

TASAS DE RIEGO

Los cálculos del presente estudio se efectuaron a partir del riego por goteo, con una eficacia de un 90% en el aprovechamiento del agua.

RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA VID

Una forma para sacar el máximo partido del agua con uso de riego por goteo.

Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo M.Sc.
INIA Intihuasi

El presente artículo pretende entregar indicadores respecto a la posibilidad de ahorrar agua de riego en un parronal. Se ha tratado de simplificar al máximo las fórmulas complejas para facilitar su lectura.

Son múltiples los factores que influyen en la productividad de cualquier especie o variedad. El agua aplicada a través del riego es uno de los más relevantes. No obstante, debe considerarse que diferentes cantidades usadas arrojarán también distintos niveles de producción en las especies que se cultivan.

Con el objetivo de obtener antecedentes sobre la respuesta productiva del cultivo de la vid, en función del riego, se llevó a cabo una investigación en el Centro Experimental Vicuña del INIA (ubicado

en la ciudad del mismo nombre), en la provincia de Elqui, Región de Coquimbo. En ella se utilizó el cultivar Flame Seedless para el estudio de la respuesta productiva, sometiéndolo a cuatro tasas de riego o, en otros términos, a cuatro diferentes volúmenes de agua aplicados en la temporada. Las distintas cantidades totales de agua se suministraron vía riego por goteo, al que se le asigna un 90 por ciento de eficiencia; es decir, de un total de 100 litros de agua aplicada, 90 son aprovechados por el cultivo. Los tratamientos ensayados se controlaron sobre la base del siguiente criterio de aplicación de agua: 100; 50; 25; y 12,5 por ciento de la evapotranspiración del cultivo.

La evapotranspiración (ET), o demanda de agua del cultivo, fue determinada tomando como base la evaporación de bandeja clase A. El ensayo se mantuvo por tres temporadas, logrando obtener pares de valores de riego y producción en cada una (Cuadro 1). También se logró como resultado la curva de respuesta productiva (curva de productividad), en función del agua (Figura 1).

Una función de producción es la relación existente entre la cantidad de recursos usados en el proceso productivo y la cantidad de producto obtenido en una unidad de tiempo. En términos generales, una función de producción puede ser expresada de la siguiente manera:

$$q = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

Donde q representa el número de unidades del bien que se produce y X_1, X_2, \dots, X_n , el número de unidades de los diferentes factores (insumos) empleados.

En este caso —productividad de la vid en función del riego— no es otra cosa que las diferentes cantidades de producto q ó PT (PT = producción total por hectárea) que se obtienen cuando se varía el volumen de agua de riego, permaneciendo constantes otros insumos. De esta forma, la productividad se convierte, solamente, en una función de R (volúmenes de agua de riego en m³/ha).

En este caso, la curva promedio de la Figura 1 es expresada por la siguiente fórmula, que se deriva de los resultados del ensayo:

$$PT = (-6,75 \times 10^{-7} \times R^2) + (7,50 \times 10^{-3} \times R) - 4,63$$

Donde PT = producción total de la vid en ton/ha y R = volumen de agua de riego en m³/ha.

Al reemplazar el valor de R con distintos volúmenes de agua de riego se puede determinar la producción de la vid, cv. Flame Seedless para una cierta cantidad de agua aplicada.

Existe un momento en que se saca la mayor producción por cada metro cúbico de agua aplicado.

Productividad máxima

En términos prácticos, al productor le interesa obtener una producción máxima con la mínima cantidad de insumos, en este caso riego. Para encontrar el máximo de productividad o producción total por hectárea (máximo de PT o MPT), debemos buscar el punto en que la productividad marginal (P', concepto que

se verá más adelante) sea nula (P' = 0). Matemáticamente esto se da calculando la primera derivada de PT e igualándola a cero. Efectuados los cálculos, de acuerdo a los resultados del ensayo, se obtiene que la cantidad mínima de insumo —agua— necesaria para alcanzar la producción máxima de la vid, es de 5.555 metros cúbicos por hectárea.

Para calcular la máxima-producción total por hectárea (MPT), basta sustituir el valor de R = 5.555 m³/ha en la función de productividad total y realizar los cálculos:

$$PT = (-6,75 \times 10^{-7} \times 5.555^2) + (7,50 \times 10^{-3} \times 5.555) - 4,63 = 16,2$$

Luego, MPT = 16,2 ton/ha.

Es decir, con un volumen de agua aplicada, vía riego por goteo, de 5.555 m³/ha, se logra la máxima producción total del cultivo, alcanzándose 16,2 ton/ha, o sea,

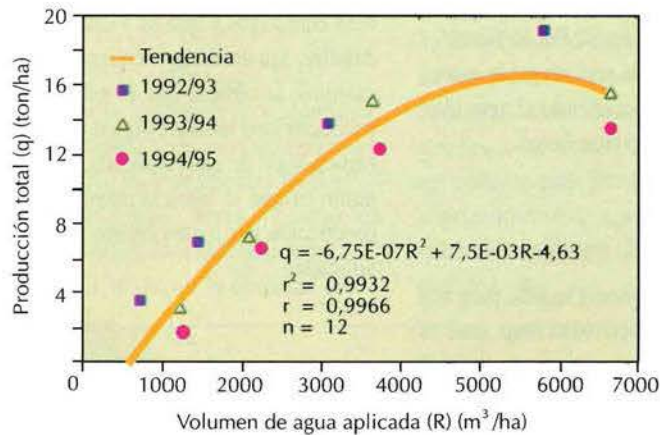


Figura 1. Función de producción de la vid cv. Flame Seedless. Agua aplicada vs. producción.

Cuadro 1

Volúmenes de agua aplicada (m³/ha) y producción total (ton/ha) en vides cv. Flame Seedless*

Riegos % aplicado según ET (**)	Temporada 1992/93		Temporada 1993/94		Temporada 1994/95		Promedio	
	Agua apl. m ³ /ha	Prod. tot. ton/ha	Agua apl. m ³ /ha	Prod. tot. ton/ha	Agua apl. m ³ /ha	Prod. tot. ton/ha	Agua apl. m ³ /ha	Prod. tot. ton/ha
100	5.789	18,96	6.603	15,63	6.640	13,42	6.344	16,00
50	3.057	13,54	3.637	15,03	3.750	12,38	3.481	13,65
25	1.433	6,88	2.102	7,24	2.210	6,66	1.915	6,93
12,5	716	3,52	1.192	3,22	1.250	1,58	1.053	2,77

*Densidad de plantación: 952 plantas/ha (3,5 x 3 m).

**Evapotranspiración del cultivo.

Cuadro 2

Productividad total (PT), productividad media (PM) y productividad marginal (P') para diferentes niveles de riego en el cultivo de la vid cv. Flame Seedless

Riego (m ³ /ha)	PT (ton/ha)	PM (kg/m ³)	P' (kg/m ³)
656	0,00	0,00	6,61
1.000	2,20	2,20	6,15
2.000	7,67	3,84	4,80
2.619	10,38	3,96	3,96
3.000	11,80	3,93	3,45
4.000	14,57	3,64	2,10
5.000	16,00	3,20	0,75
5.555	16,20	2,92	0,00
6.000	16,07	2,68	-0,60
7.000	14,79	2,11	-1,95

1.976 cajas/ha de 8,2 kg.

De este resultado se desprende que en una zona de características climáticas y de suelos similares a la de Vicuña —particularmente para el cultivar Flame Seedless—, aplicaciones de agua más allá de 5.555 m³/ha no aumentan significativamente la producción de vid de mesa de exportación. Por lo tanto, toda agua adicional será un gasto extra en el que estará incurriendo el agricultor, que no le reportará beneficios sustanciales.

Productividad media

La productividad media indica, para una determinada productividad total, cuál es la producción que se obtiene por unidad de riego aplicada; es decir, cuál es el efecto en la producción de la aplicación de una unidad de riego. La productividad media (PM) se puede obtener dividiendo la producción/ha por la cantidad de riego (R):

$$PM = \frac{PT}{R}$$

Luego, reemplazando con los valores obtenidos en este estudio, tenemos que:

$$PM = \frac{16.200}{5.555} = 2.9 \text{ kg/m}^3$$

Es decir, cada metro cúbico de agua aplicada sirvió para producir 2,9 kg de uva.



Por su parte, el máximo de la productividad media se determina por una serie de cálculos matemáticos, más bien complejos y que no viene al caso detallar. Sin embargo, realizados esos cálculos, se obtiene que el máximo de la productividad media es igual a 3,9 kg de fruta por m³ de agua aplicada. Este es el punto en que se logra la mayor producción por metro cúbico de agua aplicada.

Para lograr esta alta eficiencia de conversión en el cultivo de la vid, sólo basta aplicar 2.619 m³ de agua por hectárea, a través del sistema de riego por goteo, durante todo el desarrollo del cultivo durante una temporada. Con este volumen de agua aplicado se obtiene una producción total de uva de 10,38 ton/ha, que está por debajo del potencial del cultivo. Para alcanzar ese potencial habrá que aplicar proporcionalmente una

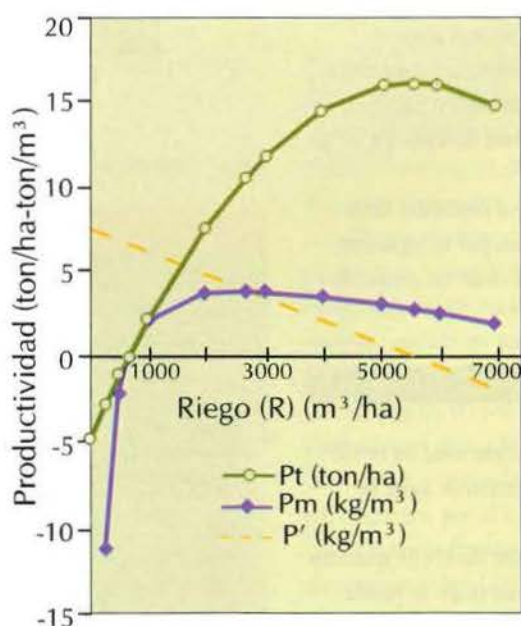
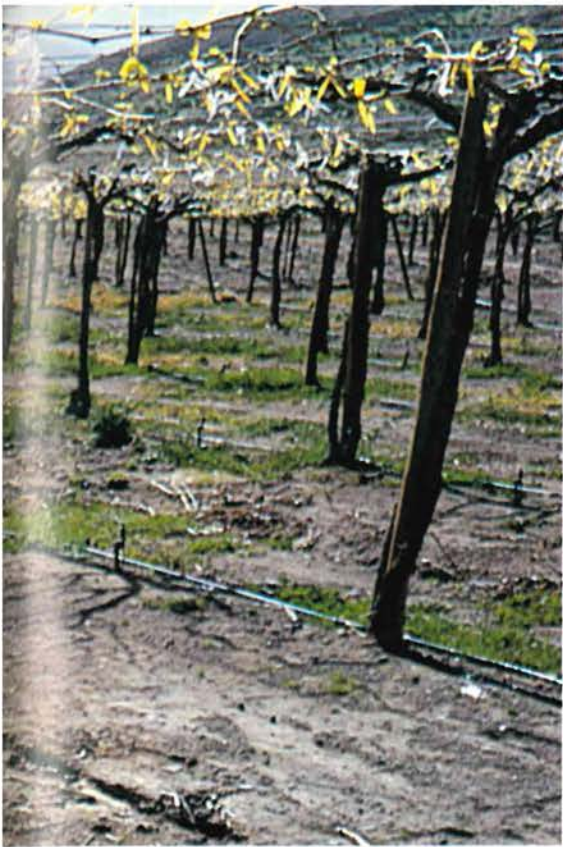


Figura 2. Curvas de productividad total (PT), productividad media (PM), productividad marginal (P'), de la vid cv. Flame Seedless.



Durante tres temporadas se evaluó el impacto de aplicar distintos volúmenes de agua en un parronal de Flame Seedless.

cantidad de agua mucho mayor: las vides producirán más, pero de una manera menos eficiente en el uso del agua.

Esta información puede ser de particular interés, sobre todo para aquellos agricultores que están sufriendo los embates de una sequía, ya que con el suministro de sólo 2.619 m³/ha de agua (un poco menos de la mitad del agua que se necesita para la máxima producción/ha) es posible alcanzar niveles importantes de producción, debido a la alta eficiencia natural de aprovechamiento de agua por parte de la vid.

Cabe destacar que no todos los frutales responden de la misma manera a la falta de agua. De este modo, si bien con la mitad del suministro óptimo de agua la vid obtiene cerca de un 65% del total de uva que puede alcanzarse, es posible que algunas especies lleguen a morir al aportarles sólo la mitad del agua requerida para su producción óptima.

Productividad marginal

Por definición, la productividad marginal es la variación de la cantidad producida frente a un cambio unitario en la variable independiente. Para el caso de este estudio, sería el cambio en la producción de la vid frente a un cambio de 1 m³/ha en la cantidad de

riego. En términos matemáticos, es la primera derivada parcial de PT con respecto a R.

$$P' = \frac{dPT}{dR}$$

El máximo de la productividad marginal no tiene valor conocido, pues la función de producción marginal es una línea recta que crece hacia el infinito negativo (Figura 2). En el caso del presente estudio, para riegos inferiores a 656 m³/ha, la producción es matemáticamente negativa. Pero en la vida real eso no puede suceder, por lo que se asimila a cero. Así, desde cero hasta los 656 m³/ha no habría variación alguna en la producción frente a aumentos en la cantidad de agua. El primer metro cúbico por sobre los 656 m³/ha produciría una variación de 6,61 kg/m³ en la producción, que sería la mayor variación que se produciría en el rango válido (Cuadro 2).

Investigaciones como la desarrollada permiten definir una serie de parámetros que son de gran utilidad para los agricultores ante problemas de abastecimiento de agua o frente a una situación tan difícil como es una sequía extrema. ▲