

**RELACIONES HIDRICAS DE LA VID, BAJO DIFERENTES NIVELES DE
RIEGO, USANDO GOTEO, ASPERSION Y SURCOS. I.
EVAPOTRANSPIRACION Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA¹**

**Plant—water relations in grapevines, under different irrigation levels, using
drip, sprinkler and furrow irrigation. I. Evapotranspiration and
water use efficiency**

Juan Tosso T.² y Juan José Torres P.³

S U M M A R Y

Effects of four levels of water application, using class A pan evaporation (EB) as a reference, and three methods of irrigation, were studied in grapevine, in the Elqui Valley (IV Region). Coefficients used for EB were: 0.2; 0.5; 0.8 and 1.1, and the irrigation methods considered were: drip, sprinkler and furrows. An important deficit of soil water was produced during long periods of time, when the amount of applied water was 0.2 EB, with the three irrigation methods.

Water needs of grapevines were satisfied by applying 0.5 EB, with all the irrigation methods, through the growing season. Drip irrigation used between 50 and 60% less water than the sprinkler and furrows methods; however, similar yields were obtained for equivalent treatments.

Water use efficiency was always higher for drip irrigation, with which up to 60 kg of grapes/mm of water applied were obtained.

INTRODUCCION

El Valle del Elqui, uno de los tres principales valles de la IV Región, posee sólo un 7,8% (± 26.500 ha) de su superficie cultivable bajo canal; sin embargo, la economía local, relativa al sector agropecuario, está basada exclusivamente en sus áreas regadas, puesto que la escasa pluviometría (menos de 100 mm por año), exige un suministro adicional de agua, para satisfacer la demanda de los cultivos (Lanas y Galleguillos, 1979).

La vid (*Vitis vinifera*), principal cultivo del valle, se riega tradicionalmente por surcos rectos o en curvas a nivel, con eficiencias que oscilan alrededor del 50% (Lanas y Galleguillos, 1979). En trabajos comparativos de métodos de riego, se ha demostrado que, bajo

condiciones normales de crecimiento, el riego por goteo puede mantener e incluso aumentar, tanto el vigor de la planta como la producción y la calidad de la uva, usando menos agua, que al regar por aspersión o surcos (Lavín y Sotomayor, 1984; Peacock y otros, 1977; Stevenson, 1982). Smart, Turkington y Evans (1974) encontraron que, al regar diariamente por goteo y aplicando una tasa de 0,4 de la evaporación de bandeja clase A, se obtenían similares rendimientos que al regar por surcos, con un coeficiente de 0,5. Sin embargo, al regar diariamente por goteo con un coeficiente de 0,2, el rendimiento disminuía en un 16%. Se señaló que uno de los principales beneficios del riego por goteo es aumentar la eficiencia en el uso del agua (Peacock y otros, 1977).

Los objetivos del presente trabajo fueron comparar el uso de varios coeficientes de evaporación de bandeja clase A, para el riego de la vid, usando goteo, aspersión y surcos. Además, estimar los coeficientes hídricos del cultivo de la vid y la eficiencia en el uso del agua.

¹ Recepción de originales: 6 de junio de 1985

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 439/3, Santiago, Chile.

³ Avda. Lo Plaza 1090, depto. 42, Ñuñoa, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la Subestación Experimental Vicuña (INIA), ubicada en la IV Región de Coquimbo, provincia de Elqui, comuna de Vicuña.

Se empleó el cultivar Moscatel Rosada, plantado en 1974, a 3,5 x 3,5 m y conducido en parronal español. La producción fue destinada a la elaboración de pisco. El suelo, de origen aluvial reciente, posee una textura franco arenosa y una profundidad efectiva promedio de 60 cm. Anteriormente, se regaba por surcos y fertilizaba con urea, en dosis de 90 u. de N por ha. Durante el ensayo, se continuó con el programa de fertilización, adaptándose a cada método de riego.

Para los métodos de riego por goteo y por aspersión, se utilizó un equipo que aprovecha la energía gravitacional proporcionada por un estanque ubicado a 40 m por sobre el nivel del cabezal de control de riego.

Para el riego por goteo, se utilizó goteros tipo laberinto, con una descarga de 4 lt/hr, a una presión de 1,1 atm. Para el riego por aspersión, se empleó microaspersores, con una descarga de 130 lt/hr, a una presión de 2,0 atm. Para el riego gravitacional, se trazaron cuatro surcos rectos por cada hilera de plantas, dos a cada lado, de 30 m de largo y con una pendiente no mayor a 1º/o; el caudal por surco fue de 0,2 lt/seg.

Los tratamientos consistieron en aplicar cuatro alturas de agua, con referencia a la evaporación de bandeja clase A (EB), acumulada entre riegos (0,2 EB; 0,5 EB; 0,8 EB; y 1,1 EB). Estas cantidades de agua, divididas por la tasa de aplicación de cada método usado (mm/hr), daban los tiempos de riego a aplicar en cada tratamiento. Invertiendo esta operación, se obtienen las alturas de agua aplicadas en cada riego. Los tratamientos quedan expresados en milímetros de agua aplicados durante la temporada de crecimiento de la vid en Elqui (entre brotación y cosecha, aproximadamente 190 días).

En los tratamientos dados por goteo, se incorporó un coeficiente de área (Pa), para expresar las distintas etapas de desarrollo de la vegetación durante la temporada y que varió entre un 20 a un 60º/o del área comprendida entre plantas (12,25 m²).

En el Cuadro 1 se presentan los tratamientos de riego para cada método y para las temporadas 1980/81 y 1981/82.

El experimento se dispuso en bloques completos al azar, de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, independiente para cada método de riego. Cada repetición estaba compuesta de cuatro hileras

CUADRO 1. Tratamientos de riego en dos temporadas, 1980/81 y 1981/82

TABLE 1. Irrigation treatments during the two growing seasons, 1980/81 and 1981/82

Trat.	Factor bandeja ¹	Agua aplicada (mm)	
		1980/81	1981/82
Riego por goteo, aplicado diariamente			
G1	0,2	232	163
G2	0,5	414	392
G3	0,8	606	631
G4	1,1	797	871
Riego por aspersión, aplicado cada 2 días			
A1	0,2	406	422
A2	0,5	863	1.053
A3	0,8	1.310	1.685
A4	1,1	1.764	2.315
Riego por surcos, aplicado cada 7 días			
S1	0,2	587	489
S2	0,5	1.087	1.215
S3	0,8	1.687	1.947
S4	1,1	2.274	2.679

¹ Factor aplicado a la evaporación desde la bandeja clase A, entre brotación y cosecha de la vid, para determinar altura de agua a aplicar.

de nueve plantas cada una. Las mediciones se efectuaron en las dos hileras centrales.

La EB se obtuvo diariamente de la Estación Meteorológica de la Subestación Experimental Vicuña (30º 02' lat S y 70º 44' long W).

La evapotranspiración actual (Eta) se estimó a partir de los coeficientes K para el cultivo de la vid proporcionados por Tosso (1974) (Cuadro 2), según la relación $Eta = EB \times k$, donde: Eta = evapotranspiración actual del cultivo de la vid en mm/tiempo; K = coeficiente del cultivo, que varía de acuerdo al estado de desarrollo (sin unidades); y EB = evaporación de bandeja clase A, en mm/tiempo.

El contenido de humedad del suelo fue controlado mediante tensiómetro ubicados a diferentes profundidades (15, 30 y 60 cm), los que se correlacionaron previamente con resultados obtenidos gravimétricamente. Estas mediciones se realizaron sistemáticamente, en todos los tratamientos durante la temporada 1981/82. En el Cuadro 3 se presenta la caracterización física del suelo.

Las constantes hídricas del suelo fueron:

Velocidad de infiltración = $9,01 T^{-0,18}$ (cm/hr); $r^2 = 0,97$.

CUADRO 2. Coeficientes de cultivo (K), evapotranspiración estimada (Eta) y evaporación de bandeja (EB) en diferentes etapas de desarrollo de la vid

TABLE 2. Crop coefficient (K), estimated evapotranspiration (Eta) and pan evaporation (EB), at different stages of growth of the grapevine

Desarrollo del cultivo (°/o)	K (Tosso, 1974)	EB (mm)	Eta (mm)	K obtenidos en el ensayo
10	0,10	118,8	11,88	0,15
20	0,25	137,4	34,35	0,30
30	0,40	160,4	64,16	0,40
40	0,60	183,1	109,86	0,55
50	0,60	196,8	118,10	0,60
60	0,55	195,4	107,47	0,55
70	0,45	194,3	87,44	0,45
80	0,30	153,8	46,14	0,35
90	0,10	131,2	13,12	0,15
Total		1471,2	592,5	

CUADRO 3. Caracterización física del suelo¹

TABLE 3. Fisical characterization of the soil

Estrata (cm)	C.C. °/o	P.M.P. °/o	D.a. (g/cc)	Humedad aprovechable (mm/30 cm)
0-30	15,1	9,3	1,68	29,2
30-60	10,7	6,7	1,71	20,4
60-90	14,1	6,7	1,60	35,4

¹C.C. = capacidad de campo; P.M.P. = punto de marchitez permanente; D.a. = densidad aparente.

Infiltración acumulada = $0,18 T^{0,82}$ (cm); T min.

Velocidad de infiltración básica = 4,1 cm/hr.

Para estimar la Eta en cada tratamiento dado por goteo, se consideró que la totalidad del agua aplicada era utilizada por la planta, ya que las pérdidas por evaporación, escurrimiento superficial y percolación profunda fueron mínimas o despreciables.

En riego por aspersión, las mayores pérdidas se produjeron por percolación profunda. Estas se estimaron a partir de un balance que consideraba el agua aplicada, la Eta para la vid en Vicuña y la capacidad de retención de humedad del suelo. Al aplicar una determinada cantidad de agua y descontar lo utilizado por la planta según la Eta para ese período, se comparaba el excedente, si lo había, con la capacidad de retención de humedad del suelo y si era mayor que ésta, se consideraba como pérdida por percolación profunda.

En riego por surcos, las mayores pérdidas fueron por escurrimiento superficial, las que se midieron volumétricamente a la salida de los surcos. Se consideró que

el agua efectivamente infiltrada en el suelo era utilizada por el cultivo, al no observarse pérdidas cuantificables por percolación profunda.

Se determinó la producción de uva por planta (kg/planta), considerando el racimo completo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Evapotranspiración de la vid y sus relaciones con la evaporación de bandeja y el agua aplicada en los tratamientos de riego

A objeto de evaluar la oportunidad de los riegos efectuados durante la temporada 1981/82, se graficó la evolución de la Eta de la vid, la EB, la altura de agua en cada tratamiento. No fue posible realizar esta evaluación para la temporada 1980/81, por no contarse con todos los datos necesarios. En la Figura 1 se muestran los resultados para los tratamientos dados por goteo. Se observa que los tratamientos de riego no siguieron la tendencia de la curva de la Eta.

Los tratamientos G1 y G2, no lograron cubrir la necesidad total de agua durante la temporada, que alcanzó a los 592 mm. Los tratamientos G3 y G4, a pesar de cubrir la necesidad total de agua en la temporada (con 630 y 800 mm, respectivamente), no tuvieron una adecuada distribución en las distintas etapas de desarrollo de la vid, no coincidiendo la época de mayor demanda con la mayor aplicación de agua. En general, esto se debió a la incorporación en el cálculo de los tiempos de riego, de un coeficiente dinámico, que representaba el desarrollo de la vegetación en términos de área sombreada (Pa). En consideración a lo observado, el uso de este coeficiente no es una práctica recomendable, ya que provoca una desuniformidad en

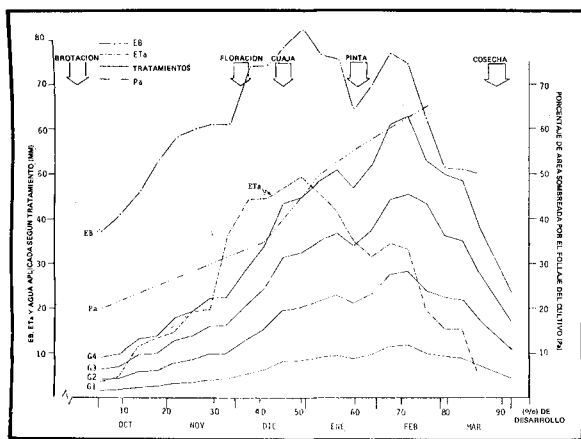


FIGURA 1. Evaporación de bandejas (EB), evapotranspiración actual estimada (ETa) y agua aplicada en los tratamientos de goteo (promedio de 8 días), en la temporada 1981/82.

FIGURE 1. Pan evaporation (EB), estimated actual evapotranspiration (ETa) and water applied in the drip irrigation treatments, in season 1981/82.

la oportunidad de los riegos, quedando períodos críticos sin un aporte de agua suficiente. No obstante, puede ser importante al momento de diseñar un sistema de riego por goteo, para plantas recién en desarrollo.

Por otra parte, de las lecturas tensiométricas registradas a través de la temporada, a distintas profundidades (15, 30 y 60 cm) y en cada tratamiento, se pudo comprobar que el riego por goteo permite mantener altos potenciales de agua en el suelo, aun cuando la cantidad de agua aplicada sea pequeña. En la estrata de 80 cm de suelo, las tensiones aumentaron de -10 a -35 centibares, en promedio. Similares resultados han registrado varios investigadores (Bernstein y Francois, 1973; Golber, Rinot y Karu, 1971; Peacock y otros, 1977), quienes señalan que las aplicaciones de pequeñas cantidades de agua en forma constante, contribuyen a mantener un elevado contenido de humedad en la zona de las raíces del cultivo, lo que redundará en la obtención de una alta producción, de óptima calidad.

En los tratamientos de riegos aplicados por aspersión (Figura 2), sólo el tratamiento A1 no alcanzó a cubrir totalmente las necesidades de agua del cultivo. En diciembre-enero, las diferencias entre la ETa y el agua aplicada en dicho tratamiento fueron alrededor de 20 mm de déficit. Los restantes tratamientos cubrieron totalmente las necesidades de agua y su distribución, a través de la temporada, fue coincidente con la ETa de la vid, no registrándose períodos de déficit. Al contrario, los tratamientos A3 y A4 fueron notoriamente excesivos para la demanda real del cultivo (ETa) registrándose sobre 40 a 60 mm de exceso, durante la

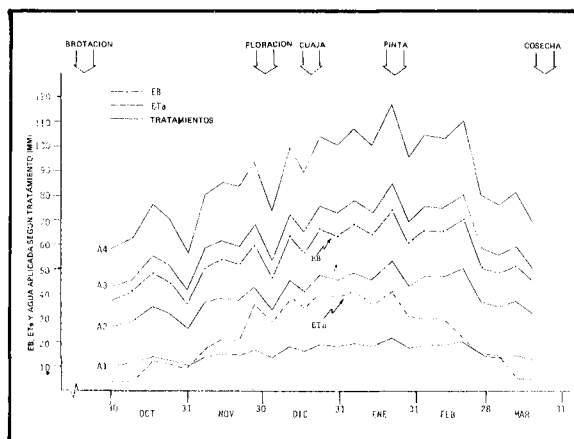


FIGURA 2. Evaporación de bandeja (EB), evapotranspiración actual estimada (ETa) y agua aplicada en los tratamientos por aspersión (promedio de 8 días), en la temporada 1981/82.

FIGURE 2. Pan evaporation (EB), estimated actual evapotranspiration (ETa) and water applied in the sprinkler irrigation treatments, in season 1981/82.

época de mayor demanda. En general, esto se debe a la alta frecuencia de riego utilizada para el método (cada 2 días). En estos tratamientos se produjo una importante pérdida de agua por percolación profunda, más allá de la zona con mayor densidad de raíces (20 a 60 cm de profundidad).

En los tratamientos dados por surcos, se utilizó el agua efectivamente infiltrada en el suelo y que quedaba a disposición de las plantas. Esta representa un 40 a 50% del total aplicado (Figura 3). Se comprobó que los tratamientos con mayor altura de agua y que,

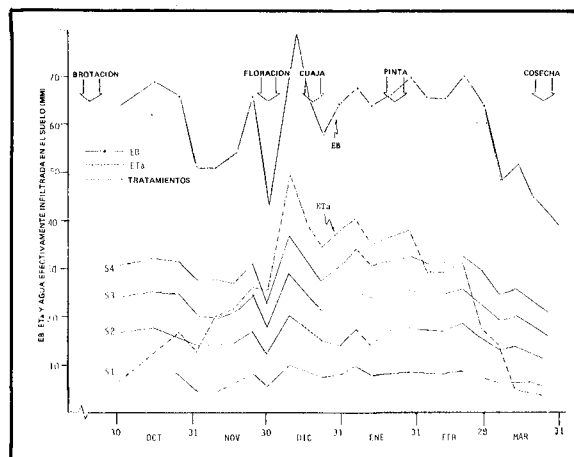


FIGURA 3. Evaporación de bandeja (EB), evapotranspiración actual estimada (ETa) y agua efectivamente infiltrada en el suelo, en los tratamientos por surcos, en la temporada 1981/82.

FIGURE 3. Pan evaporation (EB), estimated actual evapotranspiration (ETa) and amount of water infiltrated into the soil, through furrow irrigation treatments, in season 1981/82.

por lo tanto, tuvieron un mayor tiempo de riego, presentaban las menores eficiencias en la aplicación de agua. Se observa que en los tratamientos con mayor tasa de riego (S3 y S4) existieron períodos de déficit de agua, debido principalmente a las grandes pérdidas por escurrimiento superficial, que tiene este método.

Coefficientes de cultivo

Los coeficientes de cultivo utilizados para la estimación de la evapotranspiración de la vid proporcionados por Tosso (1974), son valores teóricos obtenidos computacionalmente. En el Cuadro 2 se presentan los valores para el coeficiente de cultivo calculados en base a los datos obtenidos en el ensayo. Aunque la metodología no es la más exacta, especialmente la estimación de la evapotranspiración para cada tratamiento, al carecer de lisímetros, los coeficientes así calculados se consideran de utilidad para futuras investigaciones, que podrán confirmarlos o corregirlos más precisamente.

Eficiencia en el uso del agua

En la Figura 4 se muestran las eficiencias en el uso del agua obtenidas para cada tratamiento y método de riego, en términos de la producción de uva/mm aplicado, en la temporada 1981/82. Se observa una relación inversa entre la eficiencia y la tasa de riego, o sea, el agua total aplicada por cualquier método. Los tratamientos de riego dados por goteo presentaron las

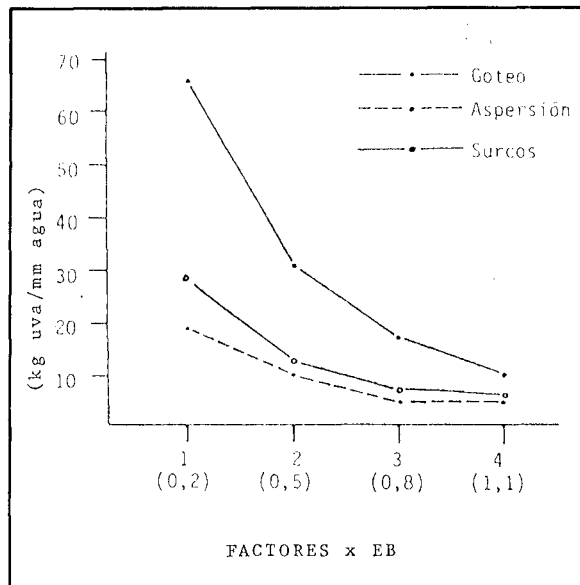


FIGURA 4. Eficiencia en el uso del agua (kg uva/mm agua aplicada), con tres métodos de riego y cuatro tratamientos, temporada 1981/82.

FIGURE 4. Water use efficiency with three different irrigation methods and four irrigation treatments, season 1981/82.

mayores eficiencias, llegando a producir hasta 60 kg de uva/mm de agua.

Este resultado coincide con los encontrados por Peacock y otros (1977) y Smart y otros (1974), quienes señalan que uno de los principales beneficios del riego por goteo, es precisamente aumentar la eficiencia en el uso del agua. Esto, debido principalmente a que se reducen notablemente las pérdidas por percolación profunda, evaporación y escurrimiento superficial.

Los tratamientos de riego dados por aspersión presentaron las menores eficiencias, debido a la alta frecuencia utilizada en este método (cada dos días), la que provocó una excesiva aplicación de agua durante la temporada.

Por otra parte, la relación inversa entre la eficiencia en el uso del agua y la cantidad aplicada, deja de manifestarse la necesidad de determinar más precisamente la tasa óptima de riego, que permita mantener una elevada producción sin una pérdida excesiva del recurso agua, tan vital para una zona como el Valle de Elqui.

CONCLUSIONES

- el riego por goteo permitió mantener altos niveles de humedad en el suelo, excepto cuando se utilizó el coeficiente de bandeja 0,2.
- el coeficiente de área utilizado para el riego por goteo provocó una desuniforme distribución de los riegos a través de la temporada, no coincidiendo con la evolución de la demanda evapotranspirativa.
- al usar un coeficiente de bandeja de 0,5 y regar por aspersión, se cubrieron las necesidades de agua de la vid y al usar 0,8 ó 1,1, se produjeron considerables pérdidas por percolación profunda.
- al aumentar el tiempo de riego por surcos, se redujo en forma proporcional la eficiencia de aplicación de agua.
- el riego por goteo, a pesar de usar un 55 y 60% menos agua que el riego por aspersión y por surcos, respectivamente, mantuvo la producción de la vid.
- la eficiencia en el uso del agua estuvo en relación inversa a la cantidad de agua aplicada.
- la eficiencia en el uso del agua fue siempre mayor en los tratamientos de riego dados por goteo, obteniéndose hasta 60 kg de uva/mm de agua aplicado.

RESUMEN

En la Subestación Experimental Vicuña (INIA), se evaluaron cuatro coeficientes de bandeja (0,2; 0,5; 0,8 y 1,1) para el riego de la vid, en una zona árida sobre un suelo franco arenoso. Los coeficientes se probaron a través de tres métodos de riego: surcos, aspersión y goteo.

Al regar con 0,2 de la evaporación de bandeja clase A, con cualquier método de riego, se producen largos períodos de déficit de agua, especialmente a partir de la floración en adelante. Utilizando el coeficiente 0,5 con cualquier método, se cubren las necesidades de la

vid, evitando pérdidas de agua por percolación profunda. El riego por goteo mantiene la producción de la vid, utilizando un 55 y 60% menos agua que el riego por aspersión y por surcos, respectivamente. Además contribuye a mantener altos niveles de humedad en la zona del suelo donde se concentran las raíces de la vid.

Se obtuvieron las mayores eficiencias en el uso del agua, al utilizar riego por goteo, obteniéndose hasta 60 kg de uva/mm de agua aplicada.

LITERATURA CITADA

- BERNSTEIN, L. and FRANCOIS, L.E. 1973. Comparison of furrow and sprinkler irrigation. *Soil Sci.* 115 (1): 73–86.
- GOLDBERG, S.D.; RINOT, M.; and KARU, N. 1971. Effect of irrigation intervals on distribution and utilization of soil moisture in a vineyard. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35 (1): 127–130.
- LANAS, G. y GALLEGUILLOS, J. 1979. Estudio de necesidades de agua y eficiencia de riego en el Valle de Elqui. Estación Experimental La Platina (INIA)—Dirección General de Aguas. Santiago, Chile. 96 p.
- LAVIN, A. y SOTOMAYOR, J.P. 1984. Riego por goteo sobre dos tipos de viñedos cv. País, en el interior de Cauquenes. I. Efectos sobre la producción y crecimiento de las plantas. *Agricultura Técnica (Chile)* 44 (1): 15–20.
- PEACOCK, W.L.; ROLSTON, D.E.; ALJIBURY, F.K.; and RAUSCHKOLB, R.S. 1977. Evaluating drip, flood and sprinkler irrigation of wine grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 28 (4): 193–195.
- SMART, R.E.; TURKINGTON, C.R.; and EVANS, J.C. 1974. Response to furrow and trickle irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.* 25 (2): 62–66.
- STEVENSON, D.S. 1982. Growing wine grapes under trickle irrigation. *Can. Agr.* 27 (2): 35–37.
- TOSSO, J. 1974. Nueva fórmula para la determinación de evapotranspiración en Chile. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental La Platina. 10 p.