

Riego por Pulsos en Maíz regado por Surcos

A nivel mundial, el maíz es uno de los cultivos más importantes después del trigo y el arroz, siendo además, el de mayor cobertura geográfica. El maíz se cultiva principalmente para la obtención de grano; como materia prima para ensilaje; y en mazorca o grano fresco (choclo o maíz dulce). Una superficie relativamente importante en Chile se cultiva también para la obtención de híbridos de maíz con fines comerciales.

En el país, al año se siembran unas 120 mil hectáreas (Cuadro 1), de las cuales el 45% se sitúa en la Región de O'Higgins. Durante la temporada 2010-2011 se sembraron en esta zona 54.530 hectáreas, con una producción regional de 665.101 toneladas (ODEPA, 2011).

Del total de la superficie regada nacional (1.093.000 ha), en unas 790 mil hectáreas se aplican métodos de riego gravitacional, que representan un 72% de la superficie regable del país. De esta cifra, 311 mil hectáreas se riegan por surcos con relativo bajo nivel de tecnificación; lo que se refleja en las escasas labores de emparejamiento de suelo, asociadas a un bajo control de caudales aplicados al surco, sin mencionar la ausencia total de un diseño del riego por surcos ajustado al tipo de suelo y cultivo.

El mejoramiento de las condiciones de nivelación de los suelos es básico para lograr un aumento de la eficiencia del riego. Si a lo anterior se suma un sistema de regulación y control de caudales, para uniformar la distribución del agua en los surcos y disminuir el escurrimiento superficial, se podría llegar a valores de eficiencia de riego cercanos o superiores al 65%, como ocurre en países como Estados Unidos, por ejemplo.

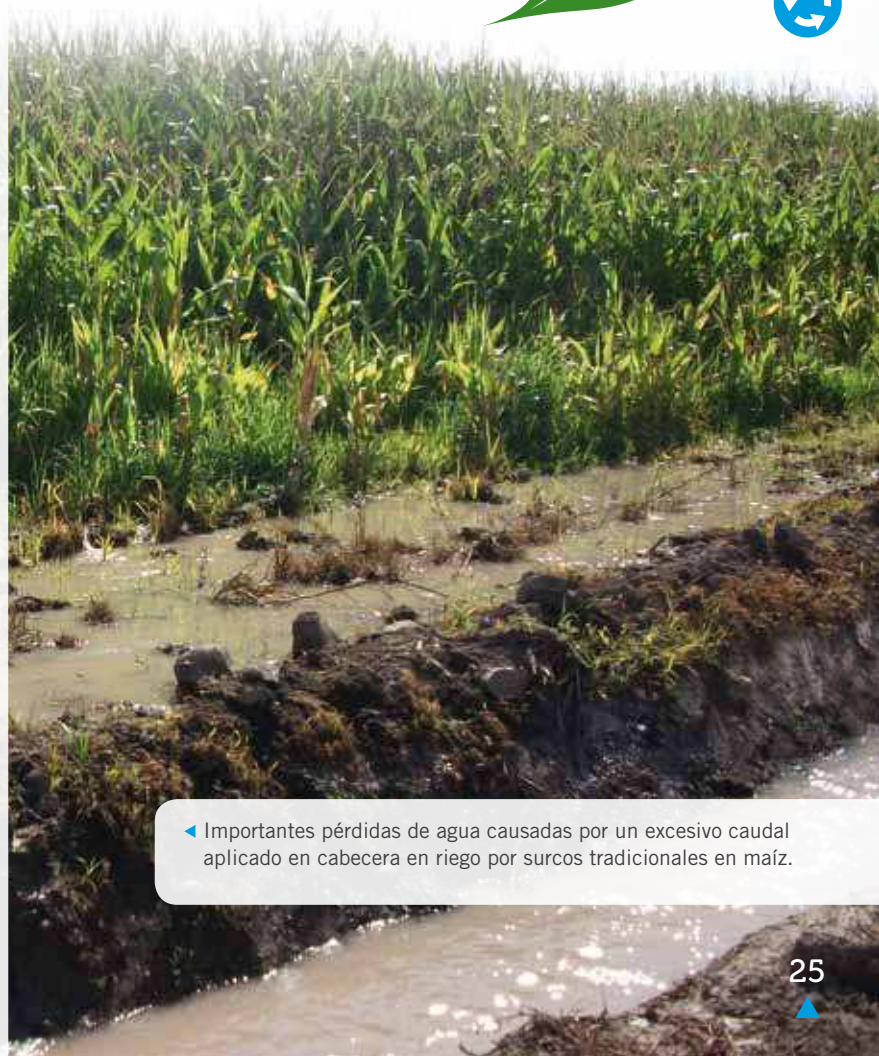
Al considerar la superficie destinada a la producción de maíz y los requerimientos hídricos del cultivo, se puede determinar el ahorro potencial

▶ Alejandro Antúnez B.
Ingeniero Agrónomo. Ph. D.
INIA – La Platina
aantunezb@inia.cl

▶ Sofía Felmer E.
Ingeniero Agrónomo
INIA – Rayentué
sfelmer@inia.cl

▶ Gabriel Sellés van Sch.
Ingeniero Agrónomo. Dr.
INIA - La Platina
gselles@inia.cl

▶ Marcelo Vidal S.
Ingeniero Agrónomo
INIA – Rayentué
marcelo.vidal@inia.cl



◀ Importantes pérdidas de agua causadas por un excesivo caudal aplicado en cabecera en riego por surcos tradicionales en maíz.



▼ **Cuadro 1.** Superficie, producción y rendimiento promedio de maíz por región. Temporada 2010/2011.

Región	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento promedio (qq/ha)
Coquimbo	434	2.964	68,3
Valparaíso	1.566	22.462	143,4
Metropolitana	15.217	189.534	124,6
O'Higgins	54.530	665.101	122,0
Maule	34.676	388.019	111,9
Bío Bío	12.514	163.508	130,7
Araucanía	445	4.174	93,8
Otras	437	1.798	5,7
Total Nacional	119.819	1.437.560	101

Fuente: Elaborado por ODEPA con información del INE (2011).

▼ **Cuadro 2.** Comparación entre los sistemas de riego

Superficie Maíz (ha)	Req. Neto de Agua (m³)	Req. Bruto Agua (m³) (Surcos Ef 45%)	Req. Bruto Agua (m³) (Pulsos Ef 65%)	Ahorro de Agua (m³)	Superficie nueva de riego (ha) (65% Ef)
1	10.000	22.222	15.385	6.838	0,44
50.530	505.300.000	1.122.888.889	777.384.615	345.504.274	22.458



Día de campo en módulo Santa Amelia, Pichidegua, ▲
Región de O'Higgins.



Aplicación de fertirrigación en riego por pulsos regulado por el controlador, inyectado en la etapa de remojo.

de agua en temporada de riego. Una hectárea de maíz requiere alrededor de 10 mil m³ (demanda neta). Considerando la eficiencia actual de riego que promedia un 45% en riego por surcos, la demanda bruta asciende a 22.222 m³/ha equivalentes a 1,12 millones de m³ para el riego de las 54 mil hectáreas sembradas de maíz. Un aumento de la eficiencia del riego a 65%, representaría el ahorro de más de 345 millones de m³ por temporada, permitiendo el riego tecnificado de más de 22 mil hectáreas adicionales de maíz.

El proyecto “Mejoramiento del riego en maíz mediante la implementación de riego por pulsos”, financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad FIC- Región de O’Higgins, propone validar la tecnología de riego por pulsos del tipo “*Surge Irrigation*” en maíz. El proyecto busca además, el estudio de parámetros edafoclimáticos para la programación de riego, eficiencias de riego y aplicación de esta nueva tecnología al campo, para disminuir el impacto de fertilizantes nitrogenados y plaguicidas sobre cauces superficiales y napas freáticas, contribuyendo a preservar la calidad de las aguas.

El objetivo principal de esta iniciativa es promover el aumento de la eficiencia del riego por pulsos (surcos) en el cultivo del maíz en la zona. Ello se logrará evaluando el impacto del riego superficial tradicional y de la tecnología propuesta, sobre el flujo sub-superficial de nitratos y residuos de herbicidas (Atrazina); y analizando los rendimientos y la disminución de los costos de producción. Se desarrollará durante tres temporadas de riego, implementándose 9 módulos demostrativos, ubicados en predios de Escuelas Agrícolas, y de pequeños y medianos agricultores dedicados al cultivo del maíz en la Región de O’Higgins.

Riego tradicional por surcos del cultivo ◀

En Chile no se concibe cultivar maíz en condiciones de secano o sin riego, siendo el agua un elemento indispensable para ello. Tradicionalmente, previo a la siembra de éste, se realiza un riego por tendido (“riego de tierra”) para homogenizar el contenido de agua del suelo. Obtenida la humedad apropiada, se efectúa una labor con rastra de discos, a la que se puede acoplar una rastra de clavos y un rastrón de palo, con el fin de dejar lista la cama de semilla para la siembra. Así, la semilla se siembra y la plántula de maíz emerge en un suelo húmedo, sin recibir riego.

Una vez emergido el maíz, el cultivo requiere ser regado, labor que en Chile se hace generalmente por medio de surcos con caudal continuo de agua. Los surcos se abren

con arado surcador y en plantas con 30 cm de altura y 2 a 3 hojas verdaderas expandidas.

En este método de riego, se aporta el agua en forma continua desde la cabecera del predio y se deja avanzar a lo largo del surco. Así, el tiempo de permanencia del agua en la cabecera del surco es significativamente superior al tiempo de permanencia del agua al final surco. Por tal motivo, al finalizar el riego, la percolación profunda de agua en el sector cercano a la cabecera es considerable, mientras que se verifica una pérdida de agua y suelo por escorrentía superficial al final del surco (Figura 1).

Tanto la escorrentía superficial como la percolación profunda de agua de riego, arrastra nutrientes altamente solubles como nitratos, que en el cultivo del maíz suelen aplicarse en altas cantidades.

También la escorrentía superficial tiende al arrastre de partículas de suelo (como limo y arcilla), que junto con fertilizantes y pesticidas pueden contaminar los cursos de agua de riego ubicado en zonas más bajas.

Debido a las pérdidas por percolación profunda y escorrentía superficial, inherentes al riego tradicional por surcos, la eficiencia de aplicación de este tipo de riego es relativamente baja, en un rango de 40% a 60%. En otras palabras, de 100 litros de agua aplicados al cultivo, 40 a 60 litros quedan disponibles para la evapotranspiración del cultivo en la zona de raíces.

En la aplicación del riego tradicional, se han establecido prácticas para mejorar la eficiencia del método (Varas y Sandoval, 1997), tales como:

- **Limitar la longitud de los surcos (Cuadro 3).** El largo de surcos va a depender del tipo de suelo, de la pendiente del potrero y de la cantidad de agua a aplicar. En los suelos arcillosos, los surcos pueden ser más largos que en los suelos arenosos; en los terrenos más parejos, los surcos pueden ser más largos que en los otros con más desnivel.
- **Controlar el caudal aplicado.** Para minimizar la erosión y percolación de agua se debe controlar bien el agua que se aplica.
- **Empleo de dos caudales de riego.** Se recomienda aplicar al principio del riego, un caudal máximo no erosivo para mojar todo el surco de riego. Luego, emplear un caudal reducido, que corresponde aproximadamente a la mitad del caudal máximo no erosivo. Esta práctica permite aprovechar mejor el agua,

► **Cuadro 3.** Longitud del surco (m) según textura del suelo.

Longitud (m)					
Pendiente (%)	Arenosa	Areno francosa	Franco arenosa	Franco arcillosa	Arcillosa
0,2-0,3	--	--	--	--	350 o más
0,3-0,4	60-90	75-150	90-250	180-300	--
0,4-0,6	60-90	75-150	90-180	90-180	--
0,6-1,0	75	75	90	90	--



disminuyendo el escurrimiento superficial.

- **Control de tiempos de riego** con el objetivo de no aplicar agua en exceso.
- **Emparejamientos del terreno y reaprovechamiento del agua de desagüe** en predios más bajos.
- **Implementación de sistemas de aducción y distribución** que permitan

mejorar la distribución del agua de riego en la cabecera de los surcos, tales como sifones, cajas de distribución, mangas plásticas, sistemas de riego californiano móvil o fijo.

Figura 1. Esquema de pérdidas de agua de riego por surcos tradicional.

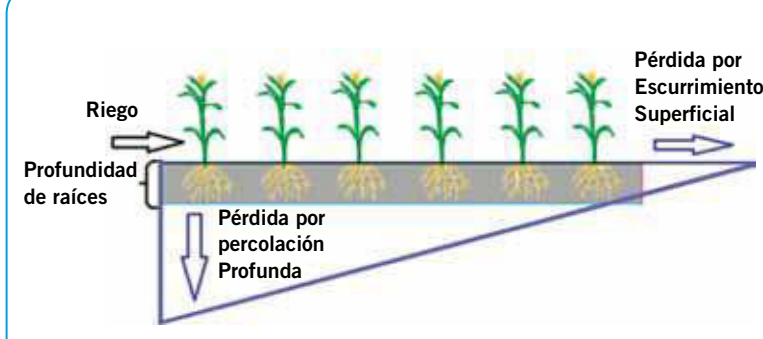


Figura 2. Esquema de la etapa de avance del Riego por Pulsos.

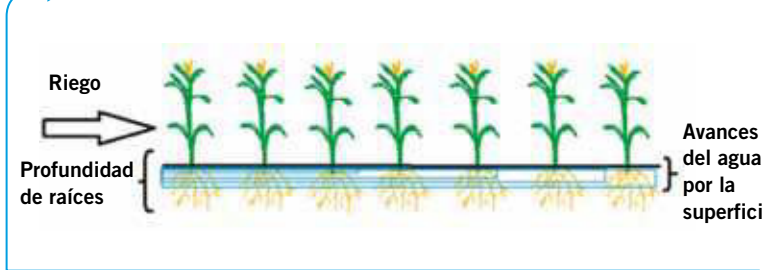


Figura 3. Velocidades de infiltración según sistema de riego.

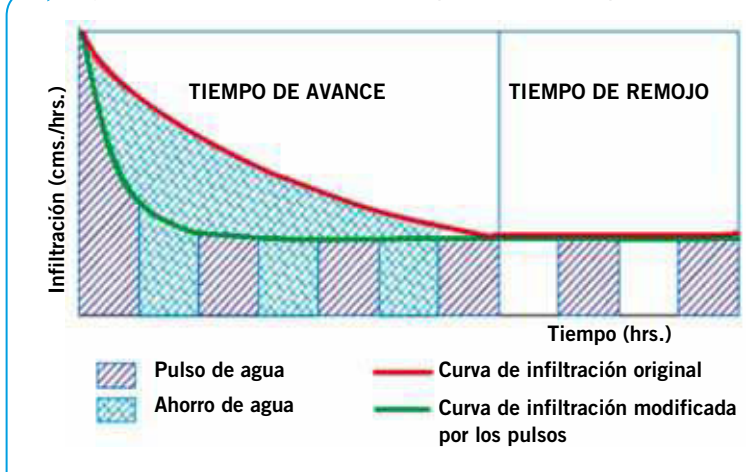
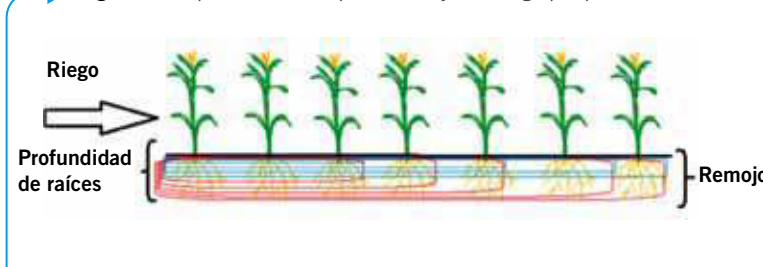


Figura 4. Esquema de la etapa de remojo del riego por pulsos.



Riego por surcos mediante pulsos de agua

Desarrollada en Estados Unidos a fines de la década de los '70, se denomina Riego por Pulsos a la técnica de riego por surcos para el control de la percolación del agua de riego. A principios de la década de los '80, Centros de Investigación Agrícola junto con universidades, perfeccionaron esta metodología conocida en inglés como *Surge Flow*.

Definición de la técnica aplicada en el riego por pulsos

El Riego por Pulsos consiste en la aplicación intermitente de agua. Consigue reducir la tasa de infiltración de agua del surco húmedo, homogenizando el mojado del surco en toda su extensión. La distribución se realiza a través de una válvula mariposa o "T" que abastece a dos mangas laterales y asegura a cada surco un caudal regulado y uniforme, con muy baja presión en cabecera (menor a 1 m.c.a.), mientras que el agua se distribuye por medio de una manga o californiano móvil con orificios regulables. La apertura y cierre de la válvula de campo se acciona mediante un controlador del tipo "star", que funciona mediante energía solar. De esta forma se generan periodos alternados de mojado y secado sobre la superficie del surco. A cada una de estas aplicaciones realizadas intermitentemente, se denomina pulso de riego.

Esta técnica es aplicable en cultivos extensivos. Requiere de una distribución de agua a baja presión (tambores, mangas, californiano móvil) para el adecuado manejo de los caudales de agua y los tiempos de riego. Además, produce el avance del frente de agua sobre el surco en forma más rápida, reduce la percolación profunda y, cuando las unidades de riego son largas, también el escurrimiento al pie, logrando buena uniformidad en la aplicación del agua (Stringham y Keller, 1979).

Descripción de la técnica de riego por pulsos ◀

Esta técnica comprende dos etapas:

1. **Avance o Mojamiento:** Su objetivo es alcanzar un rápido mojamiento de todo el largo del surco. Esto se logra con pulsos de agua, alternando un período de escurrimiento de agua y otro de similar duración de infiltración de agua en el suelo. Así, se moja la superficie hasta el final del surco, en forma gradual o por ciclos (Figura 2).

Este proceso de avanzar-parar o “mojar y “drenar”, produce ciertas transformaciones en la superficie del suelo, logrando una tasa de infiltración homogénea a lo largo del surco. Entre los mecanismos que destacan la reducción de la velocidad de infiltración del suelo según Monserrat (1997), están: la hidratación de las partículas

de arcilla; deposición y migración de las partículas del suelo que se traduce en un sellado de la superficie; y formación de una capa de aire bajo la superficie del suelo, que quedaría atrapado durante el siguiente período de humectación. Gracias a esto se alcanza una velocidad de infiltración reducida y estabilizada a lo largo del surco en un corto lapso (Figura 3).

2. **Remojo:** Cuando se ha logrado igualar la velocidad de infiltración en todo el largo del surco, se está en condiciones de iniciar la etapa de remojo. Ésta consiste en abrir el flujo de agua un tiempo determinado, para que el volumen de agua aportado en ese período sea capaz de infiltrarse en su totalidad a lo largo del surco; humedeciendo todo el volumen de suelo ocupado por las raíces. Esta característica permite minimizar el volumen de agua que sale por el desagüe y que representa las pérdidas por escorrentía superficial (Figura 4).



◀ Disposición del equipo en “T” y en “U” con válvula y controlador de pulsos al centro.



Válvula, onrolador, panel solar y válvula del equipo de riego por pulsos.



Ventajas del riego por pulsos ◀

Las ventajas de utilizar riego por pulsos son las siguientes:

- **Baja presión de trabajo:** Al ser un riego por gravedad, permite trabajar en rangos bajos de presión. Esto determina un ahorro de energía, especialmente cuando se utiliza bombeo.
- **Ahorro de Agua:** Evitando la percolación profunda y el desagüe al final del campo, se pueden lograr eficiencias cercanas al 80% en la aplicación del agua.
- **Bajo costo de inversión inicial:** El equipo, por su sencillez, no requiere fuertes inversiones. Se compone básicamente por cabezal, las alas de tubería con compuertas o mangas con compuertas, y la conducción desde la fuente de abastecimiento hasta el cabezal.
- **Ahorro energético:** En suelos planos, este sistema puede presentar ventajas contra otras alternativas que requieren de energía permanente para su operación, como pivotes centrales y laterales de riego.
- **Surcos más largos:** Dependiendo de las condiciones de terreno, los surcos podrán ser mucho mayores a los habituales en riego tradicional. Se podría trabajar con longitudes de 600 a 800 metros como promedio.
- **Mayor rango de pendientes:** Permite ampliar el rango de pendientes del terreno, minimizando los altos costos de emparejamiento. Se puede trabajar desde 0,1% hasta 1,5% (10 cm cada 100m o 150 cm cada 100m).
- **Bajo costo de mantención:** Dado que no tiene partes complejas ni sometidas a presión, los costos son prácticamente nulos.
- **Fertirriego:** Puede incluir fertirriego automatizado, sin riesgo de perder fertilizantes por percolación profunda o en los desagües; y realizar la operación en forma sencilla.
- **Baja incidencia en la mano de obra implicada:** Por ser sistemas sencillos y automáticos, se estima una eficiencia de 120 ha/persona.

Referencias Bibliográficas ◀

MONSERRAT, J. et al. 1997. Aplicabilidad del riego a pulsos en tablares. En: Ingeniería del Agua. 4 (2): 29-36. Junio 1997.

VARAS, E. y SANDOVAL, J. 1991. Manual de riego. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Quilamapu. Chillán, Chile. p. 21-23.

WALKER, W. R. y SKOGERBOE, G. (1987). *Surface irrigation, theory and practice.* Utah State University. Prentice Hall, INC. New Jersey, USA. 45 p.

MUÑOZ, M. 2011. Maíz: producción, precios y comercio exterior. [En Línea] Chile: Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2011. [Fecha de consulta: 20 Enero 2012]. Disponible en: <http://www.odepa.cl/odepaweb/servicios-informacion/Boletines/BMaiz_dic11.pdf>.

◀ Riego por pulsos con distribución mediante mangas en maíz grano, módulo El Carmen, San Fernando, Región de O'Higgins.