

DESEMPEÑO DEL RIEGO POR GOTEO EN MENDOZA. ANÁLISIS DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD Y DE LA SALINIDAD DEL SUELO

Fontela C., J. Morábito, J. Maffei, S. Salatino, C. Mirábile y L. Mastrantonio
Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino
Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Agrarias. jmorabito@ina.gov.ar

RESUMEN

A fines de la década del 80 comienza la incorporación de sistemas de riego presurizados en la Argentina. Los sistemas que más se han difundido en las zonas desérticas, como riego integral, son los de riego localizado. Según el censo del año 2002 en Mendoza se podría haber superado las 21.000 ha con riego localizado. Particularmente en vid estos sistemas tienen la posibilidad de permitir el manejo del stress hídrico que, utilizado racionalmente posibilita la obtención de productos con calidad diferenciada y precios atractivos. Sin embargo, es bien sabido que en una zona árida con precipitaciones escasas como las de la provincia de Mendoza si el riego localizado no es manejado racionalmente puede provocar una brusca salinización del suelo dentro del bulbo húmedo que afecte seriamente el rendimiento del cultivo. El presente trabajo tiene por objeto medir el desempeño de estos sistemas ubicados en los oasis Centro y Norte de Mendoza y regados con agua superficial o subterránea. Las evaluaciones de 17 propiedades permitieron determinar coeficientes de uniformidad, láminas máximas de riego factibles de ser aplicadas, salinidad del agua de riego y salinidad del suelo en cabeza, medio y pie de la unidad de riego, en dos lugares (bulbo húmedo e interfilar) y a dos profundidades (0,10 - 0,30 m y 0,30 - 0,50 m). Se analizó, además, la textura del suelo para visualizar su posible relación con los niveles de salinidad detectados en la rizósfera. Las conclusiones del trabajo muestran que en el 44% de las sub unidades de riego evaluadas el CU se halla ubicado por debajo del rango *recomendado*. También en el 94% de las fincas evaluadas hay diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre caudales medios registrados en unidades y subunidades de riego de una propiedad. Se encontraron variaciones en las láminas máximas diarias factibles de ser aplicadas (2,5 y 13,1 mm día⁻¹) y diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) en la salinidad del extracto de saturación del suelo, en la sodicidad (RAS) y en la concentración del anión “cloruro” cuando se compara el suelo extraído del bulbo, respecto del interfilar. Asimismo se comprueba que no hay diferencias entre distintas profundidades. Las variables que afectan el aumento de la salinidad son: el lugar (bulbo o interfilar), la calidad del agua de riego (salinidad total) y la textura del suelo (expresada como volumen de sedimentación). Las variables que explican la variación de sodicidad son: lugar (bulbo - interfilar) y contenido de bicarbonatos en el suelo.

Palabras clave: riego localizado, operación, mantenimiento, Argentina.

INTRODUCCION

En 1993 existían en la provincia de Mendoza bajo riego presurizado sólo 400 ha (Satlari, 1994), la mayoría en viñedos y frutales de carozo. En el primer semestre de 1997, ayudado por el antecedente de un año hidrológico muy pobre (1996), el otorgamiento de los beneficios de diferimiento impositivo para los Departamentos de Santa Rosa, Lavalle y La Paz y el incentivo de las importantes inversiones que empresas locales estaban realizando en provincias vecinas como San Juan y La Rioja, la superficie implantada con riego presurizado creció sensiblemente hasta alcanzar cifras importantes. Actualmente Mendoza tiene 267.889 hectáreas regadas, el 8% (21.621 ha) se riegan con métodos localizados, esencialmente goteo (INDEC, 2003). La reactivación del mercado de vinos finos y la posibilidad cierta de una comercialización ventajosa en precio y volumen -debida al MERCOSUR y a la promoción de las exportaciones agropecuarias a otros bloques comerciales del mundo- determinaron verdaderos polos de desarrollo tecnológico en los que complejos paquetes de manejo del cultivo incluyen -como principal herramienta- al riego presurizado.

La inversión de los equipos presurizados varía sustancialmente de acuerdo al cultivo y al sistema. Podemos mencionar que el riego por goteo, alcanza valores de 1400 u\$s/ha para frutales y de 2500 u\$s/ha para vid. Es importante recordar que estos sistemas obligan a elaborar nuevas estrategias de entrega de agua a los usuarios, con caudales más bajos y tiempos de entrega más altos.

Resultados de evaluaciones puntuales de equipos de riego localizado muestran bajos coeficientes de uniformidad, altos consumos energéticos (expresados como HP/ha) y problemas de salinización de los suelos. Esto evidencia una sub-utilización del alto potencial tecnológico instalado y un ineficiente uso del recurso económico.

Chambouleyron y otros (1993) mostraron los resultados de una evaluación general sobre sistemas presurizados, en diferentes cultivos, en el oeste semiárido del país. Aunque se evaluaron diferentes parámetros llamó la atención el relativo bajo coeficiente de uniformidad (en varios casos inferiores al 70%) de los distintos sistemas así como los elevados consumos energéticos expresados como HP/ha (1,6 a 4,6 HP/ha). Por último, se evidenció una tendencia general al subuso del potencial tecnológico de la herramienta "riego presurizado".

Si bien la utilización de éstos métodos en el cultivo de vid permite un mejor manejo del estrés hídrico, a partir del cual se logra intensificar las características varietales, aromáticas y de color del producto final, como contrapartida el método genera también un aumento en la salinización del perfil del suelo, acumulando sales en la periferia del bulbo. Éstas podrían llegar a constituir un peligro futuro para la productividad e incluso para la vida del cultivo, si no se procede a un manejo racional y a un monitoreo permanente de los parámetros e indicadores de la salinización. Entre los parámetros que contribuyen a calificar el desempeño de los sistemas de riego, puede mencionarse:

- El *coeficiente de uniformidad*. Está afectado por diferentes factores: *constructivos* (en los procesos de fabricación los modelos y materiales no son exactamente iguales entre sí, generando a igual presión diferentes caudales, dichos factores se engloban en el coeficiente de variación de fabricación); *hidráulicos* (los emisores están sometidos a diferentes presiones ocasionadas

por las pérdidas de carga y por desniveles); *de envejecimiento y obturaciones*; y finalmente *diferencias de temperatura*.

Para determinar la uniformidad de riego en un sistema de riego –generalmente- se calcula el coeficiente de uniformidad. En riego por aspersión, el coeficiente utilizado es el propuesto por Christiansen en 1942. No obstante, para los sistemas localizados de alta frecuencia entre los que se encuentra el riego por goteo, se debería utilizar un coeficiente de uniformidad más exigente. Varios autores han trabajado al respecto, siendo el más aceptado el coeficiente establecido en 1978 por Merriam y Kéller, cuya ecuación es:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \quad (1)$$

CU = Coeficiente de uniformidad.

q_{25} = caudal medio de los emisores que conforman el 25 % de más bajo caudal.

q_a = caudal medio de todos los emisores.

El CU puede ser utilizado tanto para la instalación de nuevos equipos como para la evaluación de equipos en funcionamiento.

Los valores de coeficientes de uniformidad recomendados (Pizarro, 1996) para climas áridos, terrenos con pendiente uniforme menor a 2%, donde los emisores se ubican espaciados a menos de 2,5 m en cultivos permanentes o semipermanentes oscilan entre 0,85 – 0,90. Para cultivos permanentes o semipermanentes, de zonas áridas y pendiente uniforme u ondulada mayor al 2% el rango recomendado de CUs es 0,80 – 0,90.

Bralts y Kesner (1983) proponen calcular –para el diagnóstico del equipo de riego en funcionamiento- el coeficiente de variación total de caudales (CV_t) utilizando la metodología a campo llevada a cabo por Merriam y Keller. El coeficiente se calcula según la ecuación (2).

$$CV_t = \frac{\sigma_q}{q_a} \quad (2)$$

CV_t = coeficiente de variación total de caudales.

σ_q = desviación típica de los caudales evaluados.

q_a = caudal medio entregado por los goteros evaluados.

El cálculo de CV_t, permite clasificar la uniformidad del riego (tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de Uniformidad de riego según CV_t

CV _t	Uniformidad
> 0,4	Inaceptable
0,4 – 0,3	Baja
0,3 – 0,2	Aceptable
0,2 – 0,1	Muy Buena
0,1 – 0	Excelente

Chambouleyron y otros (1993) mostraron los resultados de una evaluación general sobre sistemas presurizados, en diferentes cultivos, en el oeste semiárido del país. Aunque

se evaluaron diferentes parámetros llamó la atención el relativo bajo coeficiente de uniformidad (en varios casos inferiores al 70%) de los distintos sistemas así como los elevados consumos energéticos expresados como HP/ha (1,6 a 4,6 HP/ha). Por último, se evidenció una tendencia general al subuso del potencial tecnológico de la herramienta “riego presurizado”.

Los métodos de riego localizados permiten la aplicación de volúmenes o láminas de agua controladas y ajustadas a las necesidades de riego de los cultivos. Por otro lado generan un bulbo húmedo -donde se localizan las raíces del cultivo- que constituye el reservorio de agua para la planta. Se ha estudiado que existe una acumulación de las sales hacia la periferia del bulbo húmedo que –en algunos casos- podría poner en peligro la vida de la planta. Como bien es sabido Mendoza es una provincia árida, los aportes de lluvias son bajos y no alcanzan a lavar las sales acumuladas en el suelo, lo que ocasiona riesgos de salinización. Por otro lado se sabe que la producción de un cultivo es función de diversas variables, una de ellas la salinidad del suelo. Según Maas y Hoffman (citado por Pizarro, 1996) para el caso de la vid se considera que la producción será máxima (100%) si la salinidad del extracto de saturación del suelo es inferior a 1,5 dS.m-1, estará comprendida entre 100 - 90% si la salinidad total está entre el valor anterior y 2,5 dS.m-1 y menor al 90% si la salinidad es mayor de 2,5 dS.m-1, aunque disponga de un ambiente en donde el resto de las variables estén en excelentes condiciones.

Varios autores hacen referencia al uso de riego localizado. Nijensohn (1977) afirma que el riego por goteo con espaciamiento tradicional de emisores (en función del cultivo, su desarrollo, edad y estado general) permite la plantación directa sobre suelos salinos. Recalca además que “en condiciones de aridez la desalinización se opera únicamente en un área cercana a la planta, mientras que la salinidad original se mantiene y aún aumenta en los espacios interfilares”, ello implica una amenaza permanente para la plantación y una barrera para la extensión del sistema radical. Gornat (1974) sostiene que el uso en forma continua del método determina una acumulación salina en profundidad lo que podría traer aparejado un casi seguro deterioro de las condiciones físicas del suelo.

Castro (1997) en ensayos realizados en San Juan (Argentina) en vid regada por goteo comprobó que la salinidad promedio del bulbo aumentó de 1,95 a 2,86 dS.m-1 en el primer año y de 2,07 a 3,24 dS.m-1 en el segundo año y recomienda aplicar una “lámina extra” de riego para satisfacer el requerimiento de lixiviación del suelo y evitar la salinización del bulbo.

Chambouleyron et al. (1998), en estudios realizados en riego por goteo en la zona alta del río Mendoza, midió valores de conductividad eléctrica (3 a 4 dS.m-1) en el interior del bulbo, valor que podría provocar una disminución en la producción sin llegar a provocar una intoxicación salina. Asimismo en el estudio se encontraron acumulaciones salinas muy elevadas (20 a 25 dS.m-1) en la periferia del bulbo, las que -frente a un mal manejo del riego o como consecuencia de lluvias- podrían introducirse al interior del bulbo y poner en peligro al cultivo. En el mismo trabajo se determinó que la calidad del agua de riego tiene un papel muy importante en la salinización del perfil, ya que no hubo aumento de la salinidad en el interior de los bulbos en viñedos regados con agua de muy baja salinidad total (conductividad eléctrica de 0,5 dS.m-1).

OBJETIVO

El trabajo tiene como objetivo general evaluar la situación actual del riego por goteo en viñedos de calidad destinados a la producción de uvas para vinificación en los

oasis Norte y Centro, regados por los ríos Mendoza y Tunuyán. Sus objetivos específicos son:

- a) Conocer los coeficientes de uniformidad del riego por goteo en cultivos de vid.
- b) Evaluar el efecto del riego por goteo en la salinidad del suelo.

Las hipótesis que se analizan son:

- Los equipos de riego presurizados aún tienen bajos coeficiente de uniformidad.
- La práctica del riego por goteo produce un aumento de salinidad en la periferia del bulbo (y en el interfilar).
- Propiedades regadas con aguas más salinas son más susceptibles de verse afectadas por el aumento de los niveles de salinidad en sus suelos.
- El sub dimensionamiento de los sistemas de riego, incrementaría los problemas de salinidad.
- Suelos con texturas mas pesadas, es decir, de granulometría fina, presentan más problemas de acumulación salina.

MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo el siguiente estudio se han realizados evaluaciones en diferentes fincas ubicadas en las cuencas del río Mendoza y Tunuyán (zonas Alta y Baja) (Departamentos de Tupungato, Tunuyán, Maipú, San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y Lavalle), implantadas con vid y regadas con goteo. Se evaluaron diecisiete (17) propiedades de diferentes características como -por ejemplo- fuente de agua, tamaño de la explotación, manejo del cultivo y del riego, antigüedad del cultivo, entre otras. Del total de propiedades evaluadas, ocho (8) se encuentran ubicadas en la zona Alta y las nueve (9) restantes en la zona Baja.

La visita a cada explotación significó el cumplimiento de tres actividades principales: llenado de una encuesta, medición a campo de caudales (erogados en un tiempo determinado) y medición a campo de presiones de trabajo del sistema en diferentes puntos estratégicos del mismo. La visita se complementó con la extracción de muestras de suelo a distintas profundidades en calicatas abiertas a los pies de la planta en cabeza, medio y pie del lateral.

La confección de la encuesta tuvo por objeto conocer aspectos generales de cada finca así como del manejo y conocimientos de los operarios acerca del sistema de riego. La misma contiene diferentes preguntas relacionadas con la obtención de datos del cultivo y de las labores que se efectúan en el mismo, del diseño del sistema de riego, del manejo del riego y del mantenimiento del equipo. Se incorporan, además, las apreciaciones comentarios y vivencias de los encargados del equipo, acerca del mismo.

Una vez realizada la encuesta se procedía a la evaluación del caudal erogado por diferentes goteros con el objetivo de calcular los coeficientes de uniformidad de riego, siguiendo la metodología de Merriam-Keller. En cada propiedad se efectuaron mediciones de caudales en dos operaciones (o unidades) de riego y en dos subunidades por operación. Las unidades y subunidades de riego seleccionadas corresponden a aquellas ubicadas a menor y mayor distancia respecto del cabezal de riego, con el objetivo de obtener la

situación de riego más y menos favorable, respectivamente. Para establecer los puntos de medición, cada subunidad de riego fue subdividida en cuatro sub-áreas imaginarias con igual cantidad de laterales de riego. En cada sub-área se seleccionó el lateral ubicado en el centro. A su vez cada lateral fue dividido imaginariamente en cuatro secciones (inicio, 1/3, 2/3 y final), en cada sección se eligió el “claro” (plantas incluidas entre dos postes sucesivos del sistema de conducción del viñedo) ubicado en el centro y dentro del mismo el primer y segundo gotero ubicados luego de la segunda planta. Se midió –entonces- el caudal erogado en ocho goteros por lateral de riego, un total de 32 goteros por sub-unidad de riego y 128 goteros totales por finca evaluada. Para complementar los datos de caudales, se midieron las presiones al inicio de cada subunidad y al final de cada lateral evaluado.

Como última actividad se extrajeron muestras de suelo a lo largo de un lateral de riego representativo de la propiedad y se tomó una muestra del agua de riego. Para obtener las muestras de suelo antes mencionadas se realizaron calicatas en tres sitios del lateral elegido (inicio, medio y final). En cada sitio, se muestrearon dos ubicaciones (bulbo húmedo e interfilar) a dos profundidades 10-30 cm. y 30-50 cm desde la superficie, totalizando cuatro (4) muestras por sitio y doce (12) en total (figura 1). Las muestras fueron analizadas en laboratorio para obtener los resultados de salinidad del suelo.

Finalmente –ya en gabinete- se sistematizó la información obtenida a campo y en laboratorio y se analizaron los resultados.

Para el análisis de los caudales erogados en las operaciones y sub-unidades de riego por finca, se utilizó el programa estadístico Statgraphics. Para ello primeramente se efectuó un análisis descriptivo de los datos. Se realizó –además- un análisis inferencial para cada propiedad mediante un análisis de la varianza completamente aleatorizado de una vía. Los tratamientos fueron “operaciones o sectores” en el primer caso, y “subunidades o bloques de una operación” en el segundo y la variable respuesta fue “caudal”. En el caso de existir diferencias significativas entre alguna de las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de Scheffé para un $\alpha = 0,05$. Los datos que no cumplen con el requisito de normalidad, se analizaron mediante el test de Kruskal-Wallis, que determina las diferencias significativas entre medianas.

Hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$	Todas las medias son iguales
$H_1: \mu_i \neq \mu_k$	Al menos una de las medias es distinta del resto

En el caso de violación de los supuestos de normalidad, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis.

Hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$	Todas las medias son iguales
$H_1: \mu_i \neq \mu_k$	Al menos una de las medias es distinta del resto

Para un nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Con respecto al tema salinidad del suelo, se calculó la media aritmética y la desviación estándar de las variables edáficas indicadoras de salinidad y sodicidad, para

cada profundidad de muestreo y ubicación respecto al gotero. Además se elaboraron diagramas de caja para esas variables respuesta, respecto a cada uno de los niveles del factor “ubicación”.

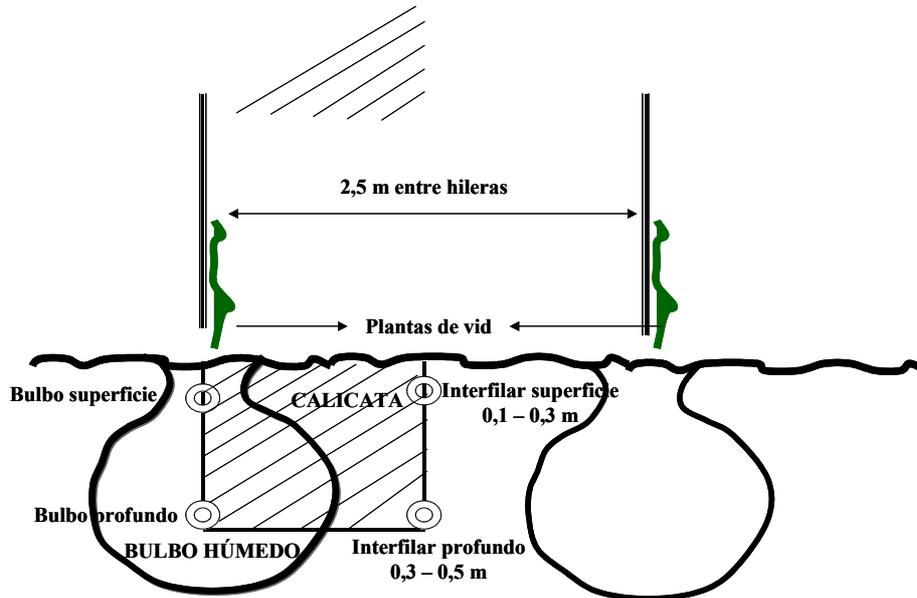


Figura 1: Croquis de ubicación de extracción de muestras (según Rearte y otros, 2001)

Se aplicó análisis de la varianza de efectos fijos, considerando a la ubicación y a la profundidad de muestreo como variables explicativas, y a CEes, RAS y cloruros como variables respuesta.

Hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

Todas las medias son iguales

$$H_1: \mu_i \neq \mu_k$$

Al menos una de las medias es distinta del resto

Se considera un $\alpha = 0,05$.

Finalmente se aplicó análisis de regresión lineal simple y múltiple entre las variables analizadas anteriormente y otras que explicarían la variabilidad de salinidad y sodicidad edáficas, como textura del suelo, y salinidad y concentración de cloruros del agua de riego.

RESULTADOS

a) Coeficiente de Uniformidad:

A partir de los caudales erogados por los goteros evaluados en cada propiedad se determinaron los coeficientes de uniformidad correspondientes a cada subunidad evaluada. El total de subunidades estudiadas fue 64 (17 fincas evaluadas). A efecto de corroborar la mayor exigencia del cálculo de uniformidad propuesto por Merriam y Keller, se calculó también el coeficiente de uniformidad de Christiansen. Se confirma en estas evaluaciones que el último mencionado es más tolerante, obteniéndose mediante el mismo siempre mayores coeficientes de uniformidad (tabla 2). Los coeficientes de cada una de las subunidades estudiadas se agruparon en tres categorías: recomendado, menor y mayor (figura 2), de acuerdo a los valores recomendados para las condiciones locales (80-90% si

la pendiente es mayor al 2%, y 85-90 % si la pendiente es menor al 2 %).

Se puede observar que, si estas mismas categorías se expresan en porcentaje casi un 44 % de las sub-unidades estudiadas se hallan ubicadas por debajo del rango recomendado, presentando reducidos coeficientes de uniformidad. No obstante, el 56 % presenta buenos coeficientes de uniformidad y, de ese porcentaje, el 26,6 % de los casos se encuentra dentro del rango recomendado y el 29 % sobrepasa esas condiciones, superando un coeficiente de uniformidad del 0,9 (figura 3).

Tabla 2: Coeficientes de uniformidad según Christiansen y Merriam-Keller para cada propiedad y subunidad de riego evaluada

N° Propiedad	CU		N° Propiedad	CU	
	Christiansen %	Merriam-Keller %		Christiansen %	Merriam-Keller %
1	95	92	10	94	92
	97	95		89	80
	95	93		92	87
	91	87		89	80
	97	95		93	87
2	93	87	11	94	89
	95	93		86	77
	93	93		88	77
3	94	90	12	95	92
	78	56		95	93
4	91	86		92	84
	94	91	96	94	
	93	90	97	95	
5	87	74	13	90	80
	84	70		96	95
	86	72		96	94
	87	77	90	83	
	74	56	14	91	84
94	90	92		88	
6	94	92	15	86	76
	95	92		67	35
	92	88		71	42
7	80	86	16	78	57
	90	65		85	70
	93	89		86	82
8	91	82	17	97	92
	93	88		89	78
	94	90		69	41
9	75	52	86	77	
	93	91	55	27	
	51	38	76	68	
	92	85	87	75	

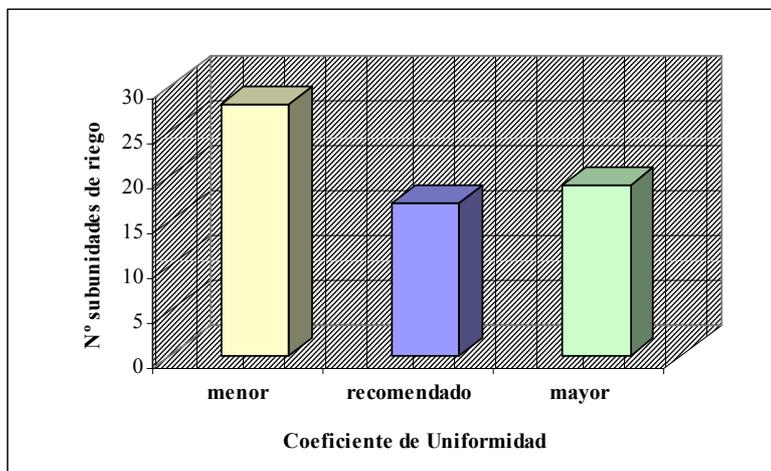


Figura 2: Coeficientes de Uniformidad obtenidos en las subunidades de riego evaluadas

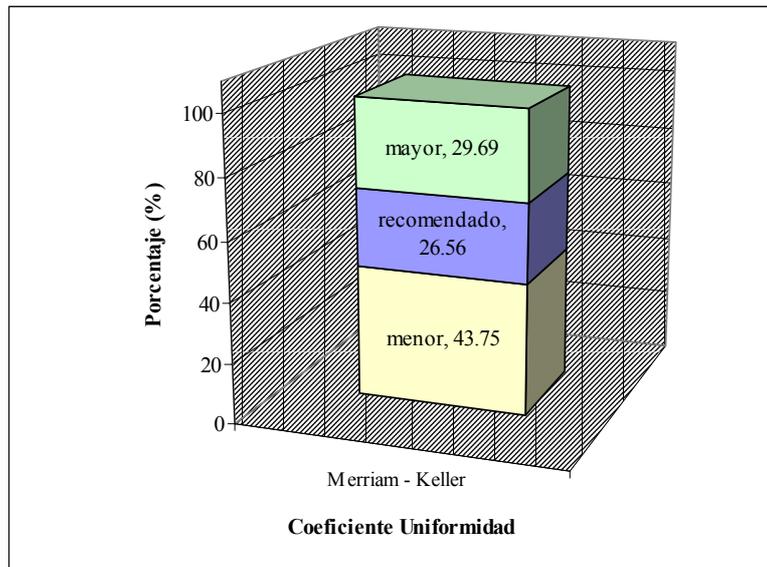


Figura 3: Coeficientes de Uniformidad obtenidos según los valores recomendados.

Además de la clasificación anteriormente mencionada se realizó un diagnóstico a través del método de Bralts y Kesner (1983) en el que se clasifica la uniformidad en función del coeficiente de variación total de caudales. Los resultados obtenidos en las fincas visitadas según esta clasificación muestran una mejor situación respecto del coeficiente de uniformidad. Las categorías *baja* e *inaceptable* conforman menos del 20 % y las tres categorías restantes integran una mejor situación desde *aceptable* a *excelente* (figura 4).

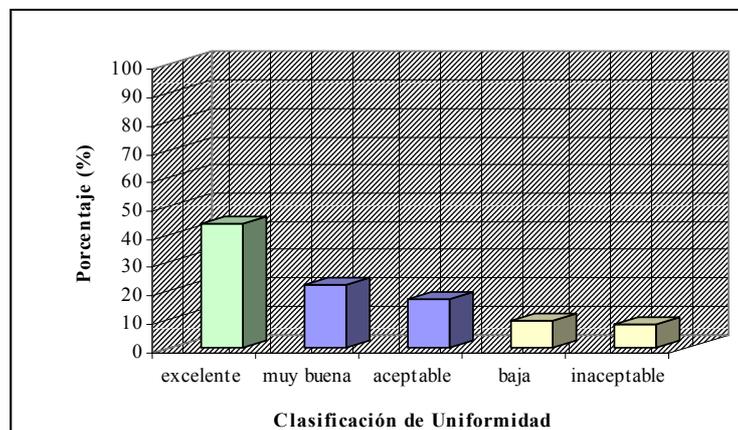


Figura 4: Coeficientes de Variación de caudales según Bralts y Kesner

Realizando una comparación de la clasificación citada según el coeficiente de variación de caudales y el coeficiente de uniformidad, se observa que los valores de este último se encuentran dentro del rango recomendado (80-90 %) y se situarían dentro de la clasificación muy buena, mientras que aquellos que superan dicho rango recibirían una calificación excelente. En contraposición, los coeficientes de uniformidad comprendidos entre 70 – 80 % estarían ubicados en la clasificación aceptable y coeficientes menores, en clasificaciones baja e inaceptable. (La clasificación que aparece como aceptable, no

entraría dentro del rango recomendado en el coeficiente de uniformidad por lo que se la consideraría no conveniente).

El coeficiente de uniformidad y toda otra medida de variación de caudales determina una variación de las láminas aplicadas y -en muchas oportunidades- la reducción del volumen de agua aplicado en los cultivos. La diferencia de uniformidad se traduce en plantas que reciben mayor cantidad de agua mientras que otras obtienen menores volúmenes, no llegando a cubrir las necesidades netas de riego.

b) Caudales entregados

A partir de los datos de los caudales erogados por los goteros de sub-unidades y unidades de cada finca evaluada, se efectuó un análisis estadístico para determinar si existen diferencias significativas entre ellos. Se observa (tabla 3), que sólo una de las fincas evaluadas no presenta diferencias significativas en los caudales erogados entre unidades de riego, ni diferencias entre sub-unidades de riego. El resto de las evaluaciones realizadas presenta diferencias significativas en alguno de los análisis realizados (entre unidades, entre subunidades de una operación, o entre subunidades de operaciones de riego diferentes).

Tabla 3: Diferencias entre los caudales erogados por los goteros de unidades, sub-unidades de una misma unidad o pertenecientes a unidades diferentes

N° Propiedad	Diferencia significativa caudales		
	unidades	subunidades = unidad	subunidades ? unidades
1	si	si	si
2	si	no	si
3		si	no
4	si	si	si
5	no	no	si
6	si	no	si
7	si	si	si
8	no	no	no
9	no	si	si
10	si	si	si
11	no	si	si
12	si	si	si
13	si	si	si
14	no	no	si
15	si	no	no
16	si	no	si
17	si	si	si

c) Inconvenientes observados en las visitas:

A partir de las recorridas por las fincas y del análisis del contenido de las encuestas pueden resumirse los problemas más frecuentemente encontrados:

1. Problemas de diseño:

- Equipos subdimensionados para la demanda del cultivo (según extensión).
- Ausencia de filtros correspondientes.
- Ausencia de manómetros en el cabezal de riego que permitan medir la diferencia de presión entre filtros.
- Distribuidores y/o laterales de menor diámetro.

2. Problemas de manejo del equipo:

- No se efectúa una limpieza adecuada del equipo.
 - Limpieza de reservorios (el problema más frecuente es el de encontrar materia orgánica, por ejemplo: algas).
 - Limpieza de filtros: mediante un retrolavado (con agua) o lavado manual y limpieza con ácidos (para eliminar sales y/o materia orgánica).
 - Limpieza de mangueras o laterales de riego: punta de manguera mínimo una vez por mes en la época de riego (si es posible realizarlo cada 15 días, esto evitaría la acumulación de sales).
 - limpieza con ácido para eliminar sales al menos una vez por año
 - limpieza con cloro si existen problemas de materia orgánica.
 - colocar además un adecuado cierre del final de manguera que permita una apertura y un cierre fácil y rápido. En general se encuentran las mangueras retorcidas y atadas a los postes, esto complica al operario que finalmente por ser poco práctico no efectúa la limpieza de punta de manguera.
- Pérdidas de presión muy importantes entre inicio y final de lateral de riego.
- Roturas y pinchaduras: en laterales y en uniones tipo T.
- Corrimiento de las gotas a través del lateral de riego: los laterales de riego no mantienen la horizontalidad, ya sea porque no se encuentran adecuadamente tensados, porque no poseen enganches con el alambre, o bien porque estos últimos están mal ubicados (corridos).
- Punta de mangueras caídas al final de línea.
- Laterales enterrados (con emisores que no son los recomendados por los fabricantes como subsuperficiales)
- Emisores totalmente obturados, ya sea por las sales o bien por algas, incluso después de la limpieza anual. Cuando la obstrucción es importante y no se obtiene una mejoría con la limpieza, se deben cambiar los emisores.

La experiencia en el seguimiento de la evolución del riego presurizado en nuestro medio nos permite afirmar que si bien hay un cambio significativo en la calidad del servicio de post-venta de equipos todavía resulta insuficiente. Un seguimiento periódico por parte de los especialistas tanto del equipo de riego como de fertilización aseguraría al productor eliminar ineficiencias que se trasladan a sus costos y, sumadas, afectan el desempeño de su sistema productivo y le significan una gran pérdida de tiempo. Un adecuado servicio de post-venta es un valioso complemento del asesoramiento técnico y del conocimiento “in situ” del encargado de la finca y juntos, eficientemente coordinados, traducen en eficiencia los costos de esa tecnología de riego

3. Agronómicos:

- El criterio de riego en la mayoría de los casos se maneja por determinación visual y no se acompaña con ningún otro método de estimación de evapotranspiración. En los tres casos que se ha encontrado un tanque evaporímetro tipo A, estos estaban en desuso.
- Ausencia de registro de caudales entregados, las fincas no conocen el volumen de agua que entregan diariamente, pese a disponer de caudalímetros.

c) Salinidad y sodicidad de los suelos

En la tabla 4 se observan mayores valores medios de estas variables en el interfilar respecto al bulbo en todo el perfil del suelo. No se observan grandes diferencias entre las profundidades de muestreo para cada ubicación. En general se destaca una alta dispersión de los datos. En las figuras 5 a 7 se observa además que la dispersión de los datos es mayor en el interfilar.

Tabla 4: Media y desviación estándar de las variables indicadoras de salinidad y sodicidad según profundidad y ubicación de muestreo

Variables respuesta	Profundidad de muestreo (m)	Ubicación			
		Bulbo		Interfilar	
		Media	DS	Media	DS
CEes (dS/m)	0,10 - 0,30	2,15	1,75	3,41	3,79
	0,30 - 0,50	1,80	1,39	3,70	3,91
RAS	0,10 - 0,30	2,53	1,60	4,51	6,49
	0,30 - 0,50	2,46	1,77	4,12	5,16
Cl (me/L)	0,10 - 0,30	6,32	7,35	13,71	26,04
	0,30 - 0,50	5,32	5,22	17,65	30,11

El análisis inferencial indica que existen diferencias significativas entre las medias de CEes según la ubicación, para un $\alpha=0,05$. La salinidad en el interfilar es 59 % mayor que en el bulbo para la profundidad de muestreo de 0,10 - 0,30 y 106 % mayor que en el bulbo para la profundidad de muestreo de 0,30 - 0,50. Un resultado similar se obtuvo en el análisis realizado en las variables RAS (78 y 67 % mayor en el interfilar que en el bulbo para las respectivas profundidades) y en la presencia del anión Cl^{-1} (117 y 232 % mayor). No existen diferencias significativas entre las medias de las variables analizadas según la profundidad de muestreo.

Del análisis de regresión se obtuvo un modelo significativo que explica la variación de salinidad en los suelos (tabla 5).

Tabla 5: Modelo de regresión lineal significativo

Información del modelo			Parámetros del modelo		
Variable respuesta	N° observaciones	R ² ajustado	Variables explicativas	Coefficiente	Error estándar
Cees	204	0,13	Interfilar	1,59	0,40
			CE agua	1,26	0,38
			Vol. sedimentación	0,06	0,02
			β_0	-4,62	1,88

Si se expresa como ecuación significa:

$$CEes_{(\text{bulbo o interfilar})} = 1,59 * (\text{bulbo} = 0 ; \text{interfilar} = 1) + 1,26 * CE_{\text{agua}} + 0,06 VS - 4,62$$

CONCLUSIONES Y DISCUSION

Del análisis de los resultados se concluye que el 44 % de las subunidades estudiadas presentan un CU (según Merriam y Keller) ubicadas por debajo del rango recomendado.

Se observa que el 94% de fincas evaluadas (16 de las 17) presentan diferencias significativas entre los caudales erogados por los emisores, en alguno de los análisis realizados (entre unidades, entre subunidades de una operación, o entre subunidades de operaciones de riego diferentes).

Si bien existen diferentes problemáticas en las propiedades visitadas, centrándose sólo en aquellos aspectos que el productor o el técnico a cargo pueden modificar, podría mencionarse al manejo como el punto clave sobre el cual se tendría que enfatizar el esfuerzo para elevar el desempeño del sistema ya que es el más fácil y factible de mejorar.

El inconveniente más frecuente en la gran mayoría de las propiedades visitadas es el mantenimiento inadecuado del equipo. No se conoce o -en su defecto- no se realiza el mantenimiento oportuno. Debe comprenderse que la utilización de filtros, el control de presiones, las limpiezas periódicas (con agua) y profundas (con ácidos y/o cloro) del sistema, el recambio de los elementos rotos, el control del equipo tanto en el cabezal, como en el campo, resulta fundamental para un funcionamiento eficiente del equipo de riego, las recorridas frecuentes por la finca permitirían verificar los laterales, los emisores, el funcionamiento general del sistema de riego.

Si bien el riego por goteo es un método que permite la automatización esto no implica desentenderse del mismo. El equipo de riego requiere de -al menos- una persona fuertemente dedicada al mismo. Esta tarea deberían incluirse en las actividades anuales de la propiedad al igual que la poda, atadura, control de malezas, aplicación de herbicidas, funguicidas, cosecha, limpieza del sistema, etc. de manera de no descuidarlas y planificar perfectamente su ejecución.

Con respecto al aumento de salinidad, sodicidad y presencia del anión cloruro en los suelos del interfilar respecto del bulbo, las diferencias son significativas evidenciando un aumento gradual, que si bien en la mayoría de los casos no es exagerado, constituye una preocupación que obliga a un control más o menos frecuente. Como recomendación de manejo se sugiere que -anualmente- se tomen muestras de suelo en bulbo e interfilar (cabeza medio y pie) a diferentes profundidades, en una o más unidades (operaciones) representativas, a fin de conocer la evolución del proceso. Si se observaran valores de salinidad elevados se deberían realizar lavados (en invierno) por superficie o por goteo o incrementar la lámina extra de riego para satisfacer el requerimiento de lixiviación.

No se ha observado variaciones de salinidad, sodicidad y presencia del anión cloruro entre diferentes profundidades de muestreo. Ello puede deberse a que las muestras deberían haber sido más espaciadas en profundidad. Se recomienda profundizar el análisis en el futuro y en lugar de extraer muestras entre 0,10 y 0,30 m y entre 0,30 a 0,50 m, llevar la muestra más profunda a más de 50 cm (0,10 a 0,30 m y de 0,50 a 0,70 m, por ejemplo)

En el 24% de los casos analizados (4/17) se ha observado sub-dimensionamiento de equipos, que obligan a estrategias de riego diferenciales, como regar anticipadamente al inicio del ciclo agrícola (durante el invierno) para almacenar suficiente agua en el perfil del suelo y asegurar una reserva de agua disponible en el suelo, en los momentos de máximo requerimiento por parte del cultivo

BIBLIOGRAFÍA

- Castro Teodoro.** (1997). *Evaluación de sistemas de riego localizado en uva de mesa.* 1er Seminario de actualización en riego presurizado. Sección 6. CIAM – INA, Mendoza, Argentina
- Centro de Ingenieros Agrónomos de Mendoza e INA.** 1997. 1º Seminario de Actualización en riego Presurizado. 10 al 12 de julio de 1997. Mendoza – Argentina.
- Chambouleyron J., Rearte E., Mármol P., Salatino S., Maffei J., Del Toro S., y Castellanos S.** (1998). *Desempeño del riego presurizado en la evolución de la salinidad y los nemátodos del suelo.* XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Conosur, Tomo 3, pp. 287-289. Santa Fe, Argentina.
- Chambouleyron J., Rearte E., Salcedo C., Ortiz Maldonado G., Salatino S., Pombo F. & Aguado G.** (2001). *Pressurized irrigation in the evolution of salinity in drip irrigated vines.* International symposium on irrigation and water relations in grapevine and fruit trees. Mendoza – Argentina.
- Gornat B.** (1974). *Drip irrigation method.* Ministry of Agriculture and Natural Resources of Iran. Teheran. Iran.
- INDEC.** (2003). *Censo Nacional Agropecuario 2002.* Argentina.
- Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas – Centro Regional Andino, Universidad Nacional de Cuyo, Departamento General de Irrigación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Dirección Tecnología Frutihortícola del Gobierno de Mendoza, Centro de Ingenieros Agrónomos y Grupos CREA de Mendoza. 1993. Seminario Nacional de Riego Presurizado, Mendoza – Argentina.
- Keller, J y Karmeli D.** *Trickle irrigation design.* Rainbird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora, CA.1974.
- Keller, J y Bliesner Ron.** *Sprinkle and Trickle irrigation.* Chapman & Hall Editorial. 1990.
- Morábito José A., S. Salatino, C. Mirábile, J. Chambouleyron, L. Fornero y M. Nuñez.** (1998). *Evolución del riego presurizado en diferentes regiones de Argentina.* XVII Congreso Nacional del Agua y II Simposio de Recursos Hídricos del Conosur. Santa Fe – Argentina.
- Nijensohn León.** (1977). *Criterios de eficiencia de lavado y desalinización con riego por goteo.* Segundo Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo. OEA-IICA. Coahuila. México
- Pizarro Fernando.** (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia.* Goteo Microaspersión y exudación. Ediciones Mundi Prensa.
- Rearte E., Chambouleyron J., S. Salatino, C, Salcedo y J. Maffei.** (2004). *Generación de modelos para la determinación de la evolución de la salinidad en vid regada por goteo.* Secyt – UNCuyo. Mendoza – Argentina.
- Rodrigo López J, J.M. Hernández Abreu, A. Pérez Regalado y J.F. González Hernández.** (1997). *Riego Localizado.* Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. Ediciones Mundi Prensa, España.