

ARROZ POR GOTEO: DISEÑO AGRONÓMICO

El cultivo de arroz en Chile se enfrenta a un escenario de restricción hídrica creciente, lo que ha impulsado la búsqueda de sistemas de riego más eficientes. El riego por goteo emerge como una alternativa técnicamente viable que permite mantener la productividad con un uso sostenible del agua.

A diferencia del riego por inundación tradicional, que requiere entre 15,000-20,000 m³/ha por temporada, el riego por goteo puede reducir el consumo hídrico en un 30-50%, mientras mantiene o incluso incrementa los rendimientos. Este sistema permite una aplicación precisa de agua y nutrientes directamente en la zona radicular, reduciendo pérdidas por evaporación y percolación profunda.

Este documento establece las particularidades para el diseño agronómico de riego por goteo en arroz, alineado con la normativa de la Comisión Nacional de Riego (CNR) y fundamentado en principios agronómicos e hidráulicos, y en la experiencia lograda en Chile por investigadores del INIA CRI-Quilamapu, en campo de productores de las regiones de Maule y Ñuble, en colaboración con el IICA, asesores técnicos y Netafim.

Caracterización del suelo

Para el arroz regado por goteo, es determinante establecer la capacidad de retención de agua por estrata y la velocidad de infiltración, ya que estos parámetros determinan el espaciamiento y caudal de los emisores, la frecuencia y duración de los riegos. La textura y presencia de capas impermeables (tosca) son factores a tener en cuenta.

En caso de no contar con la información de suelos se deben realizar calicatas para tomar muestras por estratas, para el análisis físico-

hídrico en un laboratorio de suelos. Para proyectos pequeños basta con una calicata en un punto representativo, mientras que para proyectos mayores se recomienda un mínimo de 3 calicatas por cada 10 hectáreas.

El estudio físico-hídrico de tener para cada estrata del suelo lo siguiente:

- Textura y estructura
- Capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP)
- Velocidad de infiltración básica (VIB)
- Densidad aparente
- Profundidad efectiva del suelo

Recomendaciones de ubicación y caudal de emisores

Se debe tener en cuenta que el equipo de riego debe tener la capacidad de mantener la superficie del suelo cercana a saturación. En suelos arcillosos, el bulbo de humedad tiende a expandirse lateralmente, permitiendo mayores espaciamientos. En suelos arenosos, el movimiento es predominantemente vertical, requiriendo líneas más cercanas para garantizar el traslape de los bulbos (Tabla 1).

El espaciamiento y caudal de emisores recomendado para riego por goteo superficial y subsuperficial, corresponde a líneas de riego a 0,6 m, con emisores de 2 l/h a 0,5 m (Figuras 1 y 2). Esta configuración ha sido probada en campo de productores de Retiro y Ñiquén, en suelos de textura arcillosa y franco arcillosa. La siembra mecanizada fue en líneas cada 0,3 m, en chorro continuo, con una dosis de 70 kg por hectárea de semilla de variedades Zafiro y Jaspe. También se probó con líneas siembra a chorro continuo espaciadas a 0,15 m, con dosis de 140 kg por hectárea de semilla

variedad Zafiro, con líneas de riego a 0,6 m, logrando rendimientos similares.

Tabla 1: Recomendaciones de diseño según tipo de suelo

Tipo de Suelo	Espaciamiento entre líneas
Arcilloso	0.60 ¹ - 0.80 m
Franco	0.30 ¹ - 0.60 ¹ m
Arenoso	0.30 - 0.40 m

NOTA: En suelos francos y arenosos no hay resultados experimentales en Chile.

En riego por goteo subsuperficial (subterráneo) de arroz se recomienda enterrar las líneas de goteros a 20 cm (Figura 2). Esta profundidad permite que el agua alcance la superficie del suelo y por otra parte, facilita el paso de maquinarias para labranza en las primeras capas del suelo sin dañar los goteros. Se debe tener cuidado con el exceso de humedad al pasar la roto fresadora u otras maquinarias, dado que con suelo poco firme se pueden dañar las líneas de riego.

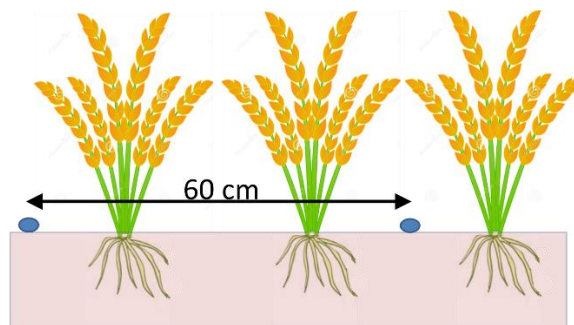


Figura 1. Disposición de emisores en riego por goteo superficial.

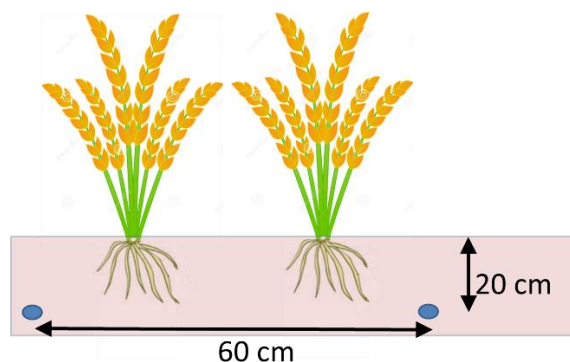


Figura 2. Disposición de emisores en riego por goteo subsuperficial.

Determinación de la Disponibilidad Hídrica

La disponibilidad de agua para riego por goteo de arroz se determina de igual forma que para otros cultivos, de acuerdo a las normativas de la CNR o el INDAP. Se debe tener en cuenta el periodo de máxima demanda, que ocurre en enero o inicio de febrero, de acuerdo al clima de la zona.

Requerimientos Hídricos del Cultivo

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) se puede obtener de la

¹ Evaluado en campo.

cartografía o sistemas de información de la CNR. Para el diseño, se debe considerar la evapotranspiración de cultivo (ET_c) considerando el requerimiento diario promedio del mes de máxima demanda.

$$ET_c = E_{To} \times K_c$$

Donde:

- E_{To} = Evapotranspiración de referencia (mm/día)
- K_c = Coeficiente de cultivo para arroz por goteo (Tabla 2).

Tabla 2: Valores de K_c para arroz

Etapas Fenológicas	K _c
Siembra - Emergencia	0,7 – 0,9
Desarrollo vegetativo	1,0 – 1,2
Floración - Llenado de grano	1,3 – 1,5
Maduración	0,8 – 1,0

Para el diseño de riego se debe considerar un valor de K_c entre 1,3 y 1,5, para el periodo de máxima demanda.

Demanda Neta de Riego (DNR)

El factor 10 en la fórmula convierte mm/día a L/día por hectárea, considerando que 1 mm de lámina de agua equivale a 10 m³/ha o 10.000 L/ha.

$$DNR = ET_c \times A \times 10$$

Donde:

- DNR = Demanda Neta de Riego (m³/día)
- ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
- A = Área (ha)

Volumen Bruto a Aplicar (VB)

La eficiencia del 90% para riego por goteo considera pérdidas por uniformidad (5%), evaporación (3%) y otros factores (2%). En sistemas mal mantenidos, esta eficiencia puede caer al 70-80%.

$$VB = DNR / E_f$$

Donde:

- E_f = Eficiencia de aplicación del sistema (90% para riego por goteo)

Cálculo de la Superficie Regable

Este cálculo determina la superficie máxima que se puede con el agua disponible.

$$SR = \frac{VDD}{VB}$$

Donde:

- SR: Área regable (ha)
- VDD: Volumen diario disponible (L/día)
- VB: Volumen bruto disponible (L/día)

Ejemplo:

$$E_{To} = 6 \text{ mm/día}$$

$$K_c = 1,4$$

$$E_f = 90\%$$

$$ETc = 6 \times 1,4 = 8,4 \text{ mm/día (mes de máxima demanda)}$$

$$DNR = 8,4 \times 10 = 84 \text{ m}^3/\text{día/ha}$$

$$VB = 84.000 / 0,9 = 93.333 \text{ L/día/ha}$$

Diseño del Sistema de Riego por Goteo

Configuración de Líneas y Emisores

La selección del espaciamiento entre emisores debe considerar el marco de plantación del arroz. Para variedades de alto rendimiento INIA recomienda siembra en hileras a 30 cm con 70 Kg/ha de semilla. Los productores usan hileras a 15 cm con dosis de semilla de 150 Kg/ha, aproximadamente.

Cualquiera sea el caso, se recomienda poner las líneas de riego espaciadas a 60 cm (Figuras 1 y 2). Si se trata de riego subterráneo, las líneas deben ir enterradas a 20 cm, con goteros anti sifón, que previenen la entrada de agua al sistema y evitan el taponamiento por esta causa.

Las longitudes de laterales y tuberías terciarias se diseñan de igual forma que para otros cultivos.

Caudal Total por Hectárea

Este cálculo es crítico para dimensionar correctamente las tuberías principales, secundarias y terciarias, así como las bombas si el sistema es presurizado.

$$Q_{ha} = N^{\circ} \text{ emisores/ha} \times q_e$$

Donde:

- Q_{ha} = Caudal por hectárea (L/h/ha)

- q_e = Caudal del emisor (L/h)

$$N^{\circ} \text{ emisores} = \frac{10.000}{E_h \times E_l}$$

E_h : Espaciamiento gotero entre hilera (m)

E_l : Espaciamiento gotero en la línea (m)

$N^{\circ} \text{ emisores/ha}$: Emisores por hectárea

Ejemplo:

- $q_e = 2,0 \text{ L/h}$
- $N^{\circ} \text{ emisores} = 10.000/0,5/0,6$
- $Q_{ha} = 33.333 \times 2,0 = 66.666 \text{ L/h/ha}$ equivalente a 9,2 L/s/ha

Sectorización del Riego

La sectorización permite regar áreas más grandes con caudales limitados. Cada sector debe tener una superficie que no exceda la capacidad del caudal disponible.

$$N^{\circ} \text{ sectores} = \frac{Q_{ha} \times A}{Q_d}$$

Ejemplo:

- $A = 1,5 \text{ ha}$; $Q_{ha} = 9,2 \text{ L/s/ha}$
- $Q_d = 3,5 \text{ L/s}$
- $Q_{total} = 1,5 \times 9,2 = 13,8 \text{ L/s}$
- $N^{\circ} \text{ sectores} = 13,8 / 3,5 = 3,94 \approx 4 \text{ sectores}$