

RIEGO POR SURCOS Y CON ADUCCIÓN CALIFORNIANA

Buenas prácticas para mejorar la eficiencia de riego

Por Jorge Velasco Cruz

La entrada de Chile a los mercados internacionales ha llevado a que los productos agrícolas deban cumplir exigentes estándares de calidad. Por ello, certificarse en protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) como GlobalGap y EurepGap es hoy una obligación para aquellos que pretenden exportar. Pero no sólo la calidad del agua y de los productos juegan roles fundamentales. El riego también ocupa un capítulo especial: se debe utilizar el sistema más eficiente y comercialmente más práctico, elaborar un plan documentado para aumentar su eficiencia con el tiempo, y considerar cálculos para determinar las necesidades de riego de los cultivos.

“Cuando un protocolo internacional pide certificar buenas prácticas de riego, se debe mostrar qué sistema se está utilizando, los calendarios de riego y la calidad del agua que se usa. Todos esos aspectos se relacionan con el mejoramiento de la eficiencia del riego intrapredial”, explica Alejandro Antúnez, ingeniero agrónomo y Ph.D. de Inia Rayentué.

Las BPA piden buscar la mejor práctica en relación a la economía del cultivo y, si ello no es posible, optimizar el sistema de riego que se tiene instalado. Según los expertos, la eficiencia de los distintos sistemas va de 10 a 30% en el riego por tendido, pasando por un rango de 40 a 85% en el riego por



Alejandro Antúnez, ingeniero agrónomo (Ph.D.) de Inia Rayentué.

surco o de 40 a 80% en el realizado por platabandas, hasta entre un 50 y 95% en el riego presurizado. Dichos márgenes dependen del manejo que se realice de cada procedimiento. “No por el hecho de tener un sistema de riego en teoría eficiente, se va a lograr esa eficiencia teórica. El manejo del sistema tiene mucho que ver con la eficiencia final”, sostiene Antúnez.

El 95% del riego en Chile es superficial. De éste, el riego por surco es uno de los más tradicionales y extendidos en frutales y cultivos en hileras, que son los de mayor rentabilidad económica. Su eficiencia promedio es de 50%, pero una mala implementación

puede bajar su eficiencia a un 30%; esto quiere decir que de 100 litros, sólo 30 llegan al cultivo. “La eficiencia de riego —explica Antúnez— se relaciona con cuánta agua de la que aplico queda retenida en el perfil de suelo y disponible para los cultivos, cuán uniforme es el riego en todo el predio, qué cantidad de agua requiere el cultivo y cómo soy capaz de entregarla... Si logramos tener esos tres factores en 100 % podríamos lograr una alta eficiencia”.

En Chile el riego por surco es uno de los predominantes y muchos agricultores creen manejarlo adecuadamente, pero la realidad es que su mal uso es el causante de percolaciones profundas y de

El riego por surcos es uno de los más tradicionales del país, pero ello no asegura su adecuada implementación. Algunas nociones básicas y la incorporación de tecnología, como por ejemplo la implementación de un sistema de aducción californiano, pueden elevar su eficiencia de riego a más de un 65%.

arrastrar contaminantes a las napas subterráneas. Para evitar estos efectos, el considerar algunas nociones que lleven a mejorar su implementación –largo y separación de los surcos, programación de riego, etc.– y el implementar tecnologías que aumentan la eficiencia –como el sistema de aducción californiano– pueden transformarse en aspectos claves para regar mejor, cuidar el medio ambiente y cumplir con las normas internacionales.

Ventajas y claves del riego por surcos

Un adecuado sistema de riego superficial debe enfocarse en disminuir las pérdidas de agua que se producen por percolación más allá de la profundidad a la que se ubican las raíces de las plantas. Además, debe lograr una adecuada distribución del agua en el suelo, favoreciendo el desarrollo parejo del cultivo. Por ello, en los sistemas de riego superficiales en general, y en el de surcos en particular, se requiere de diseño y revisión para mejorar y optimizar la eficiencia. “Conociendo la velocidad de infiltración y la textura del suelo, se pueden determinar el largo de los surcos, los tiempos de riego óptimos y adaptar el predio a esta optimización”, comenta Alejandro Antúnez.

El riego por surcos rectos consiste en la entrega de agua desde una acequia madre a pequeños canales o surcos ubicados entre las hileras de siembra o plantación (hortalizas, chacras, frutales), a través de los cuales se moja todo el suelo explorado por las raíces de las plantas. Sus ventajas son que no necesita de grandes inversiones en equipos, puede alcanzar buena eficiencia de aplicación si el manejo es adecuado, no interrumpe las otras labores del campo si se mantiene seca el área entre surcos, permite el manejo de

los caudales y una baja erosión del suelo, facilita un fácil lavado de sales, es adecuado para cultivos que requieren aporque y los caudales se pueden regular con sifones, mangas o tuberías.

Pero también puede presentar deficiencias como grandes pérdidas de agua en el caso de suelos arenosos o escurrimiento superficial, dificultad para aplicar dosis pequeñas de agua, peligro de erosión en terrenos con mucha pendiente y dificultad para lograr un riego uniforme. Si el sistema no está bien diseñado puede ser muy ineficiente. Por ello, para aumentar su rendimiento, se debe nivelar adecuadamente el suelo y considerar las características del terreno (velocidad de infiltración, retención de agua, profundidad del perfil, densidad aparente entre las distintas estratas). De lo contrario, los surcos pueden destruirse o bien el agua se podría apozar en los sectores bajos.

Un sistema de riego por surcos debiera considerar los siguientes aspectos:

Tipo de surco: el surco puede ser en zig-zag, contorno o tasa. El primero se utiliza en cultivos permanentes –especialmente en suelos arcillosos en que el agua penetra lentamente– para permitir un mayor tiempo de contacto entre el suelo y el agua. El de contorno, en tanto, sigue las curvas de nivel y se emplea en suelos con mucha pendiente (1 % a 2 %) que no son posibles de nivelar. La tasa se emplea alrededor de los árboles frutales y permite llevar el agua de una tasa a otra por medio del surco.

Forma: varía según el instrumento con el cual se construye el surco (triangular, trapezoidal) y el tipo de suelo. Deben ser más anchos para aquellos terrenos con baja velocidad de infiltración, para así aumentar el área mojada y la superficie de contacto agua-suelo. En general, los surcos pueden ser tipo “V”, cuyas dimensiones varían de 15 a 20 cm de profundidad

Distancia entre surcos (cm)

Profundidad Radicular (cm)	Arenoso	Medio	Arcilloso
30	15	45	75
60	30	90	150
90	45	135	225
120	60	180	300
150	76	225	375
180	90	270	450

(Fuente: Cartilla Divulgativa, Proyecto PROMM. Convenio INIA-Odepa: Métodos de Riego)

LONGITUD MÁXIMA DE SURCOS (m)

Textura	Arenosa		Franca		Arcillosa	
Profundidad suelo (cm)	50	100	50	100	50	100
Pendiente (%)						
0.25	150	220	250	350	320	460
0.5	105	145	170	245	225	310
0.75	80	115	140	190	175	250
1.00	70	100	115	165	150	230
1.50	60	80	95	130	120	175
2.00	50	70	80	110	105	145

Fuente: Cartilla Divulgativa; Proyecto PROMM; Convenio INIA –ODEPA; Métodos de Riego.

Caudales Máximo No Erosivos y Reducidos para Diferentes Pendientes

Pendiente (%)	Caudales (l/s/m)	
	Máximos	Reducidos
0.2	3.2	1.6
0.4	1.6	0.8
0.6	1.1	0.5
0.8	0.8	0.4
1.0	0.6	0.3
1.2	0.5	0.3
1.4	0.5	0.2
1.6	0.4	0.2
1.8	0.4	0.2
2.0	0.3	0.2

Nota: Los valores de gasto máximo pueden ser modificados de acuerdo a la experiencia que se obtenga en cada caso particular.

y 25 a 30 cm de ancho superior, y de sección parabólica, con profundidades de 30 a 35 cm y fondos de 15 a 30 cm. Después de los primeros riegos, los surcos tienden a tomar una forma semicircular por efecto del paso de agua.

Espaciamiento: la distancia entre surcos depende, entre otros factores, del tipo de suelo: debe ser menor en suelos de textura gruesa y mayor en los de textura fina (o pesada). Así, en suelos

arenosos, con más mojamiento en profundidad que lateral, los canales se deben trazar más juntos. Por el contrario, en los arcillosos, donde el agua se infiltra más lento y el mojamiento lateral es mayor, los canales pueden tener más separación. Otros factores determinantes son el tipo de cultivo y la maquinaria disponible a utilizar. Para verificar si el espaciamiento es el adecuado, es conveniente regar por un largo tiempo (4 a 8 horas)

Presión Nominal de Trabajo en Tuberías de PVC, según clase

(Fuente: Vinilit, 2001)

Clase	Largo Total (m)	Diámetro Externo (mm)	Espesor (mm)	
			Mínimo	Máximo
2,0	6,2	200	2,0	2,4
2,0	6,2	250	2,5	3,0
2,5	6,25	315	3,9	4,5
2,5	6,3	400	4,9	5,6

(Fuente: Cartilla "Sistemas de Aducción Californiano", de Reckmann y Felmer)

Tiempo de riego para mojar un metro de suelo de acuerdo a la textura

Textura del suelo	Tiempo de riego para mojar 1 metro de suelo (horas)
Arcilloso	15-25
Arcilloso-arenoso	10-15
Franco-arcilloso-arenoso	5-10
Franco-arenoso	1-5

(Fuente: Cartilla Divulgativa, Proyecto PROMM. Convenio INIA-Odepa: Métodos de Riego)

y, después de un día, tomar una muestra para ver si se humedeció el terreno entre los surcos. En el caso de que no sea así, habría que acercarlos un poco más (ver recuadro distancia surcos).

Longitud: en los riegos superficiales se obtiene una mayor profundidad de mojamiento en la cabecera que al final. Por lo que se debe buscar humedecer, a la profundidad deseada, a todo lo largo del surco. Los factores principales que determinan el largo máximo de los surcos son: tipo de suelo, pendiente del terreno, profundidad del sistema de raíces del cultivo, caudal utilizado y tiempo de aplicación del agua. Los surcos deben ser más cortos si hay mucha pendiente en el terreno, si son de poca profundidad, si el suelo es más arcilloso, si los cultivos son de arraigamiento superficial y si los caudales aplicados son más bajos (ver recuadro Longitud Máxima de Surcos).

Caudal: para facilitar que el agua moje el surco en forma pareja, se debe aplicar la máxima cantidad de agua que pueda llevar sin que esto cauce erosión o arrastre

de partículas del fondo. Este caudal se conoce con el nombre de "caudal máximo no erosivo", y depende de la textura y pendiente del terreno. El caudal máximo no erosivo se calcula por la ecuación Q_{max} (caudal máximo) = $0,63/s$ (pendiente del terreno). Así, por ejemplo, para una pendiente de 1,5%, el caudal máximo no erosivo será de 0,42 l/s. Cuando el agua llega al final del surco se debe reducir el caudal a la mitad o a un tercio del original para disminuir las pérdidas por escurrimiento. Esto se debe a que la velocidad de infiltración del suelo disminuye a medida que el agua permanece en el surco, lo que implica que el escurrimiento superficial aumenta. "Si mantuviera el mismo caudal inicial –dice Alejandro Antúnez–, se van a tener pérdidas. Si, en cambio, siempre aplicara un caudal muy reducido todo el tiempo de riego, demoraría mucho en llegar al final del surco y va a tener grandes pérdidas en la cabecera por percolación profunda. Entonces, se recomienda siempre aplicar un caudal que sea adecuado a la pendiente, a la textura del suelo,

y además aplicar dos caudales: máximo no erosivo en un comienzo y después reducir".

Tiempo de Riego: se define como la suma del tiempo necesario para que el agua alcance el final del surco y para que llegue a ella la dosis de agua necesaria. El tiempo de riego depende de las condiciones de infiltración y de la profundidad de las raíces.

Sistema de Aducción Californiano:

Tecnología para aumentar la eficiencia

Una tecnología que se puede aplicar al riego por surcos, para no provocar erosión del suelo y aumentar la eficiencia (puede llegar al 70 %), es el Sistema de Aducción Californiano. Éste, según la cartilla "Sistemas de Aducción Californiano" (INIA Rayentué, 2003), escrita por los agrónomos Sofía Felmer y Oscar Reckmann, consiste en la conducción y distribución de agua de riego a través de tuberías, permitiendo la entrega del

agua hacia surcos, bordes o platabandas. "No es un método de riego. Sigue siendo un riego por surco, pero la cabecera va conectada a tuberías de baja presión", precisa Alejandro Antúnez.

El sistema californiano debe ubicarse en el sector más alto del área a regar. Así utiliza los desniveles naturales y obtiene la presión mínima necesaria que permite la aducción del agua, a través de tubos elevadores o compuertas de riego, favoreciendo la entrega del agua a presiones reguladas y caudales controlados. Las tuberías utilizadas son de baja presión, por lo que se requiere sólo una altura entre 20 y 50 cm para iniciar la carga. Se recomienda que el ancho de la zanja donde se va a instalar la tubería tenga 30 cm más que ésta y que la profundidad no sea inferior a 65 cm, de manera que queden 40 cm de suelo sobre el tubo.

Los beneficios del sistema californiano son diversos: disminuye pérdidas por infiltración y evaporación en la conducción y distribución del agua, evita el crecimiento de malezas a nivel de las cabeceras



de riego, es de bajo costo (según Alejandro Antúnez, su implementación podría ir de \$700 mil a \$1 millón/ha), permite aumentar la superficie cultivada al reemplazar acequias de conducción y distribución por tuberías enterradas (prácticamente no ocupa sitio en el terreno a regar) y facilita el movimiento de maquinaria agrícola al suprimir acequias y sectores anegados. Además, sus materiales son de fácil almacenaje, transporte e instalación; las tuberías son lisas, flexibles (PVC y polietileno) y facilitan el flujo de agua. Pero, en contrapartida a todas sus bondades, también presenta algunas limitaciones. Desde luego, no alcanza el nivel de eficiencia del riego localizado. Requiere, además, de supervisión por lo que no se puede implementar por tiempos demasiado extensos, no permite aplicar fertilizantes ni pesticidas al agua de riego, y precisa de un dren evacuador para la limpieza.

Existen dos tipos de sistema de aducción californiano: fijo y móvil. El primero consiste en una red de tuberías enterradas, con una ubicación única; ésta necesita de un levantamiento topográfico de la cabecera del sector a regar, y conocer el caudal disponible y posible de aplicar en cada riego. El móvil, en tanto, cuenta con pequeñas compuertas en la pared del tubo que permiten la regulación puntual de los caudales. En él, además, se puede trasladar la tubería utilizada desde un sector a otro del predio, gracias a un sistema de acople rápido.

Partes de un sistema Californiano

Según describe el libro de Felmer y Reckmann, el sistema fijo está compuesto por los siguientes elementos: decantador, cámara de entrada, tubería de conducción, elevadores, campanas de distribución, válvula de huerto, cámara reguladora de presión, válvula

de alfalfa, válvula beta y cámara de limpieza (ver esquema).

Decantador

Es una obra diseñada para reducir la velocidad del agua durante un intervalo de tiempo. Físicamente, consiste en un estanque alargado, construido en tierra, de sección trapezoidal y/o rectangular de anchos variables, que aumenta en el sentido del escurrimiento. En la parte inferior y en toda su longitud, se construye una canaleta revestida para facilitar la remoción automática de sedimentos, sin que se produzca erosión en los taludes.

Las partículas sólidas en suspensión contenidas en el agua se depositan por gravedad antes de entrar al sistema de tuberías. La velocidad de entrada del agua al desarenador no debe ser tan baja como para que las partículas en suspensión se depositen con anticipación. La operación eficiente del decantador se basa en obtener un control de las velocidades del agua que entra a la estructura y de la velocidad de sedimentación

de las partículas: el tiempo de sedimentación debe ser menor que el tiempo requerido para el transcurso de agua por todo el largo del decantador.

Cámara de Entrada

Para conducir el agua a través de las tuberías, es necesario tener en la entrada del sistema una carga de agua de unos 20 a 50 cm por sobre la superficie del terreno. Para lograrlo, es necesario contar con una cámara de carga o de entrada, que se construye normalmente de ladrillos y se estuca interiormente.

Tubería de conducción

Consiste en una sucesión de piezas (generalmente en PVC) unidas formando un circuito por donde circula el agua de riego desde la fuente hasta el terreno a regar, distribuyéndola en surcos, bordes y platabandas.

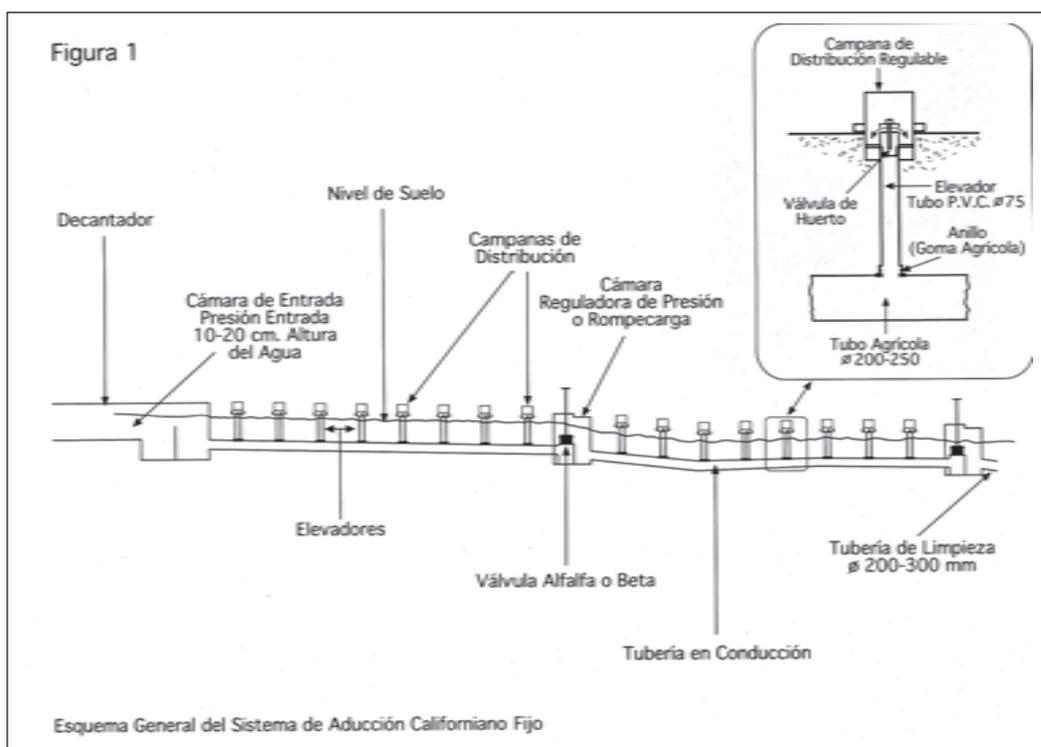
Las tuberías no pueden ser instaladas sin protección a la intemperie. La luz solar degrada el material por lo que se le puede enterrar o recubrir con pinturas

protectoras. En general, tienen un largo total aproximado de 6 m. Se fabrican en diámetros de 200 mm que equivale a 8" (pulgadas) y de 250 mm o 10"; las primeras pesan aproximadamente 1,8 kg y las otras cerca de 2,8 kg. La tubería de 8" puede conducir hasta 73 lt/s y la de 10", hasta 130 lt/s.

En el caso de conducción y distribución de agua a bajas presiones, se utiliza tubería de PVC clase de presión 2,0 y 2,5, que resiste presiones hidrostáticas internas de 2,0 kg/cm² y 2,5 kg/cm², respectivamente. A esta tubería se la conoce como tubería de acople rápido, utilizándose especialmente en el riego californiano móvil. Se instala fácilmente y se sella con una goma que, gracias a la presión, no permite filtraciones.

Tubo elevador

Conecta, mediante una goma, la tubería de conducción con la ascensión del agua y posterior ingreso a la campana. Se ubica frente a cada hilera de plantas, con el fin de no entorpecer el paso de la maquinaria, y a una altura sufi-



(Fuente: Cartilla "Sistemas de Aducción Californiano", de Reckmann y Felmer)

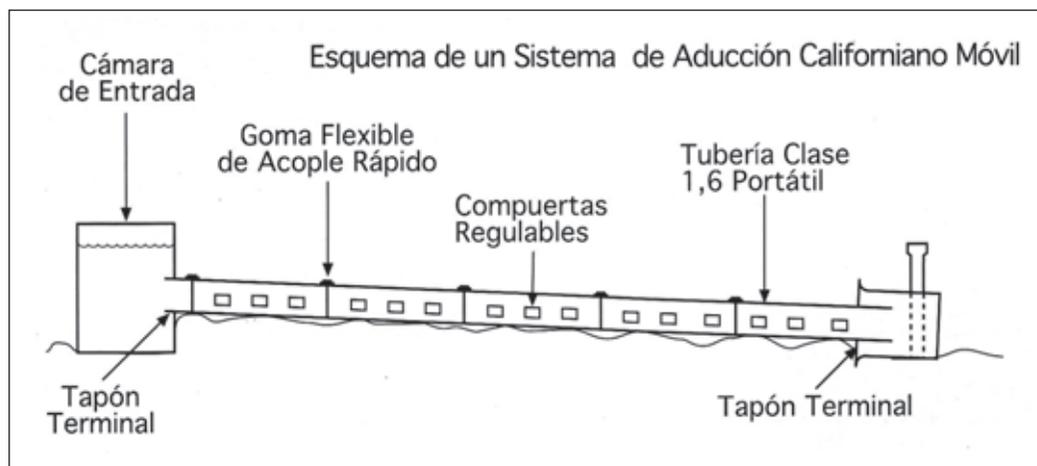
ciente para poder colocar encima una campana de distribución y la válvula de huerto. El tubo elevador es de PVC sanitario clase 6 de 75 mm de diámetro y 1,8 mm de espesor de pared. La longitud del elevador depende de la pendiente del terreno, lo que condiciona la distancia entre la tubería de conducción y la superficie del predio.

Campana de distribución

Se ubica en la superficie del suelo a regar frente a cada hilera en el sentido del riego. Su función es recibir el agua desde la tubería de conducción, para entregarla al surco por los orificios de salida. De esta forma se impiden los daños por erosión que habría si el agua saliera directamente e impactara en el suelo. Básicamente, la campana de distribución consiste en un cuerpo cilíndrico de PVC de 200 mm de diámetro, en cuya base posee un orificio central de 75 mm de diámetro; ahí se conecta un tubo elevador que comunica la campana con la tubería de conducción. La boca superior de la campana es abierta y permite que el chorro de agua que se forma a la salida del elevador sobrepase el borde de ésta. En el extremo superior del tubo elevador se ubica una válvula de huerto que regula o controla el caudal de salida en cada campana. En la cara correspondiente a la media sección del cuerpo de la campana que mira hacia las hileras de riego, hay 4 orificios equidistantes entre sí, que permiten la salida del agua al terreno de riego orientando el flujo en el sentido de los surcos y platabandas una vez que el agua alcanza la altura necesaria para hacerlo.

Válvulas de huerto

Se ubican en el extremo superior del tubo elevador. Permiten regular el caudal de entrega a los surcos, compensando el efecto de mayor presión. Están confeccionadas en PVC de 75 mm de diáme-



(Fuente: Cartilla "Sistemas de Aducción Californiano", de Reckmann y Felmer)

tro y consisten básicamente en un cuerpo de asiento con una tapa rosca, con capacidad para regular el flujo en toda la gama entre 0 y 100% del caudal máximo por elevador.

Cámara Reguladora de Presión o Rompecarga

Permiten regular la presión en el sistema de conducción para evitar sobrecargas y daño en las tuberías y uniones. Estas cámaras se construyen de ladrillos o de tubos de cemento comprimido de 600 mm de diámetro. En su interior llevan una válvula alfalfa, que permite cortar total o parcialmente el paso del agua en diferentes tramos de la tubería de conducción, para así habilitar la salida de agua por los tubos elevadores.

Válvula Alfalfa

Es un dispositivo hidráulico –instalado en la cámara reguladora– que permite controlar la presión del agua en las tuberías de conducción y de distribución del sistema. La apertura y cierre de la válvula debe realizarse con una llave especial denominada "llave de Válvula Alfalfa", la cual debe corresponder al diámetro de la tubería.

Válvula Beta

Regula el caudal de la tubería en el punto en que se instala, mediante el movimiento de un espejo

que abre o cierra el paso del agua que pasa a través de ella. Esta válvula no modifica ni regula la presión del agua en las tuberías, no necesita cámara y al ser hermética permite la presurización de la línea sin romper la carga. Permite regar el predio por sectores.

Cámaras de Limpieza

Son estructuras que se instalan al final de la red, que permiten regular la carga y limpiar el sistema de tuberías enterradas. Se construyen exactamente igual que las cámaras reguladoras. En ambos tipos de cámaras, las válvulas alfalfa se montan sobre un codo de PVC. Para permitir el autolavado de la red, se recomienda una pendiente mínima de 0,2 %.

Sistema Californiano Móvil

En este caso, la acequia en la cabecera es reemplazada por una tubería de 200 mm de diámetro. El agua se entrega a los surcos por medio de pequeñas compuertas que se regulan y que permiten controlar el caudal que se aplica a cada uno. El sistema está compuesto por una cámara de entrada que carga el agua a 20 a 40 cm por sobre la boca de los tubos y que es muy similar al utilizado en el sistema californiano fijo. Las tuberías de PVC, en tanto, son clase 2,0 y 2,5 de 200 y 250 mm de diáme-

tro, unidas entre sí por una goma que permite una rápida unión y desacoplamiento. En cuanto a las válvulas de compuerta regulables, cada una debiera alimentar dos o más surcos y se recomienda que cada tubo lleve un máximo de 4 a 5 orificios. Para ello es necesario cortar ventanas en el tubo de 6,8 por 3,3 cm e introducir la compuerta. Finalmente, al terminar la serie de tubos, hay que colocar un tapón terminal para así generar presión en el interior de la tubería y evitar la fuga en la parte posterior de la misma. **CR**



* Fuentes: "Sistemas de Aducción Californiano", Oscar Reckmann y Sofía Felmer, Inia Rayentué, 2003. "Sistema Californiano Móvil", Edmundo Varas y Néstor Cabas, Serie Quilamapu N°50, Inia, 1993. "Métodos de Riego", Cartilla Divulgativa, Inia La Platina. Maldonado I., Isaac (Ed) 2001, "Riego y Drenaje Guía del Extensionista", Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chillán, Chile. Publicaciones financiadas por CNR.