

## TECNOLOGIA DE RIEGO AL INICIO DEL TERCER MILENIO

LUIS A. GUROVICH

*Ingeniero Agrónomo Ph. D.*

*Profesor Titular*

*Pontificia Universidad Católica de Chile*

### RESUMEN

Se presenta el escenario de las más modernas técnicas de riego, que en la próxima década serán incorporadas aceleradamente por la agricultura chilena. El énfasis no se orienta exclusivamente a ahorrar agua con mejores técnicas de riego, sino también a lograr que la disponibilidad de agua en el suelo sea óptima para el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos agrícolas.

### INTRODUCCIÓN

Faltando solo días para entrar al nuevo milenio, resulta interesante explorar acerca de algunos desarrollos tecnológicos de reciente aparición en el riego, cuya adopción por la agricultura chilena en los próximos años significará una verdadera revolución en la forma de producir los cultivos en el campo.

Los aspectos más sobresalientes de la nueva tecnología de riego abarca prácticamente toda la gama de disciplinas que de una u otra forma interactúan para definir, diseñar, operar y evaluar el riego agrícola. Es importante señalar que en los últimos años la antigua práctica agrícola de producción de cultivos, conocida como riego, no era más que un conjunto de aproximaciones empíricas y más bien cualitativas y artesanales para resolver casos puntuales de riego deficitario; hoy día el riego agrícola está respaldado por un creciente número de avances científicos y tecnológicos, situación que ha transformado a esta práctica en una

verdadera tecnología científica, que utiliza cada día más el aporte de otras disciplinas más básicas para ser implementada con éxito comercial, tanto en la agricultura empresarial como también por los pequeños y medianos productores agrícolas.

Hasta hace muy pocos años, el principal estímulo para tecnificar el riego agrícola se centró en el objetivo de ahorrar agua, por medio de un incremento paulatino de la eficiencia de aplicación (reducción de la percolación profunda bajo la zona del perfil del suelo ocupado por las raíces y/o del escurrimiento superficial fuera de la unidad de riego). La disminución paulatina del recurso agua para riego determina hoy que existan en el mundo amplias regiones en que es necesario implementar estrategias de riego deficitario, por debajo de los requerimientos de cada cultivo, disminuyendo la productividad de los cultivos, pero maximizando la rentabilidad por medio del uso de menos insumos, como agua y fertilizantes.

La preocupación más intensa de los especialistas en recursos naturales es la comprobación dramática de la acelerada disminución en la disponibilidad de agua para la humanidad. El uso del agua para el riego de los cultivos agrícolas es la actividad humana que requiere los mayores volúmenes, tanto por unidad de superficie como por tonelada de producción. A modo de ejemplo, se requieren 250 m<sup>3</sup> de agua para la producción de una tonelada de acero, 750 m<sup>3</sup> de agua para refinar una tonelada de petróleo y más de 10.000 m<sup>3</sup> de agua para producir tan solo una tonelada de trigo. El valor

social y económico de esas producciones es también muy diverso, con una clara desventaja para los productos de la agricultura, desventaja que se ha ido acentuando paulatinamente en el último siglo.

En un mundo globalizado y donde las actividades humanas compiten por el uso de los recursos naturales, los usos alternativos del agua que resultan socialmente más rentables muestran una tendencia de la sociedad a cuestionarse la actual asignación del recurso hacia la agricultura. Una de las actividades fundamentales de la humanidad es asegurarse el alimento; la cadena tecnológica de producción de alimentos se basa en el proceso de fotosíntesis de las plantas, esto es, en la actividad fisiológica de fijación del anhídrido carbónico del aire en compuestos orgánicos que realizan las plantas, y que requiere de la radiación solar y de una continua y adecuada disponibilidad de agua en todos los tejidos de la planta, desde su raíz hasta las hojas, flores y frutos.

Los requerimientos netos de agua para la ocurrencia del proceso fotosintético son bastante limitados, ya que representan como máximo entre el 5 y el 10% del total del agua utilizada por los cultivos durante su temporada de producción. La pregunta entonces es ¿en qué se ocupa ese 90 a 95 % del agua que no pasa a formar parte de los compuestos orgánicos fotosintetizados y que, sin embargo, es consumido por los cultivos y evaporado hacia la atmósfera? La respuesta corresponde al mecanismo fisiológico de transpiración e intercambio gaseoso: para que el proceso fotosintético se mantenga en forma continua es indispensable la entrada de anhídrido carbónico hacia el interior de los tejidos de las hojas, a través de los estomas o poros presentes en la superficie de estas. Sin el aporte continuo de anhídrido carbónico desde el aire hacia el interior de la hoja, el proceso fotosintético no puede continuar, reduciéndose así la productividad de los cultivos.

Desgraciadamente, mantener abiertos los estomas de las hojas para maximizar la entrada de anhídrido carbónico determina una continua pérdida de vapor de agua desde los tejidos de la planta hacia la atmósfera exterior (transpiración), proceso que también ocurre a través de los estomas. Por este motivo, para alcanzar la máxima productividad de los cultivos, es necesario crear condiciones en el sistema suelo-agua-planta-atmósfera que aseguren una máxi-

ma apertura estomática, o sea, una máxima transpiración. Si bien desde este punto de vista la naturaleza se muestra ineficiente en relación con el consumo de agua en el proceso transpirativo, no debe olvidarse que junto con el vapor de agua, las plantas liberan continuamente a través de los estomas el oxígeno indispensable que permite la respiración de todos los seres vivos.

La transpiración es la causa última del enorme consumo de agua de los cultivos agrícolas en relación con su productividad, concepto denominado eficiencia de uso-consumo. Cualquier restricción en la transpiración de las plantas lleva asociada una disminución en su rendimiento y así los conceptos anteriores nos indican que el aumento en la eficiencia de uso del agua no tiene sentido si se orienta al diseño de técnicas que de alguna manera afecten negativamente la apertura estomática, esto es, a restringir la disponibilidad de agua para los cultivos para reducir su pérdida de agua por transpiración porque ello implica condenar al cultivo a una fotosíntesis restringida.

¿Dónde radican entonces las posibilidades tecnológicas de incrementar la eficiencia en la utilización del agua para el riego de los cultivos?

La tecnología de riego se orienta a aumentar la eficiencia y la uniformidad con que se aplica el agua en un campo agrícola, para asegurar que todas las plantas del cultivo dispongan de la misma cantidad de agua en sus raíces para que la fotosíntesis de todo el campo se mantenga en un valor máximo. Asimismo, la tecnología de riego apunta a disminuir las pérdidas de agua que se producen durante el proceso de riego y que son inherentes al diseño de cada sistema de riego utilizado. Estos dos conceptos de uniformidad y eficiencia son la base de todo el desarrollo tecnológico del riego de los cultivos agrícolas, que ha experimentado en los últimos 25 años una espectacular transformación y que al inicio del nuevo milenio nos abre los ojos a las posibilidades tecnológicas impresionantes para optimizar su uniformidad y eficiencia.

Hasta mediados de la década del 70, o sea, en los últimos 25 años, las técnicas de riego disponibles en la agricultura mundial prácticamente no habían sufrido ninguna transformación desde el comienzo de la agricultura de riego, iniciada hace aproximadamente 8.500 años. Estos sistemas tradicionales de riego son

básicamente la aplicación superficial del agua en los puntos de cota más alta en los campos y su distribución gravitacional hacia los puntos de cotas más bajas, con la ocurrencia simultánea de los procesos de flujo superficial y de infiltración hacia el interior del perfil del suelo en el que se desarrollan las raíces de los cultivos. La excepción a lo anterior fue el desarrollo del riego por aspersión, sistema basado en la imitación de la lluvia, cuyo desarrollo comenzó en la década de 1940 y tuvo un gran impulso a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial, gracias a los adelantos tecnológicos en la manufactura de tuberías de aluminio, como derivación de la industria aeronáutica. Sin embargo este sistema de riego estuvo restringido a ciertas regiones y a ciertos cultivos que eran capaces de solventar su alto costo de inversión y de operación.

#### NUEVA TECNOLOGÍA DE RIEGO

El desarrollo del riego por goteo, basado en una red hidráulica de tuberías plásticas que conduce el agua hasta puntos específicos en el campo regado y libera hacia el suelo el agua a presión atmosférica, posee una eficiencia de aplicación superior al 98% y una uniformidad en la descarga de agua del 95%. Esa aplicación exacta del agua requerida por los cultivos puede, mediante este método, ser repetida con una alta frecuencia, incluso varias veces por día, manteniendo así la disponibilidad de agua en el suelo en un valor óptimo y constante, maximizando la productividad de los cultivos. Asimismo, ha permitido incorporar suelos marginales al cultivo agrícola, que nunca antes pudieron ser cultivados, por excesiva pendiente, alta pedregosidad, profundidad limitada y otras restricciones. Adicionalmente, este método de riego ha permitido el uso de aguas con mayor nivel de salinidad, que no pueden usarse en riego superficial porque limitan la productividad de los suelos.

Se estima que hay en el mundo unos 5 millones de hectáreas regadas con este método de riego; en Chile se han instalado 75.000 hectáreas con este sistema. Considerando un costo promedio de MM\$ 1.00 por hectárea, la inversión realizada en esta tecnología de riego representa en nuestro país US\$ 150 millones. Si bien estas superficies representan un porcentaje pequeño en relación con la superficie regada

mundial, la incorporación de nuevos proyectos de riego sigue aun hoy día, en medio de una crisis económica mundial, una tendencia de crecimiento que se acelera cada año.

Con el objeto de optimizar las inversiones realizadas en la instalación de sistemas de riego por goteo y solventar sus costos de operación, representados fundamentalmente por la energía necesaria para presurizar el agua que circula por la red hidráulica, se ha producido un gran avance en las técnicas de determinación precisa de los requerimientos de agua de los cultivos. Tan solo en los últimos 5 años, la explosión en la adopción de estaciones meteorológicas automáticas, con conexión vía ondas electromagnéticas con sistemas de computación que dirigen la operación automática del riego, ha sido espectacular. Asimismo, los sistemas de control de operación de los equipos de riego por goteo operados a distancia y la automatización de la operación basada en sensores ubicados en puntos estratégicos en el campo cultivado es hoy día una realidad en la agricultura comercial en todo el mundo.

Año a año la industria mundial de riego presurizado presenta al mercado nuevos desarrollos tecnológicos: emisores cada vez más sofisticados, que responden con descargas constantes a rangos cada vez más amplios de diferencias de presión (aspecto fundamental en la uniformidad del riego); sistemas eficientes para el filtrado del agua, que permiten el uso de aguas de calidad inferior, y nuevos accesorios de automatización y control, transformando a los equipos de riego por goteo en verdaderos robots que son capaces de auto-programarse en términos de frecuencia y duración del riego. Asimismo, se han incluido como accesorios habituales, sofisticados y precisos sistemas de dosificación de fertilizantes y variados agroquímicos en el agua de riego (quemigación), aumentando dramáticamente su eficiencia de uso y permitiendo una drástica reducción en las cantidades de productos químicos aplicadas año a año a los cultivos, con evidentes ventajas desde el punto de vista ecológico y económico.

#### EL FUTURO

La incorporación de la percepción remota satelital, cuya precisión y nivel de resolución es cada día más perfeccionada, promete el de-

sarrollo de nuevos enfoques en la operación de los modernos sistemas de riego por goteo. Existe ya la tecnología para la detección satelital continua y en tiempo real de información acerca del estado hídrico, nutricional y sanitario de los cultivos (radiación incidente, absorbida y reflejada). Los satélites están siendo capacitados con instrumental para recibir la información de sensores de humedad del suelo (desde la superficie hasta más de 1 m de profundidad) y del estado de hidratación de los tejidos de las plantas, la temperatura del follaje y otros indicadores, de tal manera que la infor-

mación recogida por el satélite sea descargada en computadoras de alta velocidad, capaces de elaborar esta en tiempo real y enviar el resultado de su evaluación automáticamente a los sistemas de computación que gobiernan la operación de los equipos de riego.

La idea central de este acelerado adelanto en la tecnología de riego es optimizar la eficiencia del proceso, logrando que cada gota de agua disponible, cada día más escasa y preciosa para la humanidad, se transforme directamente en productos agrícolas, para sustentar la creciente demanda por alimentos.