante destacar que la máquina tiene un 70 ± 6% de eficiencia de trabajo, lo que contrasta con el 54 ± 5% del trabajo manual. Dicho de otro modo, las maniobras dentro de la viña y, en general, los tiempos de espera son entre 24 y un 36% del tiempo total en terreno, lo que contrasta con los tiempos de descanso de los trabajadores manuales, que fluctúan entre 41 y 51%.

Los resultados del Cuadro 4 muestran que una máquina cosecha una hectárea en 1,58 ± 0,18 h, en tanto que la misma hectárea requiere de 110,7 ± 39,6 h de trabajo manual. En España el tiempo efectivo de operación de una vendimiadora es de 2 h ha^{-1} (Gil y Porta, 1993), 26% superior al tiempo empleado en Chile, lo que refuerza la idea que estas máquinas están trabajando fuera de norma.

De las cifras del Cuadro 4 se deduce que una hora de vendimiadora automotriz, funcionando en la forma observada en los predios analizados, reemplaza 70,0 ± 24,6 horas-hombre. Si la vendimiadora trabajara a 2,4 km h^{-1}, máxima velocidad reportada en Europa para una vendimiadora (Gil, 1990), el índice de alimentación se reduciría a 6,25 t h^{-1}, la capacidad efectiva de trabajo disminuiría a 0,37 ha h^{-1} y una hora de vendimiadora reemplazaría a sólo 37,3 horas-hombre.

El precio de una vendimiadora New Holland Braud SB-60 es de casi US$ 130 mil, correspondientes a unos $ 72 millones. La vida útil de esta máquina, según la literatura especializada, es de 8 años, al cabo de los cuales tendría un valor de desecho de aproximadamente $ 17 millones. Es una inversión promedio de unos $ 45 millones, cifra bastante alta para fundos medianos a grandes. El Cuadro 5 presenta la estructura de costos de esta máquina.

Cuadro 4. Parámetros de eficiencia en la cosecha y estimación de la tasa de sustitución de una máquina vendimiadora por trabajo

Table 4. Efficiency parameters in the harvest and estimation of the substitution rate of a mechanical harvester for labor

Parámetro	Cosecha mecánica		Cosecha manual	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Velocidad media de avance, km h^{-1}	4,12	0,25	0,08	0,03
Indice de alimentación, t h^{-1}	10,73	4,34	0,16	0,02
Eficiencia de trabajo, %	70,00	6,00	54,00	5,00
Tiempo efectivo de operación, h ha^{-1}	1,58	0,18	110,71	39,64
Capacidad efectiva de trabajo, ha h^{-1}	0,64	0,08	0,01	0,00
Tasa de sustitución de máquina por trabajo (JH)	–	–	69,99	24,61

Cuadro 5. Precio y estructura de costos de la vendimiadora New Holland Braud SB-60, Turbo 6 CV, año 2000
Table 5. Price and cost structure of the New Holland Braud SB-60 Turbo 6 CV wine grape harvester, year 2000

	Valor
Precio:	
– En dólares	129.776
– En miles de pesos	71.766
Vida útil (años)	8
Costo fijo (miles de pesos)	12.521,63
Costo variable:	
– por hora de trabajo (miles de pesos)	11,54
– por tonelada (miles de pesos)	1,54

Con estas cifras, el costo de operar una máquina propia New Holland Braud SB-60 puede calcularse según la siguiente expresión, en miles de pesos:

$$C_p = 12.521,63 + 1,54\ P$$

Es posible arrendar una máquina por 10 UF por hectárea (Vinicas S. A., Curicó, comunicación personal), lo que, recordando que el índice de alimentación es de 10,73 t h^{-1}, la eficiencia de trabajo 70%, y el tiempo efectivo de operación es de 1,58 h ha^{-1},y aplicando el valor de la UF de agosto 2000, corresponde a $ 13.050 por tonelada. Por otra parte, a los cosechadores manuales se les paga entre $ 7 y $ 9 por kilogramo cosechado, más $ 800 diarios por concepto de movilización y colación. Tomando en cuenta los mismos parámetros que el caso anterior, este tarifado (g) equivale a $ 8.250 y $ 10.250 por tonelada cosechada manualmente. Consecuentemente, los costos de cosecha con máquina arrendada y de cosecha manual son, en miles de pesos:

- Máquina arrendada: $C_a = 13,05\ P$
- Cosecha manual, límite inferior: $C_m = 8,25\ P$
- Cosecha manual, límite superior: $C_m = 10,25\ P$

Usando estas expresiones se calcularon los costos para un amplio espectro de producciones a cosechar, los que se presentan en la Figura 1. Se pueden hacer las siguientes comparaciones: a) el costo de la cosecha manual es siempre menor que el costo de arrendar máquina; b) el costo de operar máquina propia es mayor que el de arrendar cuando las cantidades a cosechar son inferiores a 1.090 t. Por el contrario, con producciones superiores a esta cantidad, equivalentes a unas 90 ha de viña, es menos costoso operar máquina propia que arrendar; c) el costo de una vendimia manual es siempre menor que cosechar con máquina propia, cuando se tienen producciones que fluctúan entre 1.450 y 1.870 t de fruta, equivalentes a 120 y 160 ha respectivamente. Con producciones superiores a estas cifras, es menos costoso cosechar con vendimiadora propia. Según el índice de alimentación y la eficiencia de trabajo registrados en el Cuadro 4, una vendimiadora mecánica cosecha las cantidades indicadas en un plazo de 19 y 25 días respectivamente, trabajando 10 h durante la noche.

Mirado solamente desde el punto de vista del costo, estas cifras permiten concluir que con superficies superiores a aproximadamente 140 ha (promedio de las superficies señaladas en c, párrafo anterior) se justifica adquirir y operar una vendimiadora propia. Por el contrario, superficies inferiores se cosechan en forma más económica recurriendo a la vendimia manual. Por otra parte, si ya se ha optado por mecanizar la faena, entonces la máquina propia queda justificada con superficies superiores a 90 ha de viña; superficies inferiores se cosecharán a menor costo con máquina arrendada.

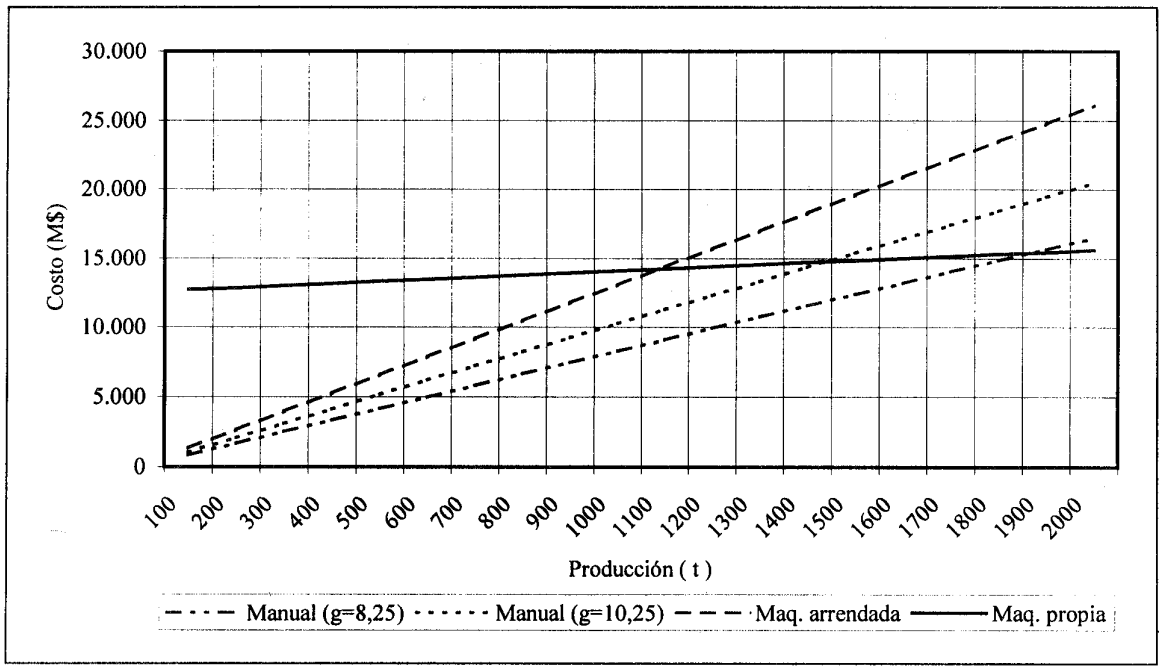

Figura 1. Costos de cosecha con máquina y cosechadores manuales.
Figure 1. Harvesting costs with harvester and hand pickers.

CONCLUSIONES

(a) La cosecha mecánica de uva entrega una menor calidad de materia prima que la cosecha manual. Esto se expresa en una menor proporción de bayas en racimo, mayor proporción de bayas sueltas enteras y rotas, y de jugo, bayas no colectadas y en el suelo, que la que se obtiene en cosecha manual. Los vinos resultantes de ambos sistemas de cosecha son de calidad equivalente, aunque distinguibles por degustadores especializados.

(b) Al ritmo de trabajo observado en los viñedos estudiados, una hora-máquina permite reemplazar 69,99 ± 24,61 horas-hombre. No obstante, la velocidad media de avance observada es considerablemente mayor que la recomendada por la literatura, lo que sugiere que las vendimiadoras estudiadas están trabajando fuera de norma. Si se ajustaran a la norma, la tasa de sustitución sería de 37,3 horas-hombre.

(c) Si el viticultor desea cosechar al menor costo posible, logrará este objetivo recurriendo a cosecha manual sólo si el tamaño del predio es igual o inferior a 140 ha. Con tamaños superiores, la cosecha mecánica con máquina propia es de menor costo que la cosecha manual. Por lo tanto, el tamaño mínimo que justifica la adquisición de una máquina vendimiadora es 140 ha.

LITERATURA CITADA

Barnard, C.S., and J.S. Nix. 1973. Farm planning and control. 549 p. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Benedetti, H. y Gallegos, V. 1983. Aspectos económicos del uso de maquinaria agrícola. El Campesino N° 13. p.12-15.

Castle, E.N., M.H. Becker, and F.J. Smith. 1972. Farm Business Management: The Decision-Making Process. 340 p. 2nd ed. The Macmillan Company, New York, USA.

Gil, J. 1990. Maquinaria para el cultivo y recolección de la vid. 129 p. Mundiprensa, Madrid, España.

Gil, J., y M. Porta. 1993. Mecanización de la vendimia en España. Vitivinicultura 7-8:41-43.

Guerra, B. 1997. Análisis sensorial de tres vinos de la D.O. Ribeira Sacra (Lugo). Viticultura y Enología Profesional 49:5-12.

Hetz, E. 1990. Administración de maquinaria agrícola. 52 p. Universidad de Concepción, Departamento de Ingeniería Agrícola, Chillán, Chile.

Olavarría, J., F. Laurie, y F. Loyola. 2001a. Gestión de calidad en la industria vitívinícola. Parte II: Bodegas de vinificación. Agroeconómico 61: 35-38.

Olavarría, J., Y. Moreno, y G. Yáñez. 2001b. Gestión de calidad en la industria vitivinícola. Parte I: Viñedos. Agroeconómico 60:26-30.

Ough, C., and A. Winton. 1976. An evaluation of the Davis Wine Score Card and individual panel members. Am. J. Enology and Viticulture 27:129-136.

Pandolfi, C., C. Quini, E. Romano, y R. Marziani. 2000. Incidencia de la cosecha mecánica de uva sobre la relación uva/vino. Viticultura y Enología Profesional 68:25-36.

Pergher, G., R. Gubiani, e G. Zoppello. 1994. Confronto fra diversi sistemi di raccolta dell'uva: Capacitá di lavoro e qualitá del prodotto raccolto. Riv. di Ing. Agr. 2:97-104.

Pszczólkowski, P. 1995. La calidad potencial y la calidad de consumo en los productos vitivinícolas. Chile Agrícola 20:314-317.

Spiegel, M.R. 1961. Theory and Problems of Statistics. 359 p. Schaum Publishing Company, New York, USA.