

Riego por goteo en las principales hortalizas en San Carlos, Mendoza.

Lipinski V. M.¹ y S. Gaviola ²

(1) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Casilla 8 (5567), Mendoza. E-mail: vlipinski@laconsulta.inta.gov.ar

(2) Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Alte. Brown 500 (5505), Chacras de Coria, Mendoza

RESUMEN: A medida que el costo del agua se incrementa, el uso eficiente de la misma será determinante del éxito económico del cultivo. El uso del riego por goteo en hortalizas va aumentando constantemente pero se desconocen las demandas de los principales cultivos hortícolas en esta nueva modalidad de riego para la región. El objetivo fue estudiar el efecto de diferentes láminas de riego en sistemas de goteo sobre las principales hortalizas cultivadas en la provincia de Mendoza a fin de ajustar los coeficientes de cultivo. Las especies ensayadas fueron ajo, tomate, cebolla, pimiento, zanahoria y zapallo. Los tratamientos establecidos fueron: R_2 : igual a la ET_c (según los k_c de referencia), R_1 : tratamiento deficitario que variaba entre 0,6 y 0,8 de R_2 , y R_3 exceso de agua, con una lámina entre 1,2 a 1,4 veces mayor que R_2 . En el caso del ajo colorado se obtuvo el máximo rendimiento 18,5 t ha⁻¹ con una lámina de 746 mm correspondiente al R_2 , más 267 mm de precipitación efectiva (PPef). La ecuación ajustada en este caso fue cuadrática lo que permitió determinar la lámina que maximiza los rendimientos. Los k_c elegidos se ajustaron a las necesidades del cultivo. El tomate tuvo un rendimiento máximo de 98,6 t ha⁻¹ con una lámina de 576 mm más 101 mm de PPef, ajustándose también una ecuación cuadrática. En cebolla el rendimiento máximo obtenido de 52 t ha⁻¹ se obtuvo con 793 mm más 87 mm de PPef, ajustándose en este caso una ecuación lineal, lo que indicaría que los coeficientes elegidos fueron subestimados y deberían ser incrementados. En pimiento cuatro cascos se obtuvo un máximo de 58 t ha⁻¹ con 933 mm, más 128 mm de PPef, cuando se trabajó en un distanciamiento de 1,40 m entre hileras, mientras que con un distanciamiento de 0,80 el máximo obtenido fue de 52 t ha⁻¹ con 674 mm más 148 mm de PPef. En el primer caso el ajuste fue lineal mientras que en el segundo el ajuste fue cuadrático. En zanahoria se obtuvo un rendimiento de 85 t ha⁻¹ con una lámina 936 mm, más 184 mm de PPef, siendo el ajuste lineal. Por último en zapallo tipo butternut, se obtuvo un rendimiento de 52 t ha⁻¹ con una lámina de 533 mm más 159 mm de PPef, siendo el ajuste lineal lo que indicaría que se pueden obtener mayores rendimientos con mayores láminas de riego.

Palabras claves: riego goteo, hortalizas, láminas de riego

Introducción

El agua ha jugado un papel esencial en el proceso evolutivo y cultural del hombre. El control de las fuentes de agua en áreas donde las lluvias no son suficientes involucra el desarrollo de complejos sistemas de riego en los cuales el conocimiento de los factores involucrados como son el suelo, los requerimientos de agua de los cultivos y los problemas de salinidad constituyen la base de la funcionalidad del sistema y su desconocimiento puede conducir a desastres ecológicos. A medida que el costo del agua se incrementa, el uso eficiente de la misma será determinante para el éxito económico del cultivo. Se sabe que el riego por goteo es una alternativa tecnológica para lograr mejorar el uso del agua.

Pero tanto el defecto como el exceso de riego que provoca condiciones de anaerobiosis y lavado de nutrientes, determinan que el sistema puede ser menos eficiente que el riego tradicional por surco.

Como se desconocen las demandas hídricas de los principales cultivos hortícolas en esta nueva modalidad de riego para la región, el objetivo fue estudiar el efecto de diferentes láminas de riego en sistemas de goteo sobre las principales hortalizas cultivadas en la provincia de Mendoza a fin de ajustar los coeficientes de cultivo y lograr una mayor eficiencia de uso del agua.

Comentario [EDAFO1]: Redactar de otra forma no se entiende .

Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria ubicada en La Consulta, San Carlos, Mendoza, Argentina, (EEA – INTA La Consulta), 33° 42' latitud sur, y 69° 04' longitud oeste y 940 m snm, durante los años 1995 a 2008. El suelo es un Torrifluente típico profundo (aluvial) franco en superficie y franco arenoso en profundidad con una capacidad de campo en los primeros 20 cm entre 17 a 19 %. El contenido de materia orgánica es relativamente alto para la región (1,4 %) y en cuanto a la fertilidad posee valores intermedios de N y P y altos de K. Las especies ensayadas fueron ajo, tomate, cebolla, pimiento, zanahoria y zapallo. Los tratamientos establecidos fueron: R₂: igual a la ETc (según los kc de referencia), R₁: tratamiento deficitario que variaba entre 0,6 y 0,8 de R₂, y R₃: tratamiento con exceso de agua, con una lámina entre 1,2 a 1,4 veces mayor que R₂. En todos los casos se utilizaron mangueras de goteo de diferentes marcas con un distanciamiento entre goteros en algunos casos de 0,20 y pero en la mayoría de 0,30 m. En ajo, cebolla y zanahoria la distancia entre mangueras fue de 0,82 m, en pimiento en una temporada fue 0,82 m, mientras que otra fue de 1,40 m. En tomate fue de 1,40 m y en zapallo 3 m con dos hileras de mangueras por hilera de plantas. La densidad de plantación en ajo fue de 410.000 pl ha⁻¹ colocando cuatro hileras de plantas sobre un camellón de 0,50 m y 0,11 m entre plantas distribuidas al tres bolillos, sobre el centro de camellón se colocaba la manguera de goteo. En cebolla se colocaron dos hileras de plantas sobre el camellón con 12 plantas por metro (292.600 pl ha⁻¹). En pimiento las plantas fueron colocadas a 0,30 m en la hilera resultando 40.600 y 23.800 pl ha⁻¹ para los distanciamientos de 0,82 y 1,40 respectivamente. En tomate la distancia de plantación fue de 1,40 m y entre plantas 0,30 m (23.800 pl ha⁻¹). En zanahoria se colocaron dos hileras de plantas sobre la cama y 20 plantas por metro (500.000 pl ha⁻¹). En zapallo las hileras de plantas fueron distanciadas 3 m y entre plantas 0,60 (5.550 pl ha⁻¹). Las láminas de reposición se calcularon utilizando como referencia el tanque de evaporación tipo A, afectado por un coeficiente kp de 0,75 y 0,80 a partir del 2000 al colocarle una malla como protección contra pájaros y el coeficiente de cultivo kc elegido como referencia. El diseño empleado fue en bloques completos al azar con tres o cuatro repeticiones según los casos. Durante el desarrollo del cultivo se registraban diariamente los valores de tensión del agua en el suelo medido con tensiómetros o con sensores de matriz porosa (Watermark) instalados a 20 cm y 40 cm de profundidad. Estos aparatos permitieron ir ajustado los kc elegidos durante el desarrollo del cultivo. En todos los casos fueron fertirrigados de acuerdo a los resultados obtenidos en años anteriores, principalmente con N o con N y P, elementos a los cuales se encontró respuesta en la mayoría de los cultivos ensayados. No se fertilizó con K debido a que estos suelos son ricos en este nutrimento. Los resultados de rendimiento fueron analizados con el análisis de la varianza y de regresión utilizando como paquete estadístico el SAS y el Infostat.

Comentario [EDAFO2]: instrumentos

Resultados

Ajo

El ensayo fue realizado en el año 1997. El cultivar de ajo colorado fue Fuego INTA y se obtuvo el máximo rendimiento 18,5 t ha⁻¹ con una lámina de 746 mm correspondiente al R₂, más 267 mm de precipitación efectiva (PPef). La PPef corresponde a un 75 a 80 % de la precipitación total. La ecuación ajustada en este caso fue cuadrática lo que permitió determinar la lámina máxima. (Figura 1).

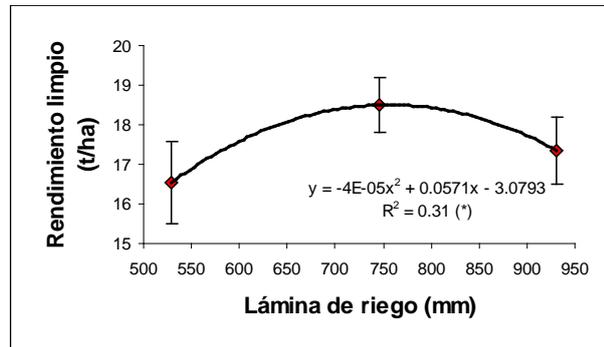


Figura 1. Efecto de las láminas de riego más la precipitación efectiva sobre el rendimiento limpio y seco de ajo colorado Fuego INTA. 1997.

El número de riegos (NR), evaporación bruta del Tanque A (EB), la evapotranspiración calculada (Etc), los *kc*, las láminas aplicadas en cada riego (R_n) y la precipitación efectiva se presentan en la Tabla 1. Se puede observar que prácticamente el 62 % de agua recibida por el cultivo (riego+PPef) se concentra en los tres últimos meses de cultivo, o sea en el 23 % del tiempo del ciclo.

Tabla 1. Número de riegos (NR), evaporación bruta del Tanque A (EB), la evapotranspiración calculada (Etc), los *kc* y las láminas aplicadas en cada riego (R_n) y la precipitación efectiva mensual durante la evolución del cultivo de ajo 1997. (*kp*=0,75)

Mes	NR	EB mm	Etc mm	<i>kc</i>	R ₁ mm	R ₂ mm	R ₃ mm	PPef mm
MAYO	5	77,9	35,6	0,61	47,8	47,8	47,8	12,0
JUNIO	4	42,7	15,8	0,49	53,4	53,4	53,4	110,0
JULIO	5	53,5	23,8	0,59	27,6	32,8	38,5	10,5
AGOSTO	7	77,1	48,6	0,84	25,8	37,0	47,4	16,5
SETIEMBRE	14	113,3	87,8	1,03	53,2	79,9	111,6	38,0
OCTUBRE	18	181,8	177,3	1,30	97,5	143,0	189,1	15,9
NOVIEMBRE	24	233,1	251,5	1,44	149,0	227,3	284,3	29,5
DICIEMBRE	11	134,3	145,7	1,45	74,8	125,0	159,4	34,8
TOTAL	88	914	786	0,97	529	746	931	267

Comentario [EDAFO3]: fijate por que te pueden preguntar por que son tan grandes los *kc* de octubre , nov, dic.

La lámina óptima prácticamente coincide con el tratamiento R₂, lo que nos indica que los *kc* elegidos sería los adecuados para las condiciones edafoclimáticas del ensayo. Sin embargo, la EUA fue

disminuyendo a medida que se incrementó la lámina pasando de $31,3 \text{ kg mm}^{-1}$ a $24,8 \text{ kg mm}^{-1}$ y $18,6 \text{ kg mm}^{-1}$ para los tratamientos R_1 , R_2 y R_3 respectivamente. La EU se obtiene dividiendo el rendimiento total por los mm de riego recibidos por el cultivo.

Cebolla

En cebolla se utilizó el cv Valcatorce INTA. Se realizaron varios ensayos en diferentes años con resultados diversos, siendo los más destacables los del año 1999/00 y del 2006/07. En el año 1999/00 la respuesta tendió a ser cuadrática y el rendimiento máximo fue de 48 t ha^{-1} con una lámina 779 mm que comprendía el riego y la PPef.

En el ciclo 2006/07 la respuesta al riego fue muy notable y la cebolla alcanzó un rendimiento máximo de 52 t ha^{-1} con 793 mm más 87 mm de PPef, ajustándose una ecuación lineal, lo que indicaría que los coeficientes elegidos fueron subestimados y deberían ser incrementados (Figura 2). El rendimiento total fue incrementado 45% y el comercial 49% cuando se pasó de 544 a 709 mm y de 35% cuando se pasó de 709 a 880 mm de agua recibida por el cultivo.

La eficiencia de uso del agua, fue mayor en el tratamiento con 880 mm , $58,6 \text{ kg mm}^{-1}$, en cambio fue de $53,1 \text{ kg mm}^{-1}$ y $47,6 \text{ kg mm}^{-1}$ con 709 y 544 mm respectivamente.

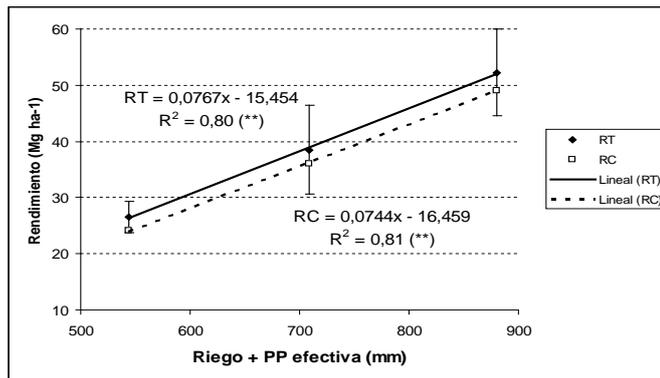


Figura 2. Efecto de los tratamientos de riego sobre el rendimiento total (RT) y comercial (RC) del Cebolla Valcatorce INTA. Las barras verticales indican la desviación estándar

En la Tabla 2 se presentan los valores mensuales de las condiciones hídricas del ensayo en el ciclo 2006/07. En 61 días finales (desde el 1 de diciembre hasta el 30 de enero) se necesitaron en el tratamiento intermedio R_2 , 408 mm sumando la PPef, que corresponde al $57,6 \%$ del total requerido en solo un $44,2 \%$ del tiempo.

Tabla 2. Evaporación de tanque A (EB), kc del cultivo, (no está incluido el $k_p=0,8$), lámina calculada (Lam calc) y lámina de riego, tensión de agua en el suelo medida con Watermark a 20 cm de profundidad en kPa (W_{20}) y a 40 cm de profundidad (W_{40}), y la precipitación efectiva. (PPef), para el cultivo de cebolla, 2006/07.

Mes	EB mm	Kc	Lám calc mm	R2			R1			R3			PPef
				Lám de riego mm	W ₂₀	W ₄₀	Lámina de riego mm	W ₂₀	W ₄₀	Lámina de riego mm	W ₂₀	W ₄₀	
Septiembre	76,3	0,42	25,6	69,5	16,0	13,1	60,5	16,1	16,1	77,7	13,8	18,6	4,0
Octubre	158,6	0,47	59,3	62,2	22,6	18,4	43,9	35,0	18,1	81,8	18,5	21,4	11,4
Noviembre	195,6	0,83	128,9	123,0	30,9	32,5	83,7	65,5	29,1	161,3	18,7	25,0	30,5
Diciembre	242,7	1,30	253,5	186,1	48,9	71,8	132,1	66,1	54,9	242,2	22,1	31,4	4,6
Enero	227,9	1,10	210,0	181,6	25,6	86,8	136,5	18,2	25,7	230,3	8,6	24,3	36,3
Total	901,1	0,82	677,3	622,4	28,8	44,5	456,8	40,2	28,8	793,3	16,3	24,1	86,8

El cultivo de cebolla respondió en forma lineal y positiva al incremento del riego, no encontrándose efectos negativos en cuanto a deformaciones y podredumbres. Se deberían utilizar láminas mayores (aumentar los *kc*) para alcanzar el punto de inflexión de la curva para calcular el óptimo técnico de la lámina de riego.

Tomate

El ensayo se realizó en el año 1996/97 utilizándose el híbrido NBH 1095 de ciclo corto. El transplante se realizó 6/11/96 y la cosecha 6/03/07. En la Tabla 3 se presenta las condiciones climáticas y las láminas aplicadas por tratamiento y la PPef., mensual durante el desarrollo del cultivo de tomate.

Tabla 3. Evaporación de tanque A (EB), *kc* del cultivo, evapotranspiración calculada (Etc), lámina de riego según tratamiento, precipitación efectiva aprox. 80% de la precipitación total. (PPef).

MES	EB	kc	Etc	Trat			PP ef
				R ₁	R ₂	R ₃	
NOV	201,3	0,43	64,9	73,1	73,1	73,1	0,0
DIC	266,9	0,66	132,4	77,5	93,8	111,0	85,1
ENE	279,7	0,99	208,7	146,7	204,9	256,2	11,3
FEB	243,8	0,67	122,2	88,9	121,2	149,7	0,8
MAR	34,6	0,62	16,0	11,0	15,2	18,1	4,3
TOTAL	1026,3	0,67	544,2	397,2	508,4	608,2	101,5
REL R _r /R ₂				0,78	1	1,2	

Se alcanzó un rendimiento máximo de 98,6 t ha⁻¹ con una lámina de 576 mm más 101 mm de PPef, ajustándose una ecuación cuadrática (Figura 3). La máxima eficiencia se obtuvo con el tratamiento R₂, que rindió un 39 % más que el tratamiento R₁ con un incremento de 27,95 % de agua aplicada. En cambio el tratamiento R₃ rindió solo un 3,7 % más que el R₂ con un incremento de 19,68 % más de lámina. La EUA fue 170 kg mm⁻¹, 185 kg mm⁻¹ y 160 kg mm⁻¹ para R₁, R₂ y R₃ respectivamente.

Los resultados obtenidos sugieren que podría incrementarse un 10 % los coeficientes de cultivo para maximizar el rendimiento.

Comentario [EDAF04]: no convendría poner en el título tomate para industria

Comentario [EDAF05]: poné unidades

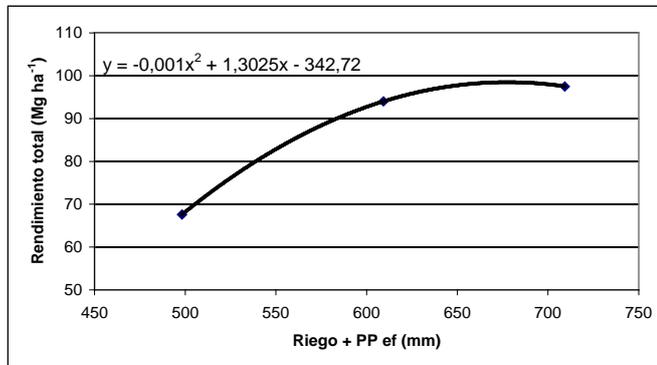


Figura 3. Efecto de las láminas de riego más la precipitación efectiva sobre el rendimiento total de tomate NBH 1095, 1996/97.

Pimiento

Se realizaron dos ensayos de riego por goteo para ajustar láminas en pimiento Fyuco INTA en las temporadas 1995/96 y 1996/97 utilizando mangueras de goteo con un distanciamiento de 0,20 m. Las características climáticas hídricas y las láminas de riego se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Evaporación de tanque A (EB), kc del cultivo, evapotranspiración calculada (Etc), lámina de riego según tratamiento (R_n), precipitación efectiva (PPef), en pimiento Fyuco INTA, 1995/96

Comentario [EDAFO6]: unidades

Mes	EB	kc	ETc	Tratamientos			PPef
				R1	R2	R3	
Nov	227,2	0,38	64,4	15,0	22,3	29,1	39,8
Dic	291,4	0,56	122,5	49,0	67,4	99,0	15,7
Ene	244	0,87	158,5	139,3	207,9	267,1	33,3
Feb	236,5	1,00	177,4	147,6	209,7	274,6	1,0
Mar	155,1	0,94	109,1	95,4	136,4	178,9	20,1
Abr	61,6	0,75	34,6	21,7	30,3	40,3	38,1
	1215,8	0,75	666,5	468,0	674,0	889,0	148,0

En el primer ciclo de cultivo con un distanciamiento de 0,80 el máximo obtenido fue de 52 t ha^{-1} con 674 mm más 157 mm de PPef, ajustándose una ecuación cuadrática. En cambio, con un distanciamiento de 1,40 se obtuvo un máximo de 58 t ha^{-1} con 933 mm, más 128 mm de PPef, y el ajuste obtenido fue lineal. (Figuras 4 y 5)

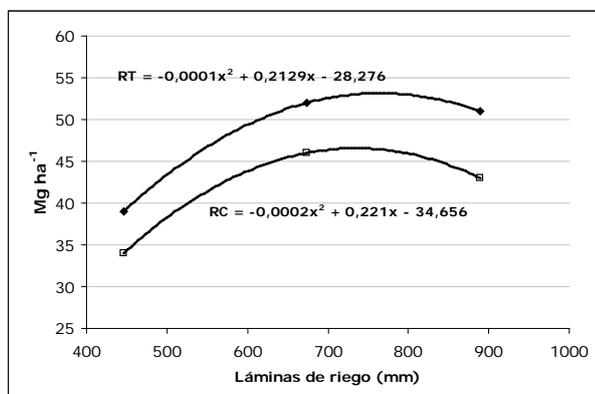


Figura 4. Rendimiento total y comercial (RT y RC) de pimiento Fyuco INTA afectado por las láminas de riego. Distanciamiento entre hileras 0,82 m (1995/96)

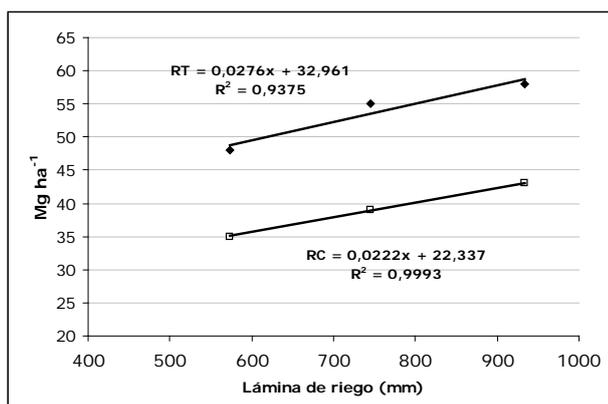


Figura 5. Rendimiento total y comercial (RT y RC) de pimiento Fyuco INTA afectado por las láminas de riego. Distanciamiento entre hileras 1,40 m (1996/97)

La diferencia de comportamiento del pimiento frente al riego entre los dos años se debe principalmente a la distancia entre hileras. Al estar las plantas más distanciadas permiten mayor circulación de aire entre ellas y por lo tanto aumenta la demanda hídrica. La EUA fue $87,4 \text{ kg mm}^{-1}$, $77,2 \text{ kg mm}^{-1}$ y $57,4 \text{ kg mm}^{-1}$ respectivamente para R_1 , R_2 y R_3 para temporada 95/96 y $83,8 \text{ kg mm}^{-1}$, $73,8 \text{ kg mm}^{-1}$ y $62,2 \text{ kg mm}^{-1}$ para R_1 , R_2 y R_3 respectivamente para temporada 96/97.

Zanahoria

En zanahoria se realizaron dos años de ensayos y solo se presentan los resultados correspondientes la temporada 2007/08 siendo la anterior muy similar en cuanto a su respuesta a la irrigación. La siembra se realizó 5/09/07 y la cosecha 07/02/08.

En la Tabla 5 se presentan las condiciones hídricas, las láminas aplicadas y el potencial matriz del suelo, medido con sensores Watermark por mes, durante el cultivo de la zanahoria.

Tabla 5. Evaporación de tanque A (EB), kc del cultivo, (no está incluido el $k_p=0,8$), lámina calculada (Lam calc) y lámina de riego, tensión de agua en el suelo medida con Watermark a 20 cm de profundidad en kPa (W_{20}) y a 40 cm de profundidad (W_{40}), y la precipitación efectiva. (PPef), para Zanahoria 2007/08

Mes	EB mm	Kc	dc	R2			R1			R3			PPef
				dr	W_{20}	W_{40}	dr	W_{20}	W_{40}	dr	W_{20}	W_{40}	
Set	87,4	0,41	29	66	16,8	15,2	61	13,0	35,4	71	12,0	12,5	9,8
Oct	160,9	0,47	61	61	18,5	18,6	33	17,8	97	14,8	15,9	35,6	
Nov	192,4	0,83	129	128	23,9	27,8	73	36,9	52,5	179	18,4	20,4	7,6
Dic	244,7	1,30	254	216	39,2	37,9	146	71,4	59,4	287	17,2	15,9	46,6
Ene	229,2	1,10	216	149	71,9	60,3	211	46,6	36,6	301	18,6	18,9	40,7
Feb	36,5	0,65	19	0	39,4	49,0	0	43,2	38,2	0	17,6	44,6	5,8
Total	951	0,79	708	619	34,9	34,8	507	40,5	44,4	936	16,4	21,4	146,2

En zanahoria se obtuvo un rendimiento promedio de 85 t ha^{-1} con una lámina 936 mm , más 184 mm de PPef, siendo el ajuste lineal, (Figura 6). Se utilizaron dos cultivares no encontrándose interacción significativa entre el tratamiento de riego y la cultivar. Las cultivares fueron Supreme y Beatriz INTA, siendo la primera mas rendidora que la segunda en las condiciones del ensayo.

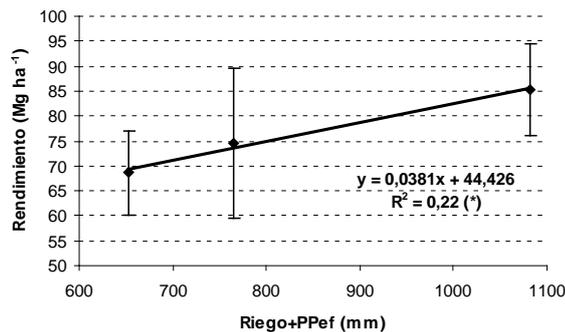


Figura 6. Efecto de los tratamientos de riego sobre el rendimiento total (RT) de zanahoria. Las barras verticales indican el intervalo de confianza ($p=0,05$)

El cultivo de zanahoria respondió en forma lineal y positiva al incremento del riego, observándose solo un aumento de bifurcaciones con la mayor lámina de riego, de $4,67 \%$ en R_1 a $6,96 \%$ en R_3 . Esta anomalía puede deberse a la saturación del perfil por exceso de agua que provoca un efecto negativo para el crecimiento adecuado de la raíz por condiciones de anoxia creadas. La EUA fue 105 kg mm^{-1} , $97,4 \text{ kg mm}^{-1}$ y $78,9 \text{ kg mm}^{-1}$ respectivamente para los tratamientos para R_1 , R_2 y R_3 respectivamente.

Zapallo

La siembra del cultivar Cuyano INTA (*Cucúrbita moschata* L.) se realizó 31/10/07 y la cosecha el 14/04/08. Los tratamientos fueron tres láminas de riego, R_1 : 207; R_2 : 373 y R_3 : 532 mm que sumada la precipitación efectiva fueron R_1 : 367; R_2 : 533 y R_3 : 692 mm total recibidos por el cultivo.

En la Tabla 5 están resumidas las condiciones hídricas, las láminas aplicadas y el potencial matriz del suelo medido con sensores Watermark por mes durante el cultivo de zapallo

Tabla 7. Evaporación de tanque A (EB), kc del cultivo, lámina calculada (Lam calc), lámina de riego, tensión de agua en el suelo (Kpa) o medida con Watermark a 20 cm y a 40 cm de profundidad (W₂₀ y W₄₀) y precipitación efectiva (PPef), para los tres tratamientos de riego para zapallo

Mes	EB mm	Kc	Lámina calculada mm	R ₂			R ₁			R ₃			PPef	Nº Riegos
				Lámina de riego mm	W ₂₀	W ₅₀	Lámina de riego mm	W ₂₀	W ₅₀	Lámina de riego mm	W ₂₀	W ₅₀		
Noviembre	192,4	0,21	32,09	46,0	34,0	22,3	25,7	44,2	24,2	65,3	40,0	22,4	8,08	10
Diciembre	244,7	0,35	67,34	87,4	24,9	21,2	62,0	33,9	26,8	112,6	22,8	19,4	46,64	15
Enero	233,4	0,85	152,44	100,6	56,7	33,2	54,5	73,5	78,0	140,1	12,0	17,4	40,72	17
Febrero	158,4	0,99	126,82	87,8	39,9	42,1	42,7	68,2	82,2	133,7	21,3	21,9	25,04	15
Marzo	133,1	0,64	68,87	38,8	39,3	56,0	17,7	82,1	92,5	61,0	20,5	26,9	31,61	8
Abril	47,5	0,44	17,03	12,5	52,0	49,7	5,0	76,5	74,5	20,1	20,6	36,4	7,44	3
Total	1009,5	0,58	464,59	373,1	41,1	40,5	207,6	63,1	70,8	532,7	22,9	24,4	159,53	68

Se obtuvo un rendimiento de 52 t ha⁻¹ con una lámina de 533 mm más 159 mm de PPef, siendo el ajuste lineal, lo que indicaría que se pueden obtener mayores rendimientos con mayores láminas de riego. (Figura 7).

El rendimiento total fue incrementado 12,6 % cuando se pasó de 367 a 533 mm y de 16,9 % cuando se pasó de 533 a 692 mm de agua, considerando lo aportado por el riego y la precipitación efectiva.

Sin embargo la eficiencia de uso del agua disminuyó a medida que la lámina de riego se incrementó pasando de 108 kg mm⁻¹ a 84 kg mm⁻¹ y 75 kg mm⁻¹ con los tratamientos R₁, R₂ y R₃ respectivamente. No hubo efecto negativo en cuanto al número de frutos podridos y descarte.

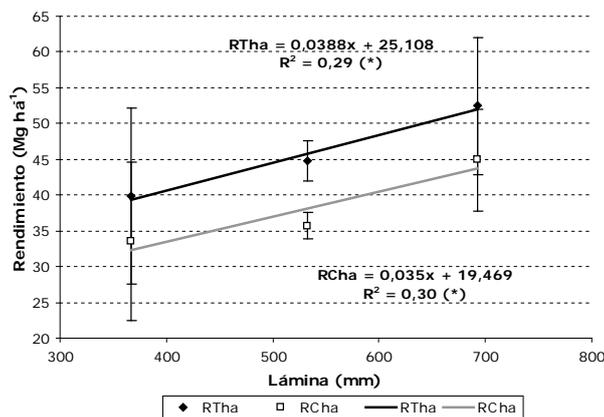


Figura 7. Efecto de la lámina de riego más la PP efectiva sobre el rendimiento total (RTha) y comercial (RCha) de zapallo Cuyano INTA. Las barras verticales indican el intervalo de confianza $\alpha=0.05$.

Conclusiones

La implementación de ensayos sencillos permitió ajustar los kc en los principales cultivos mendocinos. Sin embargo, se pudo determinar que estos coeficientes no son fijos, sino que varían para una misma especie de un año a otro, dentro de un margen aproximado de un 10% en más o en menos. Estos desvíos se deben a la variabilidad ambiental, a las características propias del suelo y del cultivar o híbrido usado. A pesar de las variaciones encontradas, junto con los datos de la evaporación del tanque tipo A, se puede diagramar un riego y con el uso de instrumentos adecuados para medir el potencial matriz del agua en el suelo, se pueden ir ajustando las láminas sobre la base de la evolución de la humedad en el suelo. En muchos casos se observó que la eficiencia de uso del agua fue disminuyendo a medida que se incrementaba la lámina de riego, pero con un aumento importante del rendimiento. En estos casos se deberá analizar el costo económico y obtener el margen neto de ganancia para decidir hasta donde conviene regar.

Bibliografía “recomendada”

- Fabeiro Cortés, C.; Martín de Santa Olalla, F. Y López Urrea, R. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*. 59(2): 155-167.
- Ferreira E., R.; Sellés van Sch., G. y González P., M. 1985. Efecto de diferentes alturas de agua sobre el cultivo del pimiento. II. Relación agua rendimiento. *Agricultura Técnica (Chile)*, 45(3): 235-239.
- Gibberd M.R.; McKay A.G.; Calder T.C. y Turner N.C. 2003. Limitations to carrot (*Daucus carota* L.) productivity when grown with reduced rates of frequent irrigation on a free-draining, sandy soil. *Australian Journal of Agricultural Research*. 54(5): 499-506.
- Juan Valero, J.A. de; Santa Olalla Mañas, F.J.M. de y Fabeiro Cortés, C. 1993. Efectos del riego sobre el crecimiento y los rendimientos, cuantitativo y cualitativo, de un cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). *Riegos y Drenajes*, XXI(73): 20-28 (España).
- Lipinski, V.M. y Gaviola, S. 2005. Determinación de los coeficientes de cultivo para ajo colorado con riego por goteo, en el valle de Uco, Mendoza, Argentina. Res. XX Congreso Nacional del Agua, III Simposio de Rec Hid del Cono Sur. p. 493.
- Moura, M.V.T.; Marques Júnior, S.; T.A. Botrel y J.A. Frizone. 1994. Estimativa do consumo de água na cultura da cenoura (*Daucus carota*, L.) v. nantes superior, para a região de piracicaba, através do método do balanço hídrico. *Scientia Agricola*, 51(2): 1-14.
- Phene, C.J.; Davis, K.R.; McCormick, R.L.; Hutmacher, R.B. y J.D. Pierro. 1989. Water-fertility management for subsurface drip irrigated tomatoes. *Tomato and Pepper production in tropics. Symposium AVRDC*. pp. 323-338.
- Sanders, D.C.; Howell, T.A.; Hodges, L., D. Meek y C.J. Phene. 1989. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(6): 904-908.
- Shock, C.C.; Feibert, E.B.G. y Saunders, L.D. 1998. Onion yield and quality affected by soil water potential as irrigation threshold.
- Smittle, D.A. y Threadgill, E.D. 1983. Response of squash to irrigation, nitrogen fertilization, and tillage systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci. (Hort Abs)*, 53(1):297, 107(2): 437-440
- Smittle, D.A.; Dickens, W.L. y Stansell, J.R. 1994. Irrigation regimes affect yield and water use by bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5): 936-939.